

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 16 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 76 друкованих сторінок формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 23 рисунків та 5 таблиць з даними. Використано 11 літературних джерел.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання розробки автоматизованої системи керування температурними режимами хлібопекарської печі на базі мікроконтролера. Було приведено функціональну схему автоматизації та описано технологічних процес роботи установки. Запропонована система управління спроектовано на базі контролерів фірми Siemens SIMATIC S7-200, що дозволяє ефективно вести облік параметрів автоматизованої системи. Метою даної роботи є забезпечення і підтримання заданих температурних параметрів та обслуговування хлібопекарської печі.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	11
1.1 Опис техпроцесу лінії хлібобулочних виробів .....	11
1.2 Конструктивні особливості печі тунельного типу .....	17
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	23
2.1 Розробка функціональної схеми регулювання температури хлібопекарської печі .....	23
2.1.1 Розробка автоматичної системи по регулюванню температури в пічній камері та вибір типу керування. ....	23
2.1.2 Регулювання температури за законом двох позицій .....	28
2.1.3 Встановлення динамічних характеристик АСУ температурою в робочій камері печі.....	31
2.1.4 Розробка загальної структури системи автоматичного контролю розрідженості в печах .....	35
2.1.5 Модель об'єкта керування АСУ для розбавлення в топках печі.....	35
2.1.6 Динамічні властивості автоматичної системи регулювання вакууму....	38
2.2 Вибір компонентів системи керування.....	39
2.2.1 Вибір компонентів системи контролю вакууму в топці печі .....	39
2.2.2 Вибір елементів системи автоматичного контролю температури в пекарній камері духовки.....	44
2.3 Система автоматизації безпеки печі.....	45
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	47
3.1 Вибір контролера.....	47
3.2 Інтерфейс системи з технологічним об'єктом.....	57
3.3 Розробка алгоритму роботи системи .....	59
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	63
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації проекрованої системи .....	63

4.2 Аналіз можливих надзвичайних ситуацій та заходів щодо їх запобігання .....	65
4.3 Електробезпека при експлуатації розробленої системи .....	69
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	76

## ВСТУП

Одним із основних напрямків технічного прогресу є автоматизація виробництва. Розвиток автоматизації дозволяє замінити людей у безпосередній участі в виробничих процесах. Нові автоматизовані системи вже не тільки виконують фізичну працю, але й беруть на себе функції керування виробництвом. Однак, при цьому різні процеси здійснюються автоматично. Обслуговування механізмів а також систем управління здійснюється обслуговуючим персоналом.

Автоматизація виробництва є логічним продовженням та результатом попереднього розвитку науки, техніки та технологій. Цей процес призводить до підвищення продуктивності обладнання, зниження собівартості, зменшення відходів та покращення умов праці, включаючи санітарний стан приміщень.

Особливістю автоматизації є її беззаперечний вплив на технологію виробництва та обладнання. Сучасні технологічні процеси та обладнання розробляються з урахуванням максимальної автоматизації, що дозволяє підвищити ефективність та тривалість використання обладнання.

Автоматизація має суттєвий вплив на економіку країни, сприяючи технічному прогресу. Наприклад, в хлібопекарській промисловості широко використовується автоматичне керування. Сучасні хлібопекарські печі повністю автоматизовані, а операції виконуються безпосередньо без участі людини. Участь оператора полягає у встановленні необхідних параметрів на початку процесу та контролі справності обладнання. Автоматичні системи керування постійно моніторять та регулюють параметри печі, такі як температура, тяга та швидкість конвеєрної стрічки, що проходить через піч, для забезпечення високої якості продукції. Безпека експлуатації печей, особливо газових, є також важливим аспектом автоматизації, оскільки людський фактор часто впливає на промислові аварії.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис техпроцесу лінії хлібобулочних виробів

Процес виробництва хліба і хлібобулочних виробів включає такі етапи:

- Зберігання сировини: Сировину, таку як пшеничне борошно, дріжджі, сіль, цукор та інші інгредієнти, зберігають на складах. Перед використанням сировину піддають попередній обробці, такої як просіювання, вимірювання та змішування, щоб гарантувати якість і консистенцію.
- Приготування і нарізка тіста: Сировину змішують разом з водою та іншими додатками для створення тіста. Цей етап включає заміс, квасіння та нарізку тіста на окремі частини або формування хлібних виробів.
- Випічка: Сформовані хлібні вироби поміщають у печі для випічки. Під час випікання температура печі контролюється, щоб досягнути оптимального результату. Час випікання залежить від розміру та типу виробу.
- Зберігання хліба: Після випікання хліб охолоджується і зберігається відповідно до необхідних умов, щоб зберегти свіжість та якість продукту. Це може включати упаковку, складування в контрольованому середовищі або заморожування.

На рисунку 1.1 зображено схему техпроцесу на сучасній хлібопекарні .

Борошно доставляється на хлібозавод борошновозами 1, а додаткову сировину

- автомобілями 2. По трубопроводу 3 борошно надходить у складські силоси 4. Для очищення конвеєрного повітря використовуються фільтри 5, 10, 14. Ротаційні живильники 6 потім транспортують борошно з силосів у проміжний контейнер 7, розташований над ситом 8, а потім у проміжний контейнер 11 із синім живильником 9. бункер 13, а потім борошно по трубопроводу надходить у бункер 15. Вода готується у водомірниках 16, збірники додаткової сировини - 17, 18, 19, 20.

Для тіста борошно відмірюють дозатором 25 на тістомісильній машині 26 бункерного тістоприготувального агрегату 29 і подають додаткові розчини сировини 21, 22, 23, 24 з резервуарів фіксованого рівня дозатором 27. Він направляє живильниками 28 до тістоподільника 30, з якого конвеєрами 31, 33 32 надходить до округлювача, а потім до швейної машини 34 окремими шматками заданої маси. Конвеєр 37 подається в тунельну піч 38.

Випечений хліб збиральним конвеєром 39 надходить на розподільний конвеєр 40 або на візок 48. Звідти за допомогою направляючих пристроїв 41 хліб надходить у хлібоукладач 42 . Він йде на стелажі 43 контейнерів.

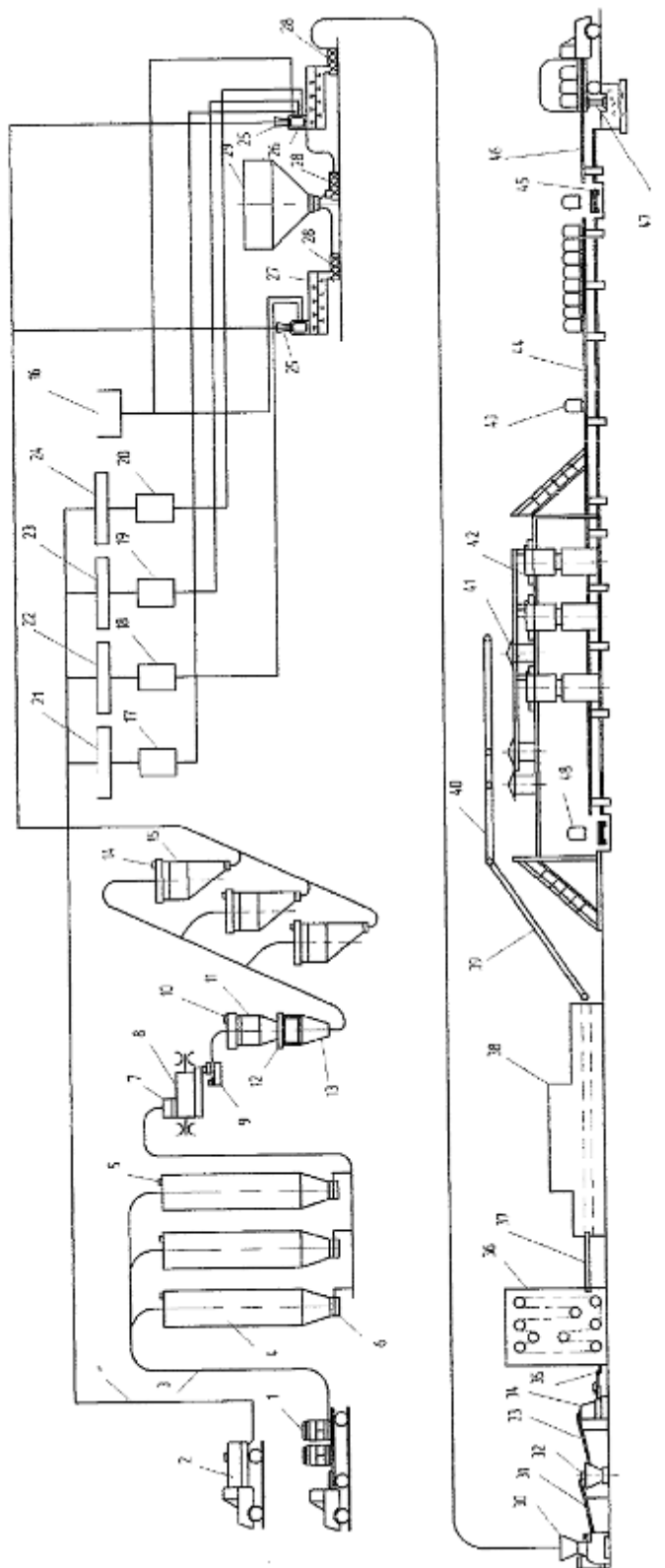


Рисунок 1.1 – Схема виробництва хлібобулочних виробів

Компонентний візок 45 використовується для сортування замовлень розподільчої мережі. Повні контейнери утримуються у накопичувачах 44, звідки завантажувальним конвеєром 46 транспортуються до автоматичних дозаторів, які за допомогою стикувального механізму 47 з'єднуються з точками завантаження на рампі.

Для кожного виду хліба є комбіновані рецептури, які вказують вид борошна та витрати кожного виду сировини. На їх основі лабораторія хлібокомбінату готує виробничі рецептури із зазначенням дозування борошна, додаткової сировини, розчинів, заквасок і напівфабрикатів для замісу частини тіста в залежності від потужності цеху, його обладнання, прийнятий спосіб обробки тіста, а також технологічний спосіб приготування виробів (температура, вологість, кислотність напівфабрикатів, час бродіння, умови свердління, закваски і випічки).

Одним із основних видів діяльності при випіканні хліба є його розквашування. Його роблять безпосередньо перед випіканням хлібобулочних виробів. Репетиція буває попередньою та заключною. Попередня розстойка - відпочинок круглих заготовок із пшеничного тіста 5-8 хв. Цього часу достатньо для того, щоб внутрішні напруги, що виникають внаслідок механічного впливу тіста (релаксації) під час ділення та розкочування, розчинилися в заготовці тіста.

Під час бродіння збільшується об'єм тістових заготовок, поліпшуються фізичні властивості та структура тіста. Попередню розстойку зазвичай проводять на стрічкових конвеєрах, які прокладають на висоті 2,5-3 м від зони цеху вздовж камер остаточної розстойки.

Формування виробів здійснюється на формувальних машинах. Виробам надають характерну для цього виду хліба форму: циліндр з тупим заокругленим кінцем для батонів і загостреним кінцем для булочок, хлистки для халяльного плетіння тощо. Для надання тістовій заготовці циліндричної форми використовували роликові стрічкозшивні машини.

Остаточна розстойка необхідна через майже повне витіснення



вуглекислого газу при формуванні тістових заготовок і погіршення пористої структури тіста. Для забезпечення хорошої пористості і високого об'ємного виходу, тістові заготовки повинні «підходити», тобто збільшуватися в об'ємі і набувати рівномірної пористої структури. Для цього макаронні заготовки перед варінням піддають остаточній розстойці. Це друга закваска після попереднього бродіння в продуктах з пшеничного борошна.

Дуже важливо, щоб повітря не надувалося в продукти під час налаштування, щоб запобігти загортанню деталей і утворенню щільної скоринки. Поява скоринки бажана, оскільки вона обмежить збільшення об'єму виробів під час псування і в початковий період варіння, спричинить згортання і утворення тріщин на поверхні готових виробів. Закінчення репетиції зазвичай визначають за зовнішнім виглядом і гучністю творів. В автоматичних лініях тривалість цього процесу регулюється. Час бродіння коливається в широких межах, від 25 до 120 хвилин, в основному в залежності від рецептури тіста.

Останнім етапом є випічка. Це зміни, які характеризують перехід тістової заготовки в хліб під час випічки. Однак усі процеси базуються на фізичних явищах – нагріванні тіста та зовнішньому вологообміні, який це викликає між тістом – хлібом і пароповітряним середовищем пекарної камери, а також внутрішньому тепло- та масообміні всередині тіста – хліба.

На початку приготування, тісто вбирає вологу в результаті конденсації водяної пари в пекарній камері; шматок тіста за цей час - маса хліба трохи збільшиться. Після припинення утворення конденсату проходить випаровування. При утворенні скоринки частина вологи випаровується в навколишнє середовище, а частина (близько 50%) переходить в м'якуш.

У перші хвилини приготування спиртове бродіння в тісті прискорюється (досягає максимуму) при 35°C. Надалі при 50 ° C і 60 ° C (життєдіяльність кислотоутворюючих бактерій припиняється) бродіння слабшає і припиняється, так як дріжджові клітини гинуть. Внаслідок залишкової життєдіяльності мікрофлори під час випікання в хлібному тісті підвищується вміст спирту, вуглекислого газу та кислоти, що збільшує об'єм хліба та покращує його

смакові якості. Хімічні процеси, які пов'язані зі зміною стану крохмалю і білків, припиняються при температурі 70 ... 80 ° С. Під час варіння крохмаль клейстеризується та інтенсивно розкладається. Глибина та інтенсивність розщеплення крохмалю та білків впливає на перебіг хімічних процесів.

Білки і крохмаль під час варіння зазнають значних змін. Процеси денатурації (коагуляції) білків і клейстеризації крохмалю тривають одночасно при 50..70 °С. Білки також вивільняють воду, яка поглинається під час замішування тіста, стають твердішими. Міцний каркас з коагульованих білків підтримує форму хліба. Даної вологи недостатньо для повного клейстеризації крохмалю, процес сповільнюється і завершується при нагріванні м'якушки до 95...97 °С. При клейстеризації зерна крохмалю зв'язують вологу, тому панірувальні сухарі виглядають сухішими, ніж тісто.

Режими приготування визначаються ступенем вологості середовища печі, температурою в різних її областях і тривалістю процесу. Режими випікання залежать від виду хліба, якості тіста, властивостей борошна, а також від конструкції духовки. Визначальним фактором є маса тістової заготовки. Час приготування дрібних шматочків від 8 до 12 хвилин.

Для більшості пшеничних продуктів цикл варіння включає три періоди. Варка в перший період відбувається при високій відносній вологості (до 80%) і при відносно низькій температурі пароповітряного середовища варильної камери і займає 2,3 хв. Другий період протікає при високій температурі і дещо зниженій відносній вологості газового середовища. При цьому утворюється скоринка, закріплюються обсяг і форма виробів. У третьому періоді проходить завершальний етап випікання. Його можна охарактеризувати менш інтенсивним підведенням тепла (180 °С), що призводить до скорочення часу приготування.

Випечений хліб - це втрата маси (%) тіста при випічці, виражена як різниця між масами тіста і гарячого хліба, що називається масою тіста. Близько 95% цих втрат припадає на вологу, а решта - на спирт, вуглекислий газ, леткі кислоти та ін. для подового хліба. Для скорочення часу випічки на етапі

випікання збільшують масу хліба і відносну вологість повітря, знижують температуру в печі.

Після випікання хліб відправляється на хлібний склад для охолодження, а потім в експедицію для відправки в торгову мережу.

У хлібопекарні хліб, що виходить із печі, стрічковими конвеєрами подається на оборотні столи, а звідти передається на стелажі вагонів. Хліб зберігається у вагонетках до моменту відправки у збутову мережу.

## 1.2 Конструктивні особливості печі тунельного типу

Випікають хліб у печах різних конструкцій. Розрізняють печі перехідні і тупикові. Багато пекарень оснащені автоматичними висівачами тіста і хлібоскидачами.

Конвеєрні хлібопекарські печі дозволяють автоматизувати процес випікання, використовувати механізовані потокові лінії в печах.

Конвеєрні хлібопекарські печі є двох типів: тупикові і тунельні. Печі тупикового типу складніше встановлювати на автоматизованих виробничих лініях, тому що в них завантаження тістових заготовок здійснюється через один посадково-розвантажувальний отвір і вивантажується готова продукція.

Більш перспективними є печі з тунельними конвеєрами, які особливо легко автоматизувати та встановлювати на виробничих лініях.

Останнім часом тунельні печі набувають все більшої популярності. Опалення печей тунельного типу здійснюється за допомогою газу або рідкого палива, а також електричних ТЕНів.

Піч встановлюють між агрегатом остаточного розстоювання тістових заготовок і обладнанням яке забезпечує транспортування готової продукції на оборотні столи або агрегатами укладання виробів у лотки чи пакети.

Може використовуватися як автоматична посадка або автономна установка в механізованих лініях для виробництва хлібобулочних виробів, хлібобулочних виробів.

Розглянемо конструкцію тунельної печі, в якій варильна камера обігривається газом, ( ПХС-25).

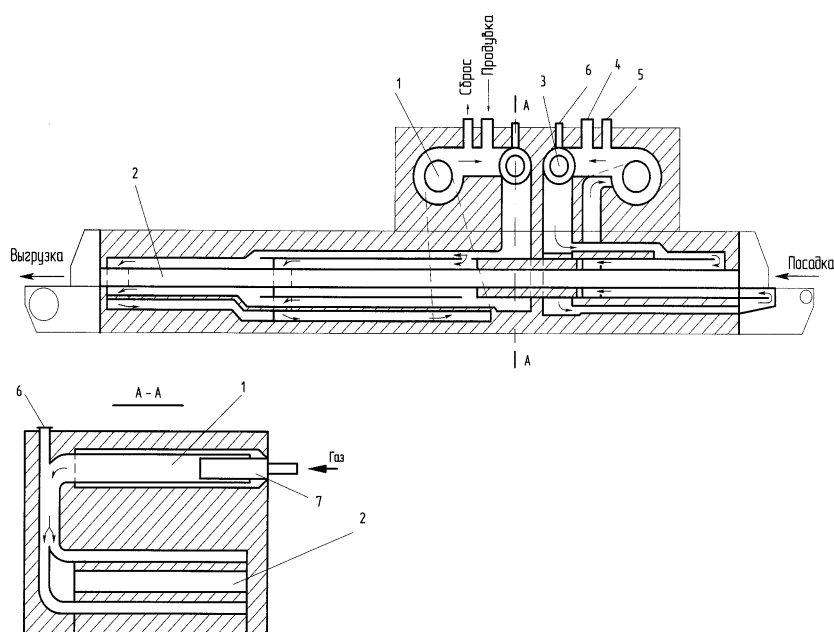


Рисунок 1.2 - Хлібопіч ПХС – 25

1 - рециркуляційний вентилятор; 2 - варильна камера; 3 - топковий пристрій; 5 - запобіжний (вибуховий) клапан; 6 - димохід; 7 - пальник.

1.2 зображена піч ПХС-25, що складається з варильної камери, конвеєрної топки з приводом і натяжним механізмом, топкового пристрою, системи підігріву і розподільних каналів, а також димососа.

Робоче плече металевої сітки конвеєра переміщається вздовж нижньої металевої плити (дна варильної камери), на яку укладаються заготовки тіста.

Інертне (нижнє) плече сита рухається в протилежному напрямку до завантажувального отвору. Полотно складається з окремих прямокутних спіралей, які з'єднані між собою металевими стрижнями діаметром 2 мм, обмотаними металевою стрічкою шириною 2 мм і товщиною 1 мм. Ширина пористого вогнища 2,1 м.

Приводна станція печі розташована на розвантажувальній стороні. Станція складається з тришвидкісного електродвигуна, з'єданого

клинопасовим редуктором з варіатором; передається на приводний барабан з останнього оберту. На стороні завантаження печі є конвеєрна станція натягу полотна. З боку нагнітання також є натяжний пристрій.

Для зволоження поверхні тістових заготовок у вихідній частині варильної камери встановлений паровий зволожувач, що складається з металевої кришки, під якою розміщені чотири перфоровані труби. Надлишок пари відводиться з варильної камери, яка примикає до системи вентиляційних каналів, з'єднаних з заслінками і витяжним вентилятором. Другий встановлюється над топкою.

Технічні характеристики духовки:

- площа кар'єру - 26,2 м<sup>2</sup>;
- ширина вічка - 2100 мм;
- асортимент хлібобулочних виробів;
- хліб подовий і формовий;
- горіхи;
- дрібні хлібобулочні вироби;
- продукти з баранини;
- пряники;
- розміри;
- довжина - 14570 мм;
- ширина - 3500 мм;
- висота - 2615 мм;
- маса теплоізоляційної печі -21920 кг

Для обігріву варильної камери використовуються металеві канали, які розташовані над і під камерою по всій на всю площу. Нагрівальні гази подаються в канали і відводяться з кількох місць по довжині варильної камери.

Всі канали топкових газів герметично закриті і знаходяться під вакуумом, створеним рециркуляційними вентиляторами.

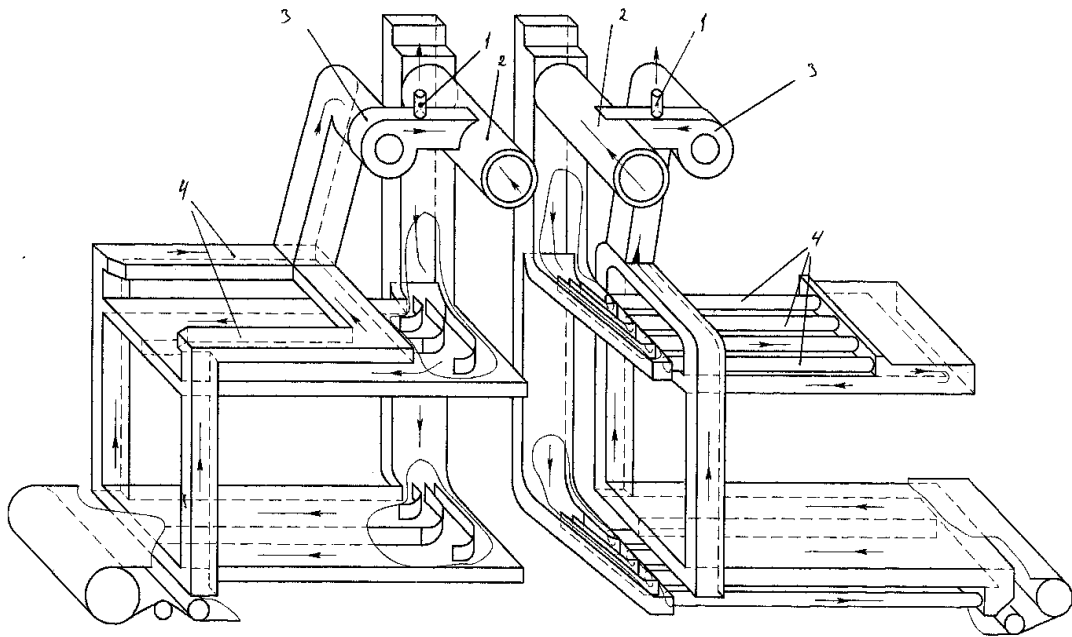


Рисунок 1.3 – Схема теплових потоків печі ПХС – 25

1 - заслінки вакуумного контролю, встановлені на вихлопних трубах; 2 – камери згоряння першого і другого газових трактів; 3 - рециркуляційні вентилятори; 3 4 каналами для обігріву варильної камери.

Рециркуляційна система нагріву з ПГС, застосовувана в хлібопекарських печах, працює наступним чином.

Після охолодження до 200-300 °С димові гази по повітроводах надходять у всмоктувальну трубу вентилятора. На виході з виходу нагнітача газовий потік розділяється. Частина газів забирається в димохід, інша частина повертається (переробляється) через газохід для нагріву печі. Ці гази вентилятором подаються в топкові пристрої - муфелі (малюнок), де температура досягає 1500 °С. Охолоджені гази нагріваються в муфелях, після чого проходить змішування з гарячими газами всередині і повертаються в канали для нагрівання їжі. розділяти.

З камери змішування гази по вертикальному газовому каналу подаються у верхній і нижній транспортні канали, звідки надходять в канали нагріву варильної камери. Охолоджені гази видаляються з опалювальних каналів по каналу, з'єднаному з всмоктувальним патрубком циркуляційного вентилятора.

Петля замикається. Другий нагрівальний контур обслуговує центральну і вхідну частини варильної камери. Як і в першому контурі, газ, що виходять із камери змішування другого контуру, надходять у транспортні канали, які подають газ до каналів опалення. Охолоджені продукти згоряння виводяться через транспортний канал, який з'єднаний патрубком, що подає газ до циркуляційного вентилятора. Процес горіння відбувається автоматично.

Система опалення печі ПХС-25 оснащена запобіжними клапанами. Перед наступним розпалюванням пальників газовий тракт необхідно очистити свіжим повітрям за допомогою рециркуляційного вентилятора, щоб запобігти можливому вибуху незгорілих газів, які можуть залишитися в газових каналах печі після відключення пальника. Коли газ вдувається в тракт (в обох опалювальних контурах), повітря всмоктується циркуляційними вентиляторами через спеціальні напірні труби. Після проходження газових каналів, транспортних і робочих каналів повітря викидається в димоходи.

Отже, печі марки ПХС, як і печі з рециркуляцією продуктів згоряння в цілому, володіють рядом переваг а саме: піч повністю металева; при цьому варильну камеру утеплюють (від 300 до 400 мм);

Використання рециркуляційного нагріву в поєднанні з тунельною структурою варильної камери дозволяє регулювати температурний режим по довжині камери, який відносно легко регулюється.

Цей тип пальників відноситься до передзмінних пальників. Ці пальники дозволяють утворювати палаючу газоповітряну суміш, коли вона залишає пальник у короткому високотемпературному полум'ї. Основна перевага інжекційних пальників полягає в тому, що газ під високим тиском втягує в них повітря, а співвідношення частки газ-повітря є незмінним при регулюванні тиску газу. Таким чином, немає необхідності в системі контролю повітря.

Основними факторами, що характеризують стабільну роботу печі, є розрідження в топках а також температура газів, що «виходять із печей». Розрідження в печах регулюється за допомогою шиберів, встановлених на вихлопних трубах. Під час роботи печі відстань повинна залишатися

незмінною в межах 6-8 мм. Це. ст. Неспроможність забезпечити цей вакуум свідчить про відсутність щільності в системі опалення або високий опір у димоході чи колінах. Температура газів, що «виходять із печей», вимірюється за муфелем печі (рисунок 1.2, розріз А-А, позначено темною крапкою) і не повинна в жодному разі перевищувати 550 °С., оскільки перевищення цієї температури свідчить про відсутність інтенсивності нагріву системи.

Категорично заборонено експлуатувати піч, якщо будь-який з показників, які характеризують її стабільну роботу має відхилення від заданих величин.



## 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка функціональної схеми регулювання температури хлібопекарської печі

Оскільки пічна камера PHS містить дві зони готування з регульованою температурою, де повинні підтримуватися різні температури, автоматика повинна мати дві абсолютно однакові системи контролю температури: одну для першої зони, іншу для другої зони.

Крім того, необхідно регулювати розведення в топках для забезпечення стабільного горіння факелів пальника. В даний час регулювання розрідження в пічних топках здійснюється шляхом зміни положення дверцят, прикріплених до труб димоходу. Тому одним із основних завдань є завдання автоматизації регулювання розрідження в печах.

Таким чином, автоматична система для підтримки заданої температури хлібопекарської печі включає дві системи: автоматику регулювання температури в пічних камерах і систему механічного регулювання розрідження в печах.

Також система управління хлібопекарської печі повинна автоматично (за командою) запалювати обидві конфорки і контролювати безпеку роботи всієї печі, а при порушенні хоча б одного із критеріїв по безпеці, вимикати газ, а потім вимикати все обладнання.

#### 2.1.1 Розробка автоматичної системи по регулюванню температури в пічній камері та вибір типу керування.

Забезпечення заданої температури в зонах камери печі, досягається зміною об'єму газу, що подається в пальник. Процес контролю температурного режиму в печі може проводитись як безперервно, так і дискретно. Безперервні методи забезпечують більшу точність контролю температури. Але в свою чергу, для більшості печей через інерційність і навантаження печі, зміни температури в ній протікають відносно повільно, тому відповідність між

надходженням теплової енергії і її витратою не є обов'язковою постійно. Для середніх значень потужності достатньо такої відповідності тривалістю від кількох хвилин до кількох секунд через певні проміжки часу (залежно від вимог процесу). Це значно спрощує систему контролю температури і дає можливість в деяких випадках відмовитися від безперервного контролю, обмежившись простим позиційним регулюванням.

Завдання вибору закону регулювання і типу регулятора полягає в наступному - необхідно обрати тип регулятора, який забезпечить цю якість регулювання з мінімальними витратами і максимальною надійністю. Можна обрати релейний, безперервний або дискретний (цифровий) тип контролера.

Щоб обрати вид регулятора і визначити його налаштування, необхідно встановити:

1. динамічні і статичні властивості об'єкту.
2. Параметри якості процесу корегування.
3. Якісні показники контролерів.
4. Похибки, які вже впливають на процес.

Вибір типу контролера зазвичай починається з найпростіших регуляторів включення/виключення і може закінчуватися саморегульованими мікропроцесорними контролерами. Зауважимо, що згідно з вимогами технологічних регламентів на багатьох об'єктах не допускається використання релейної керуючої дії.

Найважче визначити характеристики печі. Топка являє собою складну багатоланкову конструкцію, зв'язки якої пов'язані між собою законами теплообміну.

При визначенні динамічних властивостей об'єкта по його перехідні характеристики на вхід подається ступінчастий тестовий сигнал або імпульс прямокутної форми. Процес отримання передатної функції об'єкта з тимчасових даних називається ідентифікація об'єкту. Дані умови представлені у таблиці:

Таблиця 2.1 - Умови зняття перехідної характеристики

№ умови	Умови
1	Якщо проектується система стабілізації параметрів процесу, перехідний відгук повинен бути отриманий поблизу робочої точки процесу.
2	Перехідні реакції повинні бути отримані як для позитивних, так і для негативних стрибків керуючого сигналу. За формою кривих можна судити про ступінь асиметрії об'єкта. При невеликій асиметрії рекомендується розраховувати налаштування регулятора за усередненими значеннями параметрів передавальної функції. Лінійна асиметрія найчастіше проявляється в об'єктах теплового контролю.
3	За наявності шумового виходу бажано взяти кілька часових характеристик (кривих прискорення) разом шляхом накладення одна на одну та отримати середню криву.
4	При знятті перехідної характеристики необхідно вибирати найбільш стабільні режими роботи, наприклад нічні зміни, де зовнішні випадкові перешкоди малоімовірні.

Початкові умови для усунення перехідної реакції: У перший раз система керування, тобто контрольоване значення  $X$  (температура) і керуюча дія (вихід) контролера  $Y$  повинні бути нерухомими. від контролера до приводу) не змінювався і не було зовнішнього втручання. Наприклад, температура в духовці залишилася постійною, а виконавчий механізм не змінив свого положення. Потім поступовий процес подається на вхід приводу, наприклад, включається опалення. В результаті чого, стан об'єкту починає змінюватись.

Піч - це самовирівнюючий об'єкт. Спонтанне вирівнювання процесу регуляції - це властивість об'єкта, що організувався після порушення певної рівноваги між потоком і потоком, повертатися в цей стан самостійно. Самовирівнювання сприяє швидшій стабілізації контрольованої величини і тому полегшує роботу контролера. У міру підвищення температури печі втрати тепла збільшуються, тому крива нагріву є експоненціальною за своєю природою, і зрештою в самій печі встановлюється стан рівноваги.

Процес зміни  $x(t)$  і перехідна характеристика  $h(t)$  показані на рисунку 2.1.

Після вилучення кривої прискорення та оцінки структури об'єкта

керування можна знайти параметри відповідної передатної функції.

запуском рекомендується пронумерувати перехідну характеристику (криву прискорення) (діапазон зміни нормалізованої кривої від 0 до 1) і відняти чисту затримку часу  $\tau_{d1}$  з початкової частини .

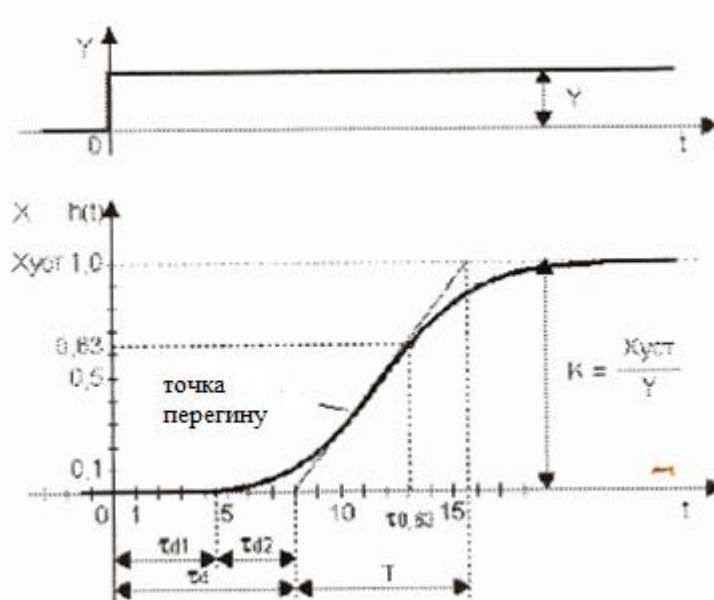


Рисунок 2.1 - Перехідна характеристика (крива прискорення) об'єкта, що самовирівнюється.

Визначення динамічних властивостей об'єктів по кривій прискорення здійснюється методом дотичної до точки перегину часової ознаки (кривої прискорення).

У даному випадку точка перегину, відповідає переходу швидкості наростання вихідного сигналу кривої з режиму прискорення в режим уповільнення.

На рис.2.2 наведені орієнтовні (ідеалізовані) криві розгону хлібопекарської печі ПХС-25, зняті при min. і max. потужності конфорок. Духова шафа не була заповнена під час вимірювання кривої. Через неможливість нагріти піч до постійної температури при повній потужності пальника, криві взяті неточно. Їх нарощували до фіксованого значення, оскільки закон зміни температури встановлено. Також відомо, що піч може нагріватися приблизно до 200 °С при мінімально-допустимій потужності

пальника, а стабільна температура становить близько 800 °С при максимальній потужності.

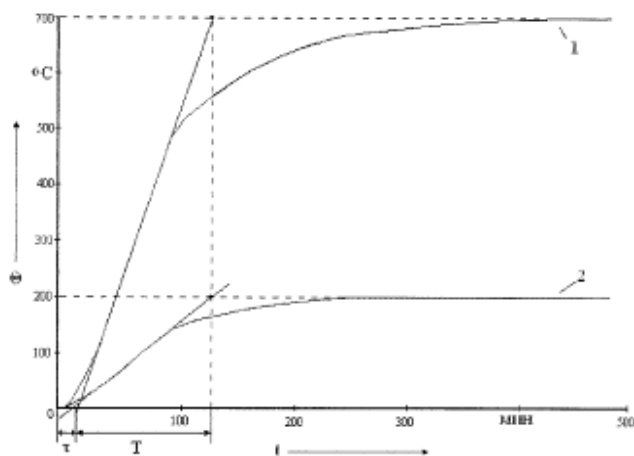


Рисунок 2.2 - розгінні криві печі ПХС-25,: 1 - розгінна крива на максимальній потужності; 2 - крива розгону при мінімальній потужності;

З графіка визначаємо постійну часу  $T$  і затримку топки  $\tau$ :

$$T \approx 100 \text{ хв};$$

$$t \approx 14 \text{ хв.}$$

Отже,  $\tau / T = 14/100 = 0,14 < 0,2$  - вибираємо релейний (двопозиційний) регулятор температури.

Двопозиційний спосіб регулювання набагато простіше і дешевше в реалізації, ніж плавний. Схему застосування ДВЗ закону регулювання температури показано на рисунку 2.3.

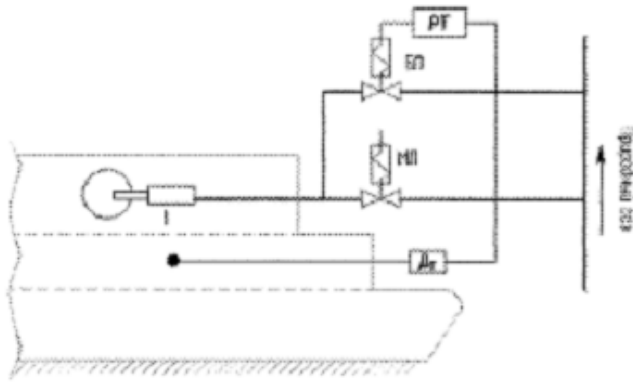


Рисунок 2.3 - Схема двопозиційного закону регулювання температури.

Система керування включенням/вимиканням включає наступні засоби:

- давач температури Dt;
- терморегулятор RT;
- електромагнітні клапани різних відділень: ВР і МП.

Забезпечення заданої температури здійснюється по принципу «мале полум'я» - «велике полум'я» (повна потужність - корисна потужність). Клапан МР завжди відкритий, коли піч працює, щоб зменшити величину бризок під час подачі газу до пальника. Сигнальна інформація про поточну температуру в варильній камері надходить від термоелектричного перетворювача на терморегулятор. Коли температура падає нижче встановленого значення, клапан ВР відкривається і газ, що відповідає максимальній потужності пальника, надходить у пальник через обидва клапани (ВР і МП). При виході на задану температуру клапан ВР закривається і в пальник надходить тільки газ від клапана МП, що відповідає частковій величині потужності пальника.

### 2.1.2 Регулювання температури за законом двох позицій

Двопозиційні контролери забезпечують якісне керування інерційними об'єктами з невеликою затримкою, не вимагають регулювання та прості у використанні. Ці редактори представляють звичайний і найбільш широко використовуваний метод редагування.

У випадку без зворотного зв'язку, контролер включення/виключення

працює як перемикач.

Блок-схема системи керування включення-виключення наведена на рисунку 2.4.

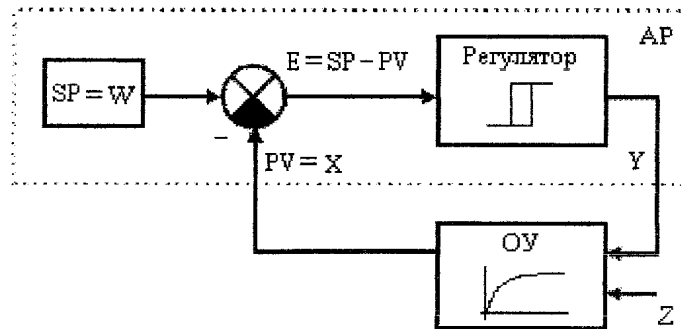


Рисунок 2.4 - Структурна схема ДВЗ, де: АР - ДВЗ регулятор, ОС - об'єкт управління, СП - блок формування уставки (уставки), Е - неузгодженість регулятора, ПВ \u003d X - контрольована величина , Y - керуюча дія, Z - збурювальний вплив.

Гістерезис Н (мертва зона) передбачений для запобігання «гуркоту» вихідного пристрою керування (наприклад, реле) поблизу опорного значення SP (нагрівач увімкнений занадто часто).

Опис роботи системи корегування температури в топці можна представити наступним чином:

X = PV) Опалення вмикається, доки не буде досягнуто задане значення SP.

Вихід регулятора Y (опалення) вимикається, якщо SP перевищує задане значення .

SP - Н , тобто він перезапускається з урахуванням гістерезису Н перемикаючого елемента.

Y від входу X/4/ (рис. 2.5).

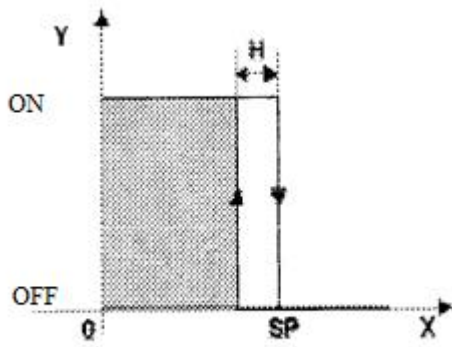


Рисунок 2.5 - Статична характеристика ДВЗ

Вихідне значення  $Y$  дорівнює максимальному ефекту - нагріву:  $Y = \max$  , де  $H$  є значенням гістерезису .

Вихідне значення  $Y$  дорівнює мінімальному ефекту - нагрівання вимкнено:  $Y = 0$  для  $X > SP$  .

Ширина зони гістерезису на сучасних контролерах включення/виключення є єдиним програмованим параметром.

Процес керування «вмикання-вимкнення» є автоколивальним — як у перехідному, так і в усталеному стані контрольоване значення періодично змінюється відповідно до встановленого значення (рис. 2.6), тобто регульована змінна  $PV(X)$  піддається постійним коливанням . Показниками режиму автоколивань є амплітуда автоколивань  $A_k$  і період автоколивань  $T_k$ .

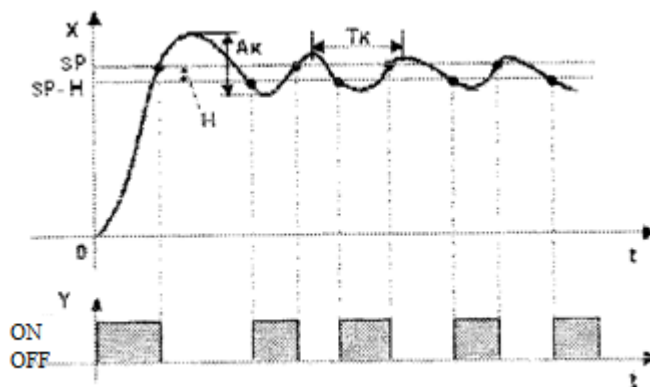


Рисунок 2.6 – Процес регулювання за двопозиційним законом



Точність керування такою змінною процесу, як температура, залежить від значення гістерезису. Чим менший гістерезис, тим більш точніше регулювання, але частіше включається обігрівач і, отже, тим більше зношуються комутаційні елементи. При зменшенні гістерезису, можна підняти якість редагування до певної межі, яка визначається параметрами редагованого об'єкта (теплова інерція, потужність нагрівача, тепловий зв'язок між нагрівачем і об'єктом тощо).

### 2.1.3 Встановлення динамічних характеристик АСУ температурою в робочій камері печі.

АСУ температурою в духовій шафі характеризується певними особливостями. З точки зору управління, це складна система, яка складається з печі, нагрівача (системи газових каналів і пальника), продукту, термоелектричного термометра і пов'язаних між собою процесами теплообміну. має власну теплову інерцію, що робить розрахунок теплових переходів і аналіз динаміки процесу регулювання надзвичайно складним.

Температури в різних частинах топкової камери можуть відрізнятися. Крім того, температура робочого кінця термопар, і, отже, контрольована температура, буде залежати від місця розташування в робочій камері. Від цього розташування також може залежати якість розташування, величина температурних коливань при просторовому розміщенні.

Для встановлення динамічних властивостей системи по регулюванню заданої температури необхідно зробити припущення: будемо вважати, що теплова взаємодія між зонами пічної камери фактично не впливає на температуру в другій зоні.

Тоді передаточна функція об'єкту керування з достатньою точністю може бути представлена у вигляді послідовного зв'язку неперіодичного зв'язку першого порядку із зв'язком із запізненням:

$$W_{ou} = \frac{K \cdot e^{-pt}}{Tp + 1},$$

$T$  і  $\tau$  перед робочою кривою печі.

Передаточна функція об'єкта також враховує інерцію термоелектричного перетворювача.

Коефіцієнт наддуву залежить від потужності пальника  $i$ , як і інші параметри системи, визначається з кривої прискорення печі. Коли система працює на максимальній потужності, то її коефіцієнт посилення  $K1 = 700$ , тому що при такій потужності піч може нагріватися максимум до  $700^\circ\text{C}$ . Коли система працює на частковій потужності, коефіцієнт підсилення  $K2 = 200$ .

Уже згадувалося, що єдиним параметром терморегулятора, який необхідно налаштувати, є його гістерезис (мертва зона). Амплітуда температурних коливань системи також залежить від величини гістерезису, чим більше гістерезис, тим вище температурні коливання. Тому ми вибираємо мінімально можливу (іншими словами нульову) ширину області гістерезису, щоб зменшити амплітуду коливань. Тому ми виставляємо тільки робочу температуру в регуляторі. Робоча температура:  $01 = 180^\circ\text{C}$  для першої зони,  $02 = 270^\circ\text{C}$  для другої зони.

Не рекомендується розігрівати піч від початку до кінця до повної робочої температури. Тому нагрів ведуть спочатку на неповній потужності, а потім, коли температура досягне  $100^\circ\text{C}$ , піч переводять на повну потужність.

У програмі (структурного моделювання PSM32) ми моделюємо роботу АС контролю температури духової шафи.

При моделюванні  $U_z = 1$ ,  $K = 200$  завдання має бути  $X = 3,5$ , щоб отримати  $K = 700$ , для цього, вихідне значення регулятора буде складати  $2,5$ . Оскільки піч потрібно розігрівати на малій потужності до  $100^\circ\text{C}$ , для цього до негативного зворотного зв'язку додаємо релейний елемент з вихідним сигналом  $2,5$ . Коли температура досягне  $100^\circ\text{C}$ , релейний елемент вимкнеться,

і піч знову набере повну потужність. У цьому випадку блок-схема має вигляд, показаний на малюнку 2.7:

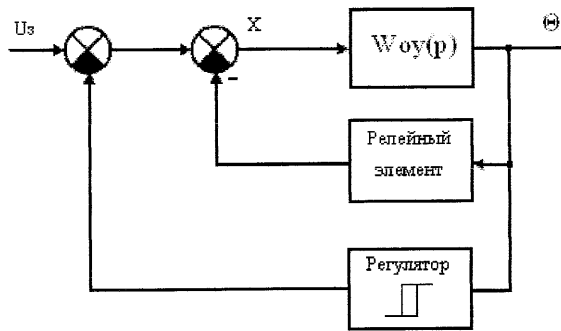


Рисунок 2.7 – Структурна схема проектованих систем

На рисунках 2.8 і 2.9 представлені часові графіки для першої та другої зон варильної камери представленої системи.

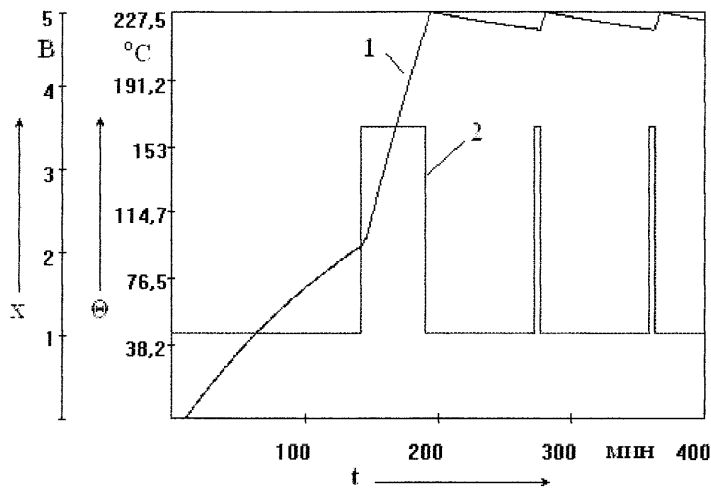


Рисунок 2.8 - Таблиця системи регулювання температури в часі для I зони пічної камери (задана температура 220 ° C), позначає часовий графік на виході системи буде залежністю температури від часу; Цифрою 2 позначено часовий графік другого суматора (вхід об'єкта керування).

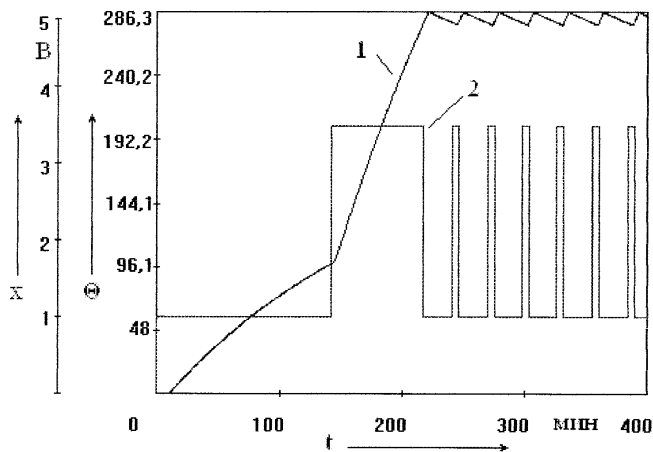


Рисунок 2.9 - Таблиця системи регулювання температури в часі для другої зони варильної камери (задана температура 220 ° C)

Тут цифрою 1 також позначений часовий графік на виході системи - залежність температури від часу, а цифрою 2 - часовий графік другого суматора (вхід об'єкта управління).

З графіків видно, що коливання температури поблизу заданого значення є швидше позитивними, ніж негативними (наприклад, рис. 2.9: амплітуда коливань становить 6,3 °C від заданого значення та 9,6 °C від 3,3 °C вниз). від встановленої температури). Це пов'язано з тим, що при досягненні заданої температури нагрівання не вимикається повністю, зменшується лише потужність пальника, тому зниження температури відбувається повільніше, ніж підвищення. А затримка в системі грає меншу роль. Тому рекомендується встановлювати температурний регулятор трохи нижче /6/ необхідної температури.

Температура в духовці підвищується не відразу, а через деякий час це відбувається через затримку в системі. Чим менше затримка в топці, тим менше амплітуда коливань температури в ній. Затримка в системі залежить від типу і розташування термопари, типу її захисних з'єднань. Тому для зменшення затримки рекомендується використовувати термопари без захисних кожухів, а також розміщувати термопари /6/ ближче до нагрівача.

#### 2.1.4 Розробка загальної структури системи автоматичного контролю розрідженості в печах

Для підтримки постійного розрідження в печах в топках потрібна автоматична система контролю розрідження. Згідно з технічними характеристиками печі, в печах необхідно підтримувати постійний розрідження з водяним стовпом близько 6-8 мм і відповідним 60-80 Па.

Він призначений для підтримки максимально економічного і безпечного режиму спалювання палива в топці шляхом регулювання положення заслінки, прикріпленої до димоходу.

За відсутності розведення полум'я факела буде пригнічено, що призведе до горіння пальників і дна печі. У цьому випадку димові гази потраплять у приміщення цеху, унеможливлючи роботу обслуговуючого персоналу.

#### 2.1.5 Модель об'єкта керування АСУ для розбавлення в топках печі

Регулювання розрідження в топці здійснюється за допомогою регулятора, який отримує сигнал від датчика розрідження і діє на актуатор, змінюючи за допомогою нього положення дверцята, прикріпленого до витяжної труби.

Блок-схема такої системи показана на рисунку 2.10:



Рисунок 2.10 – Структурна схема моделі системи автоматичного регулювання розрідження в топці печі, де:  $W_{ПК}(p)$  – стабілізуючий регулятор;  $W_{ГО}(p)$  - привід поворотної заслінки;  $W_{HG}(p)$  - призначення пристрою, що представляє собою ділянку топкової порожнини між серединою пальників і місцем прийому сигналу від розрідженості в топці.

Динамічні властивості редагованого об'єкта характеризуються відсутністю затримок, малою інерційністю та самовирівнюванням. Особливістю є невеликі коливання контрольованого значення навколо середнього з частотою в кілька герц. Такі низькочастотні коливання викликані в основному коливаннями витрати палива і повітря, крім того, сам процес горіння є джерелом високочастотних коливань (100-150 Гц), які можуть резонувати з окремими низькочастотними режимами. .

Отже, динамічні характеристики об'єкту керування, яким є ділянка топкової камери, з достатньою точністю можна надати у вигляді аперіодичного зв'язку передатної функції першого порядку:

$$W_{HG}(p) = \frac{k_{HG}}{T_{HG}p + 1},$$

Де:  $k_{HG} = P_G$

$RG = 70$  необхідний середній розрідження в топці топки, Па;

З технологічних даних печі прийmemo:  $T_{HG} = 3c$ .

Передавальна функція драйвера поворотної заслінки може бути представлена передатною функцією аперіодичного зв'язку першого порядку:

$$W_{PZ}(p) = \frac{k_{PZ}}{T_{PZ}p + 1},$$

де:  $k_{PZ}$  - коефіцієнт передачі поворотної заслінки;

$T_{PZ}$  - константа часу (реакції приводу поворотної заслінки), с. в топці печі можна представити аперіодичним зв'язком першого порядку, але ним можна знехтувати, оскільки постійна часу щодо об'єкта мала:

$$W_G(p) = \frac{U_{УПР.НОМ}}{P_G},$$

де:  $R_G$  - необхідний середній розрідження в топці топки, Па.

Номинал еталонної напруги приймається рівним 10 В.

Тоді передаточна функція вимірювального перетворювача вакууму буде виглядати так:

$$W_G(p) = \frac{10}{70} = 0,143.$$

Передатна функція привода поворотної заслінки буде:

$$W_{ПЗ}(p) = \frac{1}{1p + 1}.$$

Передаточна функція перетину площі топки буде:

$$W_{HG}(p) = \frac{70}{3p + 1}.$$

Знаючи всі передатні функції ланок, що складають контур регулювання, розрахуємо передатну функцію регулятора стабілізатора.

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{k_{ПЗ}}{T_{ПЗ}p + 1} \cdot \frac{k_{HG}}{T_{HG}p + 1} \cdot k_G = \frac{1}{2T_{\mu}p \cdot (T_{\mu}p + 1)},$$

через  $T_{ПЗ} < T_{HG}$  ми приймаємо це як малу постійну часу  $T_{\mu}$ .

Пізніше:

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{k_{ПЗ}}{T_{\mu}p + 1} \cdot \frac{k_{HG}}{T_{HG}p + 1} \cdot k_G = \frac{1}{2T_{\mu}p \cdot (T_{\mu}p + 1)},$$

ми отримуємо:

$$W_{PC}(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p} \cdot \frac{T_{HG}p + 1}{k_{ПЗ} \cdot k_{HG} \cdot k_G},$$

Звідси:

$$W_{PC}(p) = \frac{T_{HG}p + 1}{2T_{\mu}p \cdot k_{ПЗ} \cdot k_{HG} \cdot e^{-p\tau_{HG}} \cdot k_G};$$

$$W_{PC}(p) = \beta_P \frac{\tau_P p + 1}{\tau_P p},$$

де:  $\tau_P = T_{HG}$ ;

$$\beta_P = \frac{T_{HG}}{2\dot{O}_{\mu} \cdot k_{i\zeta} \cdot k_{HG} \cdot k_G}$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$\beta_P = \frac{3}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 70 \cdot 0.143} = 0.15$$

Тоді передатна функція регулятора стабілізатора буде виглядати так:

$$W_{PC}(p) = 0.15 \cdot \frac{3p + 1}{3p}.$$

Це передаточна функція ПІ-регулятора.

#### 2.1.6 Динамічні властивості автоматичної системи регулювання вакууму.

PSM 32 моделюємо роботу автоматичної системи регулювання розведення в печі. На рисунку 2.11 показаний час цієї системи.



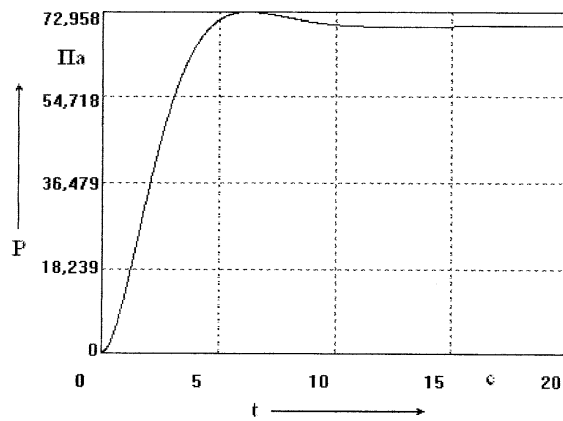


Рисунок 2.11 - Хронометраж контролю вакууму

## 2.2 Вибір компонентів системи керування

### 2.2.1 Вибір компонентів системи контролю вакууму в топці печі

Вибір контролера. Для автоматизації системи контролю розрідження в подових печах вибираємо регулятор тиску і тяги УЗОР-Д2.

Для регулювання низьких тисків (вакууму) в даний час використовується комплекс приладів, що складається з перетворювачів «Сапфір», ДКО або ДТ-2-50 і контролера УКР або РС-29. Система громізка, дорога, вимагає кваліфікованого обслуговування і нестійка.

Він має 3 компаратори з релейними виходами, комбінований струмовий вихід та інтерфейс RS-485 для зв'язку з верхнім рівнем ієрархії . Це дозволяє редагувати на двох каналах одночасно.



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд лічильника – регулятора «УЗОР-Д2»

Технічні дані контролера УЗОР-Д2 приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики регулятора «УЗОР-Д2».

Діапазон робочого тиску	10...+10 кПа (0...+100 кПа в залежності від версії)
роздільна здатність	10 Па
клас точності	1.5
кількість записів	6 (по 3 на кожен канал керування)
кількість виходів	2

Вихід залежить від модифікації пристрою. Або є поточним сигналом 4-20 мА або імпульсні імпульси середньої напруги постійного струму. Зміна стану електронного вимикача при повідомленні значень 24 В або граничних відхилень.

Струмовий вихід використовується для керування гідравлічними та пневматичними приводами.

Для управління електроприводом використовується імпульсний вихід.

У пристрої застосовуються наступні закони керування: пропорційно - інтегрально - диференціальний (ПІД), позиційний (двох і три).

Регулятори УЗОР-Д2 мають сервісну функцію - моніторинг поломки датчиків.

## схема підключення

## габаритні розміри

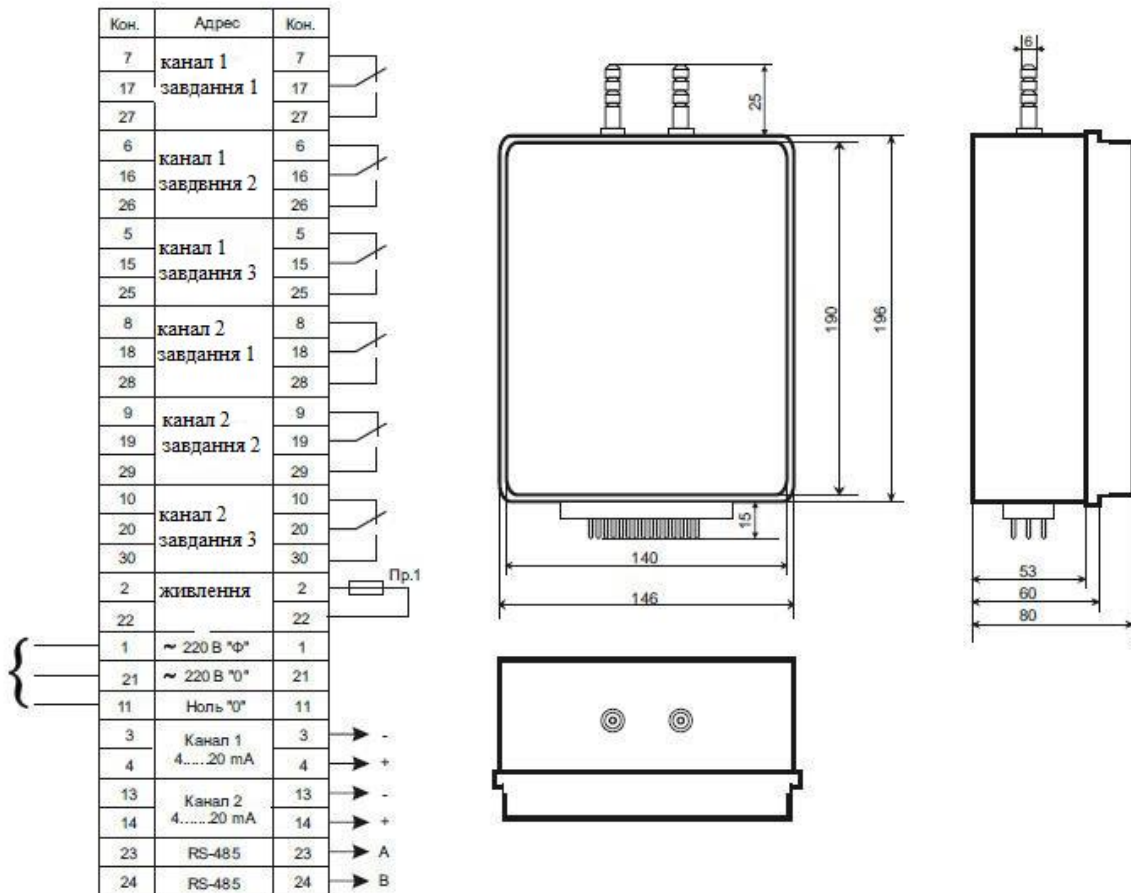


Рисунок 2.13 - Схема підключення контролера УЗОР-Д2

### Вибір первинних перетворювачів вакууму в печі

В якості основних перетворювачів для вимірювання вакууму в пічних печах ми вибираємо перетворювачі типу УЗОР 1Д-2, що входять до комплекту регулятора УЗОР-Д2,

Для встановлення максимальних відхилень тяги використовуються реле тяги, попередньо встановлені в топці. Датчики працюють при напрузі змінного струму 20 - 30 В. Вихідним сигналом є замикаючий контакт реле.

В якості приводу зміни положення поворотної заслінки в димоході вибираємо замкнутий однооборотний привід типу МЕО з однофазним асинхронним електродвигуном серії ДАУ. Ці двигуни характеризуються малою інерційністю, високою надійністю і здатні тривалий час працювати в

спокої. Останній випадок дозволяє виключити зі схеми керування приводом захисні кінцеві вимикачі, роль яких виконують регульовані механічні упори. Однофазне джерело живлення двигуна 220 В, напруга 50 Гц також спрощує електричну схему керування приводом.

Вибираємо модифікацію МЕО-40/20 - 0,63. Числа в кодї модифікації позначають відповідно: номінальний крутний момент на вихідному валу (40 Н•м), номінальний час повного ходу вихідного вала (20 с), номінальний повний хід вихідного вала (0,63 оберти) .

Ці механізми сконструйовані для роботи в реверсивному режимі з переривчастою частотою до 320 пусків на годину і робочим циклом до 25%, з навантаженням на вихідний вал до 0,5% супутнього номінального значення від номінального. проти навантаження. Один. При цьому механізми допускають роботу в 1-годинному переривчастому режимі з кількістю включень до 630 на годину і шпаруватістю до 25% з наступним повторенням не раніше ніж через 3 години . Інтервал між закриттям і відкриттям у зворотному напрямку не менше 50 мс. Максимальна безперервна тривалість роботи механізму в реверсивному режимі не повинна перевищувати 10 хвилин.

Пусковий момент механізму при номінальній напрузі живлення перевищує номінальний не менше ніж у 1,7 рази.

За бажанням в механізми можуть бути встановлені індукційні, реостатні або датчики поточного положення.

Управління приводом здійснюється безконтактним пускачем ПБР-2.

Пускач ПБР-2 призначений для роботи з приводами МЕО, оснащеними однофазними електродвигунами з симетричними обмотками.

Принцип керування приводом типу МЕО за допомогою пускача ПБР-2 пояснює схема, наведена на рис. 2.14.

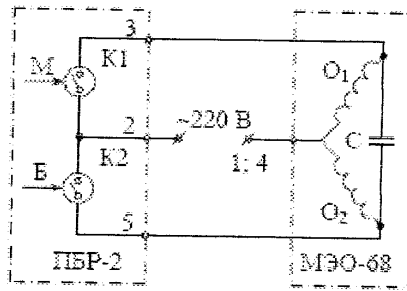


Рисунок 2.14 - Робоча схема пускача ПБР-2

Пускач заснований на двох тиристорних ключах К1 і К2, які управляються сигналами, що формуються блоками управління або оператором. Кожен з тиристорних ключів включений в ланцюг живлення однієї з обмоток статора електродвигуна.

При відсутності керуючих сигналів тиристорні ключі розмикаються, обмотки двигуна знеструмлюються.

Тиристорний ключ К1 замикають і підключають джерело живлення до обмотки О1 (мережа 220 В, 50 Гц). Напряга живлення подається на іншу обмотку через фазозсувний конденсатор С. Електродвигун обертається в напрямку «Аз».

Для включення електродвигуна в зворотному напрямку необхідно замкнути тиристорний вимикач К2 подачею керуючого сигналу «Ще» (В). У цьому випадку обмотка О2 підключається безпосередньо до джерела живлення, а обмотка О1 підключається через фазозрушувальний конденсатор. Зсув фаз між напругами, що подаються на обмотки, змінює знак і викликає реверс двигуна. Тому в розглянутій схемі немає різниці між способами живлення обмоток статора О1 і О2: кожна з них може бути підключена до джерела живлення безпосередньо або через фазу в залежності від необхідного напрямку обертання. З цієї причини обидві обмотки електродвигуна, що працює зі стартером ПБР-2, повинні бути однаковими.

## 2.2.2 Вибір елементів системи автоматичного контролю температури в пекарній камері духовки

Вибір первинних перетворювачів для системи контролю температури в камері духовки

В якості первинних перетворювачів для вимірювання і контролю температури в варильних камерах печі, а також для контролю температури газів, що виходять з «духовок», вибираємо термопари ТХК - 0515 з характеристиками, зазначеними в таблиці.

Таблиця 2.3- Характеристики термопари ТХК - 0515

термоелектродні матеріали	сплав хром - копель
межа вимірювання температури, °С	0...600
область застосування	пара, газ і рідкі хімічні неагресивні середовища
довжина заготовки, мм	320
максимальна термо - ЕРС, мВ	45

Ми використовуємо двоходові електромагнітні клапани типу VN як приводи для зміни кількості газу, що подається на пальник.

Технічні дані арматури приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні дані клапанів HV

Початковий стан	нормально закритий
Конструкція клапана	увімкнено вимкнено
Потужність котушки, Вт	80
Напруга живлення, В	220
Частота змінного струму, Гц.	50
Робоча температура, °С	-30...+40
Час відкриття/закриття, с	один
Частота перемикачів на годину	одна тисяча
Клас герметизації	A

## 2.3 Система автоматизації безпеки печі

Система автоматики безпеки призначена для експлуатації в складі обладнання хлібопекарської печі. Функціонально апаратне забезпечення автоматизації безпеки є частиною вибраного контролера SDVIATIC S 7-200 і керує електромагнітом, встановленим на запобіжному запірному клапані на вході газу в піч.

В системі автоматики безпеки використовується алгоритм управління запірною газовою арматурою та аварійної звукової та світлової сигналізації печі.

Газове різання проводиться в таких випадках:

- при зниженні тиску газу перед запірною арматурою нижче допустимого;
- при зниженні розрідження в одній із печей нижче гранично допустимого значення;
- при виході з ладу одного з двигунів рециркуляційного вентилятора;
- при згасанні полум'я однієї з конфорок (вийшла з ладу);
- коли температура газів «поза топками» в одній із зон перевищує допустиму;
- натисненням кнопки "Запірна арматура. Відключення";

При спрацьовуванні запірної арматури одночасно подається звуковий і світловий сигнали, а на текстовий дисплей виводиться повідомлення про причину відключення газу.

Для системи охоронної автоматики використовуються наступні датчики та елементи:

Для контролю полум'я використовується прилад контролю полум'я Ф-34, чутливим елементом якого є керуючий електрод. Пристрій перетворює сигнал датчика полум'я в зміну стану контактів вихідного реле. Вихідний сигнал надходить на дискретний вхід мікроконтролера.

Термопари використовуються для контролю температури з «печки». Дані термопари запитуються мікроконтролером.

Для контролю мінімального розрідження в печі використовуються тягові реле з вихідним сигналом, що замикає контакт реле. Сигнал надходить на дискретний вхід мікроконтролера.

Для контролю мінімально допустимого тиску перед головною запірною арматурою в газопроводі використовується датчик реле тиску DN, межа установки 4-вод.ст 40 мм. Межа спрацьовування 20 мм.water.st Вихідний сигнал замикаючого контакту реле подається на вхід переривання мікроконтролера.

Для керування роботою рециркуляційних вентиляторів в ланцюзі їх двигунів розміщені термореле. Контакти реле також підключаються до входу переривання мікроконтролера.



### 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Вибір контролера

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, посилаючи керуючі сигнали на виходи, до яких підключені пристрої виконання.

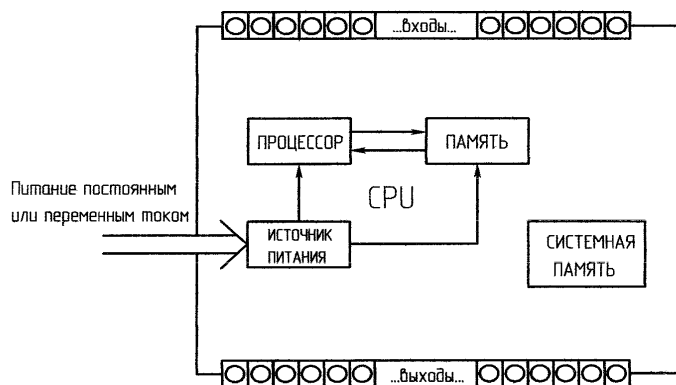


Рисунок 3.1 - Основні компоненти ПЛК

#### 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.

Сімейство SIMATIC S 7-200 поєднує в своєму складі:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 типи центральних процесорів, що відрізняються об'ємом пам'яті, кількістю вбудованих входів/виходів, набором вбудованих функцій і можливостями розширення системи.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Широкий асортимент модулів введення/виведення для дискретних і аналогових сигналів.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AS і мережі PROFIBUS - DP (тільки підлеглий).</li> </ul>

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.

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) .

- S 7-22 x series ) для цифрового або аналогового входу/виводу.

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  $90^\circ$  (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.

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 вхідні 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.

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 3.1

Таблиця 3.1 - Модифікації 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 3.2.

Таблиця 3.2.

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 термоелектронні датчики до програмованого контролера, оскільки він має лише дискретні входи. Для цього потрібен модуль EM 231, який призначений для підключення термопар до процесорів 222/224/226 і забезпечує точне вимірювання стандартних сигналів термопари. Крім того, модуль може вимірювати сигнали напруги  $\pm 80$  мВ.

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

Технічні дані термоелементного модуля EM 231 наведені в таблиці 3.3.



Таблиця 3.3 - 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 $\pm 80$ мВ / 1 МОм
Максимально допустима напруга на входах вимірювання напруги	дзвінок, постійний
Гальванічне розділення кіл	їсти
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 .

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики модуля розширення EM222

кількість виходів	8
Напруга живлення навантаження L +/- L 1	=24В/~24...230В
<ul style="list-style-type: none"> <li>• номінальна вартість</li> <li>• допустимий діапазон змін</li> </ul>	=5...30В/~20...250В
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
<ul style="list-style-type: none"> <li>• з активним навантаженням</li> <li>• з індуктивним навантаженням</li> <li>• з ламповим навантаженням</li> </ul>	30 Вт постійного струму, 200 Вт постійного струму кола змінного струму
Обмеження комутаційних перенапруг	зовнішній
Захист від короткого замикання	забезпечується зовнішніми ланцюгами
довжина кабелю:	До 150 м До 500 м
<ul style="list-style-type: none"> <li>• звичайний</li> <li>• захищений</li> </ul>	
Миттєве споживання:	40 мА
<ul style="list-style-type: none"> <li>• від внутрішньої шини контролера (=5В)</li> <li>• від зовнішнього джерела =24В</li> </ul>	72 мА
Споживання енергії	2 Вт

### 3.2 Інтерфейс системи з технологічним об'єктом

Схема під'єднання виконавчих механізмів до мікроконтролера приведено на рисунку 3.2.

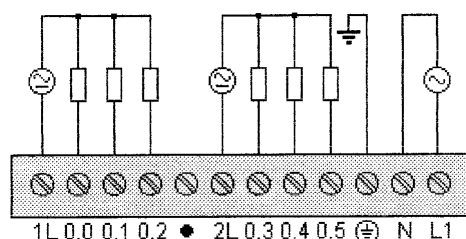


Рисунок 3.2 - Схема під'єднання виконавчих механізмів до мікроконтролера

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 термопари до мікроконтролера. Схема підключення показана на рисунку 3.3.

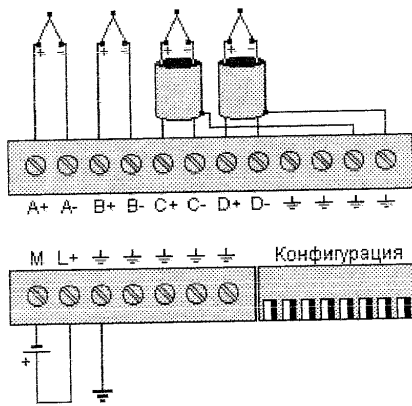


Рисунок 3.3 - Схема підключення температурних датчиків до модуля EM231.

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.

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

Схема підключення окремих датчиків до мікроконтролера показана на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 - Схема підключення дискретних датчиків до мікроконтролера

Для підключення дискретних датчиків не потрібні додаткові пристрої.

В системі автоматичного контролю температури крім мікроконтролера використовується вакуумний регулятор УЗОР-Д2. В якості первинних перетворювачів для вимірювання розрідження в печах використовувалися датчики типу УЗОР 1Д-2; давачі підключаються безпосередньо до регулятора без вторинних перетворювачів.

Для підключення регулятора до виконавчого механізму (МЕО) використовується пускач РВР2. Даний пускач підсилює імпульси, що генеруються регулятором від 0 - 24В до 0 - 220В і реалізує безконтактне управління механізмом.

### 3.3 Розробка алгоритму роботи системи

Отже: РК1, РК2 - запобіжні клапани першої і другої зони, Головна камера - головний запірний клапан у вхідному газопроводі, К31, К32 - запалювальні котушки, ZP1, ZP2 - клапани запального пальника, МГ1, МГ2 - "Малі газові клапани, ВГ1, ВГ2 - клапан "Великий газ", t 1, t 2 - поточні температури першої та другої зон варильної камери відповідно, від t 1, t 2 - температури газу з "Духовки" відповідно першої та другої. печі, n - циклів, відповідний час становить 4 с (з міркувань безпеки пілотний пальник може працювати максимум 4 секунди без полум'я). Розроблені алгоритми роботи даної системи наведено в додатках.

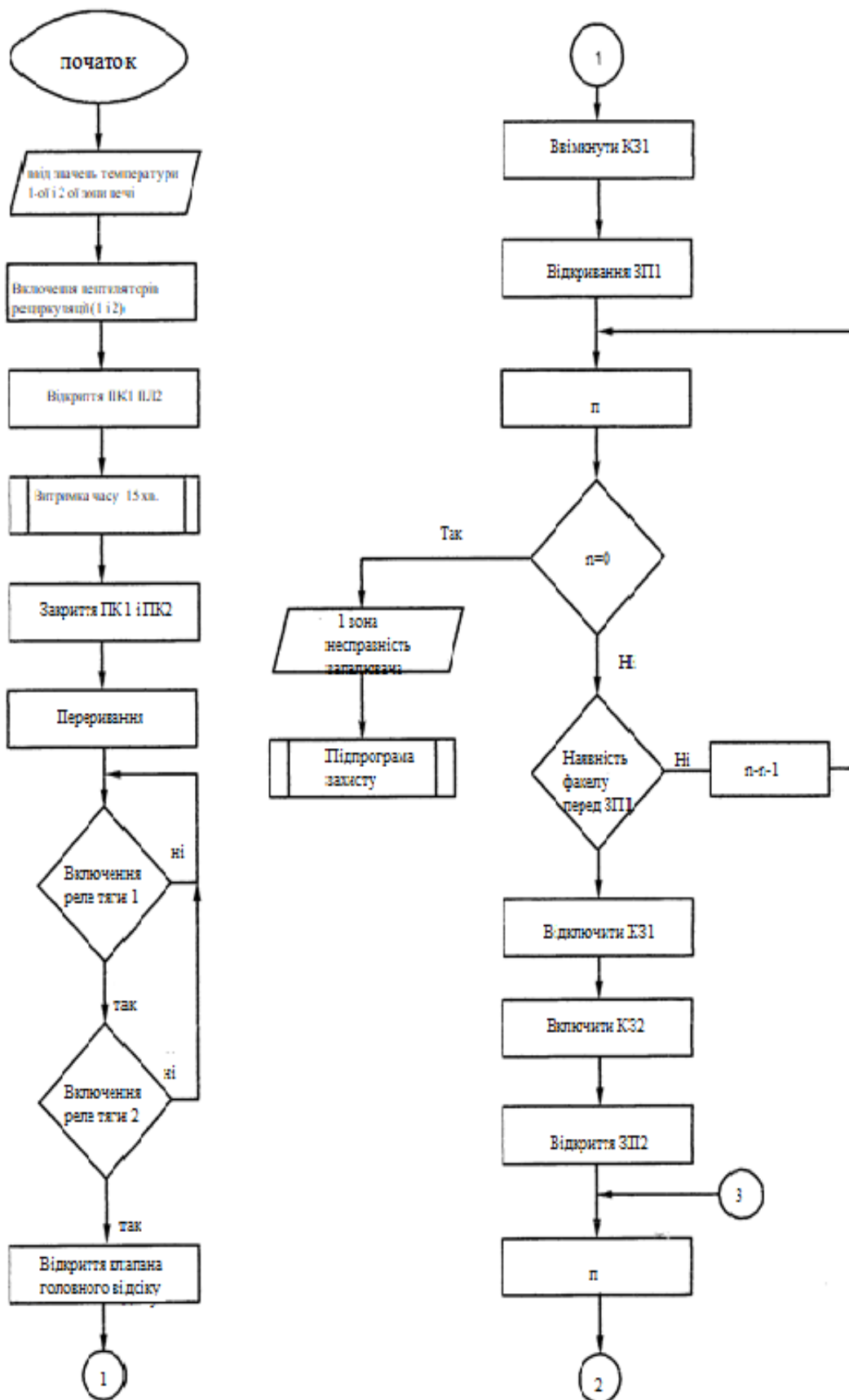
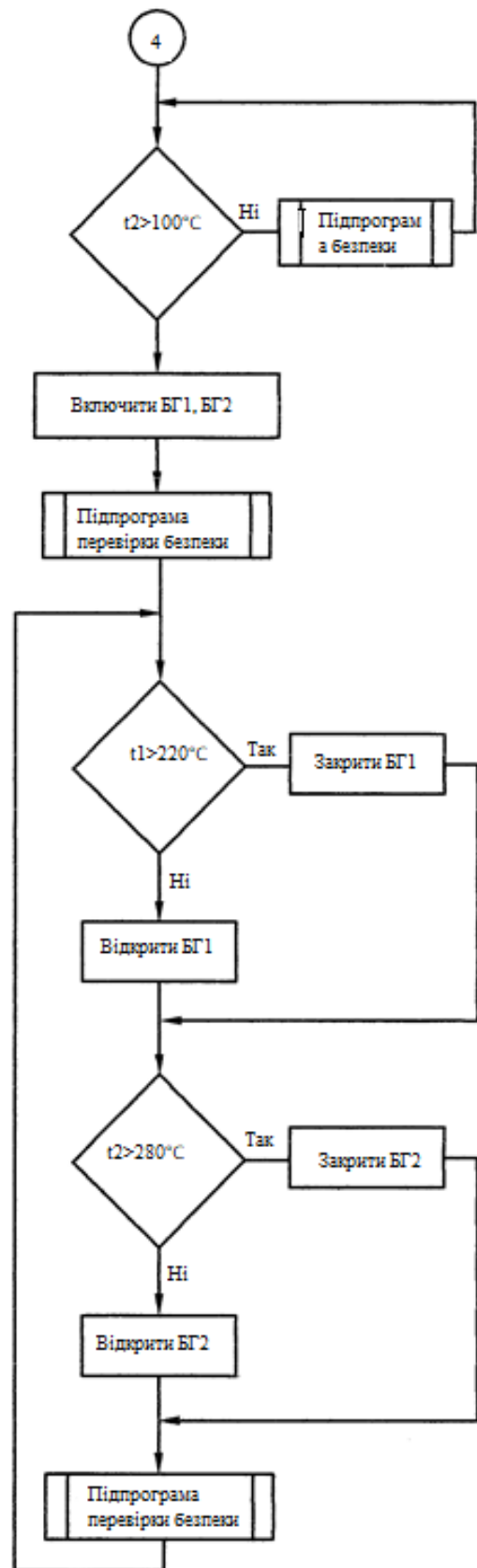
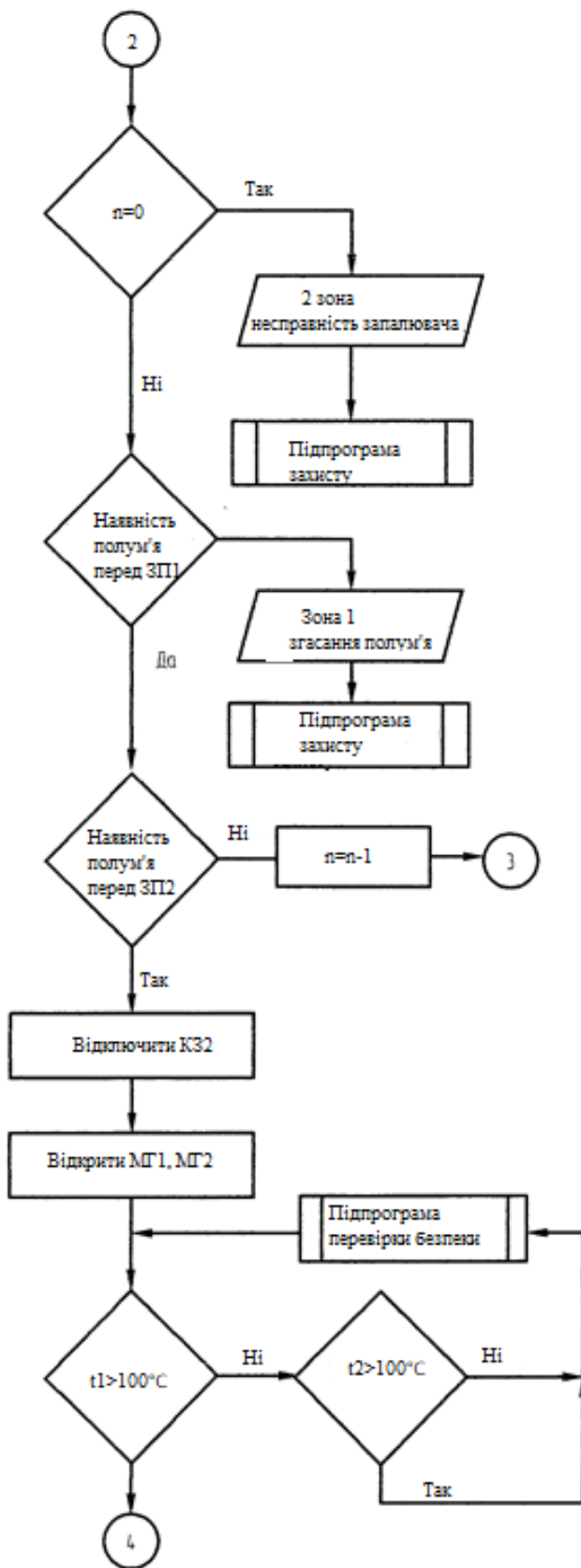


Рисунок 3.5 - Структурна схема основного алгоритму роботи печі



Продовження рисунка 3.5 °C

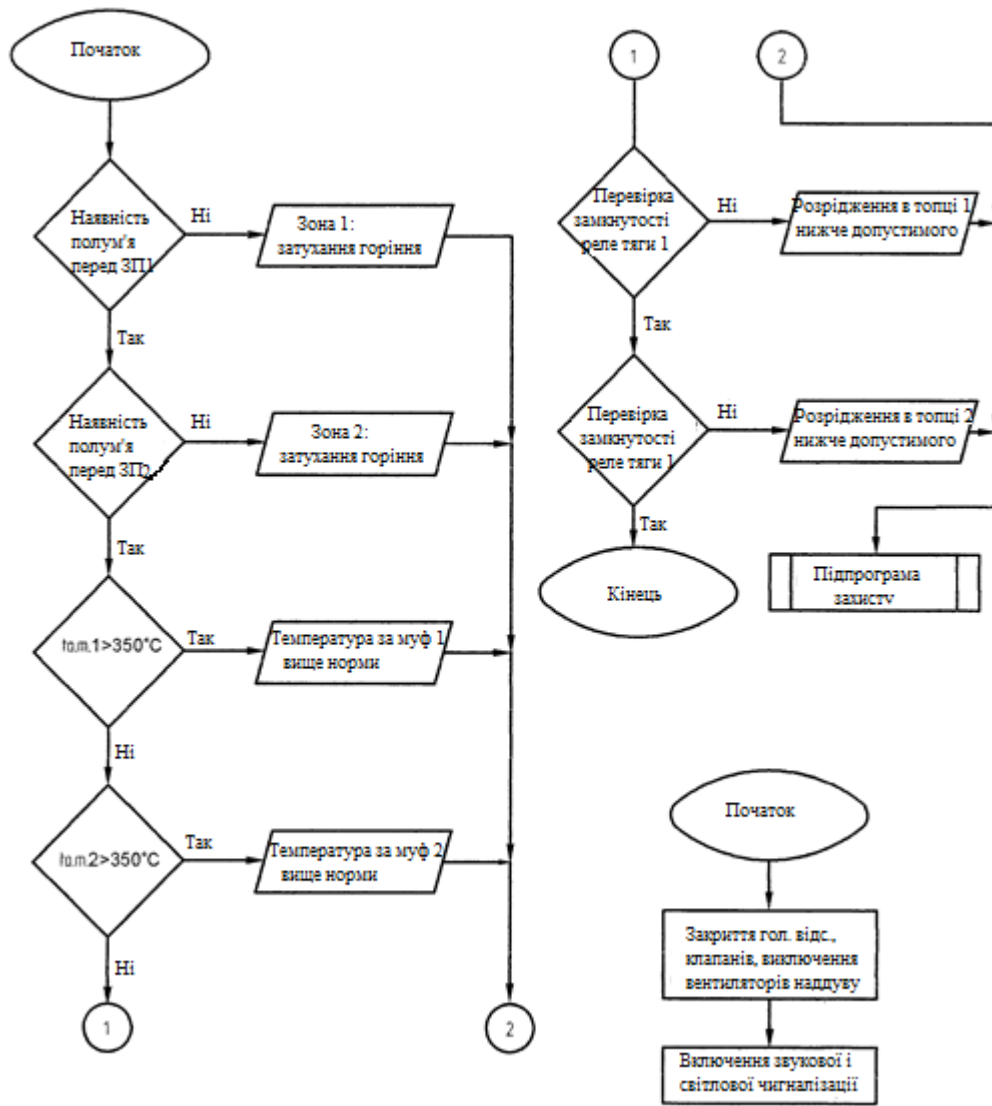


Рисунок 3.6 - Підпрограма контролю безпеки печі та підпрограма захисту



## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації проектованої системи

Дослідження та вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці людини, є одним із найважливіших завдань у розвитку нових технологічних систем виробництва. Основною метою заходів з охорони праці є усунення травматизму та професійних захворювань. Вжиття заходів щодо поліпшення умов праці дає відчутний економічний ефект - підвищується продуктивність праці, зменшуються витрати на відновлення втраченої працездатності.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 небезпечні і шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на такі групи:

- фізично;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічний.

Під час експлуатації розробленої системи автоматичного регулювання температури персонал може зазнавати впливу наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

Фізична група:

- підвищений вміст пилу і газу в повітрі робочої зони;
- підвищення або зниження температури повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може статися в організмі людини;
- недолік або відсутність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;

Хімічна група (дія через дихальні шляхи):

- токсичний;
- дратує;

Під час роботи проекрованої системи відсутні біологічні та психофізіологічно небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Підвищений рівень шуму може бути викликаний як працюючими пальниками печі, рециркуляційними вентиляторами в ній, так і автоматичними вимикачами, електромагнітними клапанами, всілякими реле і деяким іншим обладнанням.

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 загальні вимоги шумової безпеки наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Загальні вимоги безпеки до шуму

Вид діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в октавних смугах із середньгеометричними частотами, дБ, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку
	31.5	63	125	250	500	ОДНА ТИСЯЧА	2000 РК	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях, розташованих в межах підприємства	103	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вібрація — це коливання твердих предметів, особливо машин і механізмів, пічного обладнання тощо. вібрації, що сприймаються тілом людини як тремтіння. Вібрація понад 20 Гц супроводжується чутним шумом. Отже, всі перераховані вище джерела шуму також є джерелом вібрації, через їх щільне кріплення до основи.

Вібрація характеризується наступними параметрами:

- амплітуда переміщення  $A$ , м;
- найбільше відхилення точки гойдання від положення рівноваги, м;
- амплітуда коливання швидкості  $V$ , м/с;
- амплітуда коливання прискорення  $a_m$ , м/с<sup>2</sup>;
- період коливань  $T$ , с;
- частота коливань  $f$ , с<sup>-1</sup>.

Основними нормованими параметрами вібрації є середньоквадратичні значення рівнів віброшвидкості (віброприскорення або вібропереміщення) в октавних смугах із середньгеометричними частотами 2,  $L_v$  (дБ); 4; 8; 16; Виражається як 31,5 і 63 Гц

$$L_v = 201 \text{ г} ( V / V_0 ),$$

де  $V$  – середньоквадратична віброшвидкість, м/с;

Порогова віброшвидкість, що дорівнює  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с. Порогові значення віброприскорення і вібропереміщення становлять  $3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup> і  $8 \cdot 10^{-12}$  м відповідно.

За способом зараження людини розрізняють загальну і локальну вібрацію. Загальна вібрація передається через поверхні до тіла людини, що сидить або стоїть.

Електричні машини та вентилятори відносяться до категорії вібрації за санітарними нормами 3 типу «а» (технологічна вібрація, що передається на робочі місця, що впливає на операторів стаціонарних машин і обладнання або не є джерелом вібрації).

#### 4.2 Аналіз можливих надзвичайних ситуацій та заходів щодо їх запобігання

Під час експлуатації електрообладнання можуть виникнути аварійні ситуації, які можуть призвести до пожежі. Ця аварійна ситуація особливо небезпечна для проектованої системи, оскільки існує ймовірність вибуху газу.

Пожежна небезпека визначається характеристиками сировини, готової продукції, а також характером технологічного процесу.

Борошно, цукор, олія (тваринна і рослинна), крохмаль, хліб і хлібобулочні вироби є легкозаймистими речовинами з різними властивостями займання і самозаймання. Наприклад, температура займання борошна 250 °С, самозаймання 440 °С, нижня межа вибухонебезпечності борошняного пилу в повітрі 10-35 г/ м<sup>3</sup> . Відповідно характеризують цукор, крохмаль та іншу сировину, напівфабрикати і готову продукцію.

Причини пожеж і вибухів можуть бути як електричними, так і неелектричними.

Причинами електричного характеру є:

а) іскри в результаті іскріння, електричних розрядів і ударів блискавки в електричне обладнання та машини;

б) струми короткого замикання та перевантаження провідників можуть спричинити їх перегрів до високих температур, що призведе до займання їх ізоляції;

в) погані контакти в місці з'єднання проводів, коли через великий контактний опір виділяється значна кількість теплоти і різко підвищується температура;

г) електрична дуга між контактами комутаційних апаратів, особливо при неправильній роботі з ними (наприклад, відключення навантаження роз'єднувачем);

д) відповідний захист тощо. перевантаження і вихід з ладу обмоток електричних машин і трансформаторів при їх відсутності.

Неелектричні пожежі та вибухи можуть бути спричинені:

а) пошкодження трубопроводу

б) необережне поводження з вогнем під час подачі газу або експлуатації в невідповідних місцях;

в) паління у пожежо- та вибухонебезпечних середовищах;

г) самозаймання або самозаймання окремих матеріалів.

Вимоги пожежної безпеки ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги».

Персонал, який обслуговує електрообладнання духової шафи, повинен вивчити правила експлуатації та розміщення, місцеві нормативні акти та ознайомитися з приладом та електричним обладнанням духової шафи.

Пожежна безпека об'єкта (в даному випадку це система автоматичного контролю температури хлібобулочних виробів) повинна забезпечуватися системами протипожежної профілактики та протипожежного захисту.

Для усунення причин виникнення пожеж і вибухів проводяться різні заходи - технічні, експлуатаційні, організаційні та режимні /10/.

Технічні заходи, будівництво будівель, опалення та вентиляція, вибір та монтаж електрообладнання та ін. включає дотримання норм пожежної безпеки під час

Оперативні заходи забезпечують правильну технічну роботу електрообладнання.

Організаційні заходи включають навчання персоналу правилам пожежної безпеки, друк необхідних інструкцій та плакатів.

Режимними заходами є обмеження або заборона використання відкритого вогню та куріння у пожежонебезпечних місцях. Виробництво електро- та газозварювальних робіт.

Об'єкт повинен мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання впливу на людину небезпечних факторів пожежі, у тому числі їх вторинних проявів.

У разі пожежі в цеху, де розташовані варильні печі, для запобігання вибуху необхідно автоматично перекрити газ у лінії подачі.

Небезпечними факторами, що впливають на людей і матеріальні цінності, є:

- полум'я та іскри;
- підвищена температура навколишнього середовища;
- токсичні продукти горіння і термічного розкладання;
- знижена концентрація кисню.

До вторинних ознак пожежної небезпеки ураження людей і майна належать:

- частини і частини апаратів, агрегатів, споруд, споруд, що зруйнувалися;
- отруйні речовини і матеріали, що виділяються зі зруйнованих пристроїв і споруд;
- електричний струм, що виникає внаслідок зняття високої напруги з струмопровідних частин конструкцій, апаратів, агрегатів;
- небезпечні фактори вибуху внаслідок пожежі;
- засоби пожежогасіння.

Запобігання пожежі в елементах системи автоматичного регулювання температури при випічці хлібобулочних виробів досягається запобіганням утворенню горючого середовища та недопущенням утворення джерел запалювання у горючому середовищі.

Запобігання утворенню горючої атмосфери забезпечується такими способами:

- максимально можливе використання негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів;
- ізоляція горючого середовища;
- забезпечення безпечної концентрації навколишнього середовища відповідно до норм і правил та інших нормативно-технічних документів і правил техніки безпеки (встановлення детекторів загазованості СМТ - 10);
- максимальна механізація і автоматизація технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;

- встановлення пожежонебезпечного обладнання на відкритих майданчиках, якщо це можливо;

- Використання засобів захисту від пошкоджень та аварій виробничого обладнання, що містить легкозаймисті речовини, відключення, відключення та встановлення інших пристроїв.

Запобігання утворенню джерел запалювання в горючому середовищі досягається за допомогою таких методів:

- використання машин, механізмів, обладнання, пристроїв, під час роботи яких не утворюються джерела займання;

- Застосування електрообладнання, що відповідає пожежо- та вибухонебезпечним зонам, групі та категорії вибухонебезпечної суміші, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.011 та Правил улаштування електроустановок;

- використання швидкодіючих засобів захисного відключення в ланцюзі можливих джерел загоряння;

- підтримання температури нагріву поверхні машин, механізмів обладнання, речовин і матеріалів, які можуть контактувати з горючим середовищем, нижче гранично допустимого значення, що становить 80 % найменшої температури самозаймання палива;

- використання неіскробезпечного інструменту при роботі з легкозаймистими рідинами та горючими газами.

Слід також зазначити, що з метою пожежної безпеки всі газоелектрозварювальні та інші вогневі роботи на енергетичному обладнанні проводяться тільки за нарядом-допуском і лише за наявності первинних засобів пожежогасіння. Перед початком робіт необхідно вжити всіх заходів безпеки, зазначених у Правилах, інструкціях та керівних документах.

#### 4.3 Електробезпека при експлуатації розробленої системи

Запроектowana система автоматичного контролю температури електроустановки до 1000 В.

У виробничих умовах обслуговуючий персонал безпосередньо контактує з металевими деталями, внаслідок чого виникає ризик ураження електричним струмом у разі погіршення ізоляції та передачі напруги на металеві конструкції.

Накопичені заряди статичної електрики, викликані тертям частинок борошна об стінки трубопроводів під час транспортування, небезпечні. Заряди можуть досягати високих потенціалів, які можуть спричинити вибух і пожежу.

Не менш небезпечним є утворення статичних електричних зарядів на обладнанні внаслідок витoku струму з струмоведучих частин із незадовільним станом ізоляції.

Все електрообладнання заземлено, щоб уникнути ураження електричним струмом.

Заземлення обладнання здійснюється відповідно до вимог «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» та галузевих нормативних документів.

Принципова схема захисного заземлення в колах трифазного струму наведена на рисунку 4.1.

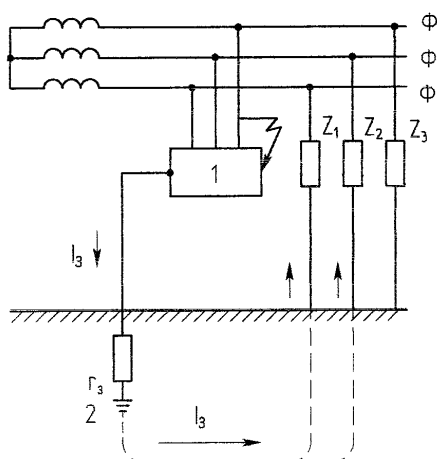


Рисунок 4.1 - Принципова схема захисного заземлення в ланцюгах трифазного струму: 1 - заземлене обладнання, 2 - захисне заземлення,  $r_0$  і  $r_Z$  - робочий опір і захисне заземлення.



Небезпечними і шкідливими діями для персоналу, який обслуговує електроустановки до 1000 В, є вплив електричного струму, електричної дуги і електромагнітних полів, які проявляються у вигляді травм і професійних захворювань.

Ступінь небезпечного та шкідливого впливу на людину електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів залежить від: /9/

- вид і величина напруги і струму;
- частота електричного струму;
- шляхи струму через тіло людини;
- тривалість впливу на організм людини електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів;
- екологічні умови.

Стандарти допустимих струмів і напруг в електроустановках повинні бути встановлені та затверджені відповідно до максимально допустимих рівнів впливу струмів і напруг контакту з людиною.

Вимоги електробезпеки при дії електричних полів промислової частоти по ГОСТ 12.1.002-84, при дії електромагнітних полів радіочастот по ГОСТ 12.1.006-84.

Необхідно забезпечити електробезпеку:

- проектування електроустановок;
- технічні способи засобів захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Електроустановка та її складові частини повинні бути спроектовані таким чином, щоб вони не наражали на працівників шкідливу дію електричного струму та електромагнітних полів і відповідали вимогам електробезпеки.

Вимоги (правила і норми) електробезпеки щодо проектування та влаштування електроустановок повинні бути встановлені в стандартах Системи стандартів охорони праці, а також у стандартах і технічних умовах на електротехнічну продукцію.

Технічні способи і засоби захисту, що забезпечують електробезпеку, повинні встановлюватися з урахуванням наступного:

- номінальну напругу, рід струму та частоту електроустановки;
- спосіб живлення (від стаціонарної мережі, від автономного електропостачання);
- нейтральний режим (середня точка) джерела живлення (ізольована, заземлена нейтраль);
- вид виконання (стаціонарний, пересувний, переносний);
- умови навколишнього середовища (особливо небезпечні об'єкти; будівлі підвищеної небезпеки; будівлі без підвищення небезпеки; на відкритому повітрі);
- можливість зняття напруги зі струмоведучих частин, на яких або поблизу яких необхідно проводити роботи;
- характер можливого контакту людини з елементами кола струму (однофазний або двофазний контакт; дотик до металевих частин, по яких не проходить струм під напругою);
- можливість наближення до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, на менше допустимої відстані або входження в зону поширення струму;
- види робіт (монтаж, налагодження, випробування, експлуатація електроустановок, що здійснюються в області електроустановок, у тому числі в області повітряних ліній електропередач).

Для захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати наступні методи та засоби:

- захисні оболонки;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна);
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- низька напруга;

- захисне відключення;
- попереджувальний сигнал, блокування, знаки безпеки;

Відповідно до ГОСТ 12.1.019-79 для захисту від ураження електричним струмом при дотику до неструмових електричних частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції:

- захисне заземлення;
- скинути;
- вирівнювання потенціалів;
- система захисних проводів;
- захисне відключення;
- ізоляція неструмоведучих частин
- електричне розділення мереж;
- компенсація замикань на землю;
- контроль ізоляції;
- індивідуальні засоби захисту.

Технічні методи та засоби застосовуються окремо або в поєднанні один з одним для забезпечення оптимального захисту.

Під час роботи нашої системи використовуються такі засоби захисту від ураження електричним струмом:

- захисне заземлення;
- захисне відключення;
- контроль ізоляції.

Для забезпечення безпеки праці в діючих електроустановках необхідно вжити наступних організаційних заходів:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і виробництво робіт;
- виконання замовлення або замовлення на виробництво роботи;
- доступ до роботи;
- організація господарського нагляду;
- припинення трудових відносин, перерви в роботі, оформлення переведення на інші місця роботи.

Крім того, для забезпечення безпеки роботи в діючих електроустановках необхідно вжити наступних технічних заходів:

- відключення установки (частини установки) від електроживлення;
- механічне блокування приводів відключених пристроїв зв'язку, зняття запобіжників, від'єднання кінців живильних ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість подачі несправної напруги на робоче місце;
- встановлення запобіжних знаків та огорожень струмопровідних частин, що залишаються під напругою, до яких під час роботи можна торкнутися або наблизитися з неприпустимої відстані;
- неявне заземлення (відкриті ножі заземлення або перекривання портативного заземлення);
- огороження робочого місця та розміщення обов'язкових знаків безпеки.

Під час роботи на струмоведучих частинах і поблизу них слід проводити тільки паралельно і не менше двох осіб із застосуванням засобів електрозахисту під постійним наглядом, забезпечуючи виконання робіт і безпечно розміщення застосовуваних механізмів. і пристроїв.

## **ВИСНОВКИ**

У кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматичного контролю температури духової шафи. Існуючу систему контролю температури було модернізовано та замінено одним мікроконтролером Simatic S7-200 . Усі релейно-контакторні схеми, які були частиною старої системи, також були замінені запропонованим мікроконтролером.

Регулювання розрідження в пічних топках автоматизовано на базі мікропроцесорного контролера УЗОР-Д2.

Крім того, пояснюється вибір відсутніх елементів для систем керування та підключення встановленого обладнання до нової системи. За допомогою програми PSM було складено математичну модель системи та створено її динамічні властивості, що дозволило наочно показати зміну параметрів нової системи.

Розроблено алгоритм автоматичної роботи печі та складено структурну схему.

Проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливих виробничих чинників при експлуатації системи термостатування, аналіз інженерно-технічних рішень, прийнятих для мінімізації небезпек і шкідливих факторів. .

Для успішного виведення системи на ринки були обрані основні аспекти стратегії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, В.В. Левицький, Р.І. Королюк – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 84 с.
2. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник / Куцик А., Місюренко В.. — Львів: Львівська політехніка, 2011. — 200 с.
3. "Automation in the Food Industry" (Автоматизація в харчовій промисловості) - ред. L. Eriksson, A. Bengtsson, R. B. Gustavsson, та ін.
4. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
5. Каталог продукції фірми Siemens . 2004 152 стор.
6. Навчальний курс Siemens Simatic S7. Програмування . Курс ST-7PRO1/ST-7PRO2. 458 стор .
7. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
8. Губський А. І., Цивільна оборона.- К.: Міністерство освіти, 1995. - 216 с.
9. Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
10. Губський А.І. Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.
11. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.