

Кондришин Юрій Ярославович

Телішко Ігор Михайлович

Розробка та дослідження системи автоматизованого керування процесом
випікання вафельних виробів в тунельній печі

Керівник: доц. Голотенко О.С.

Development and study of an automatic control system for wafer products baking
in a tunnel oven

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить ___ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає ___ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – ___ друкованих сторінок формату А4.

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується ___ рисунків та ___ таблиць з даними.

В роботі використано ___ літературних джерел.

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування тунельною піччю для випічки вафельних виробів.

В результаті виконання роботи було розроблено автоматизовану систему керування на базі ПЛК Mitsubishi FX3G, обрано усі давачі та виконавчі механізми.

Було проведено дослідження автоматизованої системи з використанням багатовимірного чіткого регулятора з інтервального невизначеністю. На основі створеної системи було розроблено мнемосхему процесу керування.

Ключові слова: ТЕМПЕРАТУРА, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, НАГРІВ, ТУНЕЛЬНА ПІЧ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. <i>Особливості застосування заміників яєчної маси при приготуванні тіста.....</i>	<i>7</i>
1.3. <i>Печі тунельного типу хлібопекарські.</i>	<i>10</i>
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1. <i>Опис технологічного процесу на лінії випічки вафельних листів</i>	<i>16</i>
2.2. <i>Технічні характеристики лінії.....</i>	<i>17</i>
2.3 <i>Підключення лінії випічки до мереж</i>	<i>18</i>
2.4. <i>Конструкція печі.....</i>	<i>21</i>
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
3.1. <i>Обґрунтування вибору КТС АСУТП</i>	<i>24</i>
3.2. <i>Обґрунтування вибору контролера і додаткових модулів</i>	<i>24</i>
3.3. <i>Обґрунтування вибору польового обладнання.....</i>	<i>27</i>
3.4. <i>Опис схеми автоматизації.....</i>	<i>31</i>
3.2. <i>Опис принципової схеми електроживлення</i>	<i>35</i>
3.3. <i>Опис принципової схеми з'єднань</i>	<i>35</i>
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	39
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	48
5.1. <i>Розробка мнемосхеми системи керування.....</i>	<i>48</i>
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
6.1 <i>Організація охорони праці при роботі з системою управління</i>	<i>50</i>
6.2 <i>Електробезпека</i>	<i>52</i>
6.3 <i>Розрахунок заземлення</i>	<i>55</i>
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ.....	59

ВСТУП

З численних галузей промисловості саме харчова промисловість в останні роки, має тенденцію до постійного зростання. Все менше на прилавках магазинів з'являється продукції зарубіжних виробників і все більше товарів вироблених в нашій країні. Після досить тривалого періоду простою наша харчова промисловість виходить на рівень світових стандартів. Це зажадає впровадження автоматизації на всіх підприємствах харчової промисловості.

На відміну від машинобудування, автоматизація харчової промисловості ускладнена різною відмінністю харчових підприємств один від одного, і загальних технологічних рішень між хлібопекарським і рибоконсервним комбінатом, не може бути в принципі. Таким чином, для автоматизації харчового виробництва розробляється своя АСУ ТП з жорстким алгоритмом. Звичайно, є системи, які можна інтегрувати в будь-яке харчове виробництво.

Як приклад можна привести АСУ ТП «Ваговий потік», яка успішно використовується на багатьох підприємствах харчової промисловості, але ця автоматизована система не має ніякого відношення до продукції, що випускається, а здійснює весь комплекс процедур пов'язаний з вхідними та вихідними транспортними засобами. Зважування, фіксацію номерів транспортних засобів, підготовку і оформлення бухгалтерських документів.

Безпосередньо в цехах, на підготовчих та основних виробництвах по випуску харчової продукції, працюють свої автоматизовані системи з спеціалізованим програмним забезпеченням.

Наприклад, сучасний молочний комбінат має кілька виробничих ліній - це виробництво сиру, сметани, кефіру та інших продуктів. Саме на цих ділянках присутність людини у виробничих зонах вкрай небажана, так як

виробництво стерильне. Це один із прикладів, коли автоматизація харчового виробництва наближається до 100%, - за допомогою відео камер диспетчер може спостерігати будь-яку стадію технологічного процесу, до нього на пульт надходить вся інформація від численних датчиків.

Сюди входять не тільки дані про температуру і тиск, а й результати хімічних експрес-аналізів. У разі необхідності черговий диспетчер може призупинити процес виробництва або змінити якісь параметри дистанційно. Спеціаліст може увійти в стерильну зону тільки в самому крайньому випадку.

Автоматичні пристрої постійно здійснюють біохімічний аналіз не тільки сировини, але і повітря в приміщеннях. На всіх підприємствах харчової промисловості рівень автоматизації виробництва досить високий. Така ж ситуація і на підприємствах виробляють лікарські препарати.

Для вирішення завдань пов'язаних з обробкою документації, фінансовим плануванням, контактами з постачальниками і замовниками, використовується програма «1С: Управління виробничим підприємством», але як базис, а для конкретного підприємства вносяться корективи і зміни.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Вафельні вироби на вітчизняний ринок постачають в основному вітчизняні виробники. Попит на цю продукцію в цілому високий і стабільний. У нашій країні популярні вафельні торти і вафлі з начинками, основою для виробництва яких є вафельний лист. Удосконалення технології та створення економічно вигідних рецептур вафельного листа залишається пріоритетним завданням. Вафельне тісто є слабоструктурованою дисперсною системою. Введення в рецептуру компонентів, що володіють поверхневою активністю (яєчних продуктів, фосфоліпідів, моногліцеридів) сприяє стабілізації вафельного тесту, зниження його в'язкості і одержанню виробів з специфічними хрусткими властивостями. У більшості відомих рецептур застосовуються яйцепродукти, але їх поверхнева активність проявляється тільки при значній кількості (понад 90 кг на тонну напівфабрикату). Даний компонент є економічно витратним для виробника. Цікавим є створення комплексних покращувачів з високою ефективністю, що знижують собівартість готових виробів. У цьому плані найбільш перспективні композиції на основі лецитину.

1.1. Особливості застосування заміників яєчної маси при приготуванні тіста

Розрахунок значень гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ).

Значення ГЛБ характеризує такі технологічні властивості покращувачів, як здатність до диспергування у водному середовищі і емульгуючу здатність. У роботі [9,10] досліджували вплив стандартного рідкого 7 лецитину (надалі - лецитин) в дозах 10-50% на зміну ГЛБ КУ, до складу якого входить «Паста для збивання» і лецитин. результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Величини ГЛБ досліджуваних покращувачів вафельного тіста

Емульгатор	ЛГБ	Поведінка у водному середовищі
Лецитин	4,1	Не диспергується
Паста для збивання	7,7	Утворює дисперсію від напівпрозорої до прозорої
КУ з вмістом 10% лецитину	7,3	Утворює стабільну дисперсію
КУ з вмістом 20% лецитину	7,0	Утворює стабільну дисперсію
КУ з вмістом 30% лецитину	6,6	Утворює дисперсію після інтенсивного перемішування
КУ з вмістом 40% лецитину	6,3	Утворює дисперсію після інтенсивного перемішування
КУ з вмістом 50% лецитину	5,9	Утворює дисперсію після інтенсивного перемішування

Додавання лецитину в «Пасту для збивання» кілька знижує її гідрофільні властивості. При змісті 10-20% лецитину КУ мають числа ГЛБ в інтервалі 7-8 і стабілізують як прямі, так і зворотні емульсії. З збільшенням дозування лецитину до 30-50% КУ мають більшою мірою гідрофобні властивості і стабілізують зворотні емульсії. Керуючись вимогами до здатності покращувача диспергувати в воді і стабілізувати емульсії типу

«масло у воді», для застосування в вафельному тісті оптимальними є зразки КУ з вмістом 10-20% лецитину.

Визначення емульгуючої здатності.

Висока емульгуюча здатність покращувача обумовлює однорідність і агрегативну стійкість вафельного тесту, отже і якісні характеристики готових виробів. Дослідження проводили на модельних системах (співвідношення масла і води становило 50%: 50%). Дозування КУ з ГЛБ від 5,9 до 7,3 склали 1-3% до загальної маси емульсії.

Встановлено, що:

- Комплекс емульгаторів, що входять до складу «Пасти для збивання» (Контрольний зразок) не стабілізує даний вид емульсії, що пояснюється його високим числом ГЛБ = 7,7 і здатністю до стабілізації емульсій з більш високим вмістом водної фази. Паста для збивання сприяла сильному насиченню досліджуваної системи повітрям.

- Лецитин (контрольний зразок) формує і стабілізує даний вид емульсії, що пояснюється порівняно низьким числом ГЛБ = 4,1 і здатністю стабілізувати емульсії типу «вода в маслі». Зі збільшенням дозувань лецитину від 1% до 3% стійкість емульсії підвищується від 62,0% до 95,0. Емульсії з лецитином мають однорідну структуру.

- Зі зменшенням ГЛБ досліджуваних КУ насиченість системи повітрям знижувалася, а стійкість емульсії збільшувалася. стійкість емульсій при збільшенні дозувань лецитину в складі КУ від 10% до 50% зростала від 52,0% до 63,0% (при вмісті 2% КУ до маси емульсії). При використанні КУ з ГЛБ 6,6-7,0 стійкість складала 54,0-58,0%. завдяки наявності «Пасти для збивання» емульсія була помірно насичена повітрям в кількості 13% до загального обсягу. Сильне насичення вафельного тесту повітрям призводить до збільшення його в'язкості, що ускладнює формування і збільшує кількість відходів. Для забезпечення однорідності вафельного тесту і помірною аерації

повітрям оптимальними є КУ з вмістом 20-30% лецитину (ГЛБ 6,6-7,0). При цьому стійкість емульсії склала не менше 50%.

Визначення показника дисперсності емульсії.

Збільшення дисперсності емульсії обумовлює рівномірний розподіл жиру в складі вафельного тесту, поліпшення його однорідності. У модельних системах досліджували розмір жирових кульок при утриманні КУ 2% до загальної маси емульсії. На підставі отриманих даних побудовано графік залежності діаметра жирових кульок від ГЛБ КУ. При утриманні лецитину (х) від 10 до 50% залежність дисперсності можна описати за допомогою лінійного рівняння: $y = 0,235x - 1,19$. Зі збільшенням дозування лецитину з 10% до 50% (Зменшенням його ГЛБ) відбувається збільшення діаметра жирових кульок емульсії від Діаметр жирових кульок при використанні в емульсії чистого лецитину становить $16,0 \cdot 10^{-6}$ м.

1.3. Печі тунельного типу хлібопекарські.

Тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м).

Тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м) циклометричні тунельні стрічкові печі з шириною стрічки від 1,5 до 4 м є найпоширенішими типами печей. Призначені як для високих обсягів виробництва, так і для випічки всіх традиційних і ексклюзивних видів хлібопекарських виробів. Тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м) тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м) тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м) тунельні хлібопекарські печі J4 стандарт (1,5 - 4 м).

Тунельні печі стандартно оснащені зоною парозволоження, в залежності від виду виробництва оснащені гідравлічним натяжним пристроєм стрічки випічка можлива безпосередньо на поді або в формах, а також на деках

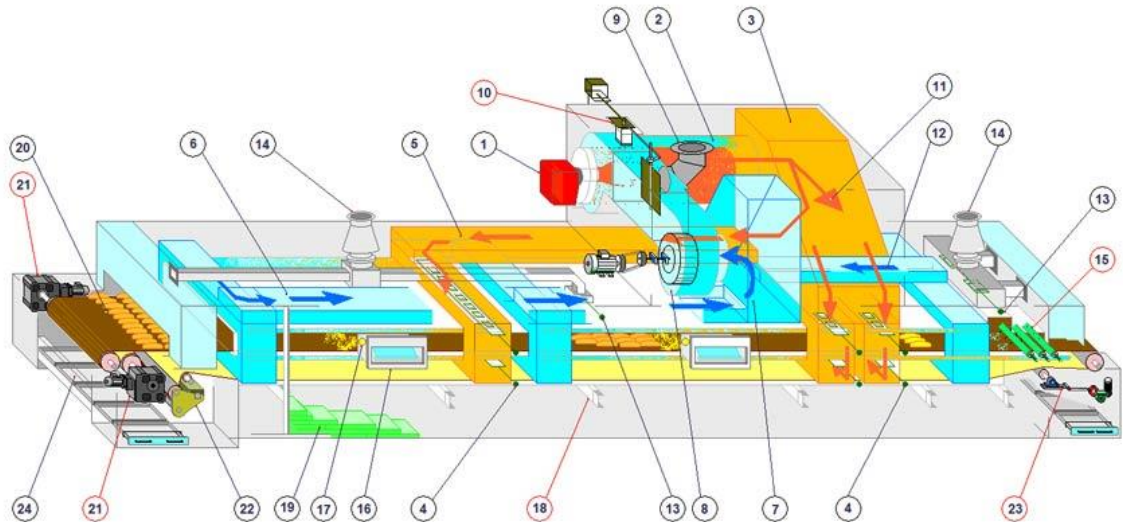


Рисунок 1.1 - Аксонометричний розріз зразка стандартної тунельної однобаштової печі.

На рисунку 1.1 цифрами позначено: 1 - пальник; 2 - пальникова камера; 3 - камера змішувача; 4 - регулювання температури в верхньому і нижньому радіаторах; 5 - розподільний канал гарячих продуктів; 6 - поворотний канал охолоджених продуктів згоряння; 7 - збірна камера охолоджених продуктів згоряння; 8 – циклотермічний вентилятор опалювальної системи з керованими оборотами; 9 - газовідводячий канал продуктів згоряння з опалювальної системи; 10 - запобіжна віддушину; 11 - гарячі продукти згоряння; 12 - охолоджені продукти згоряння; 13 - заслінка регулювання відведення зайвого пара з пічної камери; 14 - газовідводячий канал відводу пара з пічної камери; 15 - подвійні нержавіючі парові трубки, що забезпечують 100% відділення конденсату; 16 - оглядове віконце; 17 - освітлення пічної камери; 18 - балка з ізоляційною прокладкою; 19 - Термоізоляція; 20 - транспортна сітчаста стрічка; 21 - насувна коробка передач приводу стрічки; 22 - механічний натягач для натягування стрічки за допомогою гирь 23 - бічне регулювання стрічки; 24 - висувні вловлювачі бруду.

Тунельні хлібопекарські печі J4 вузькі (0,6 - 1,4 м)

Тунельні хлібопекарські печі вузькі (0,6 - 1,4 м) циклотермічні тунельні стрічкові печі з шириною стрічки від 0,6 до 1,4 м призначені, головним чином, для пекарень і кондитерських фабрик по виробництву печива, кексів, бісквітів, бісквітних листів, пряників.

Тунельні хлібопекарські печі вузькі (0,6 - 1,4 м) тунельні хлібопекарські печі вузькі (0,6 - 1,4 м) вузькі тунельні печі можливо постачати як із зоною парозволоження, так і без неї в залежності від виду виробництва можна вільно комбінувати з системою прямого нагріву або конвекційною частиною нагріву застосовуються також для виробництва звичайних хлібобулочних виробів.

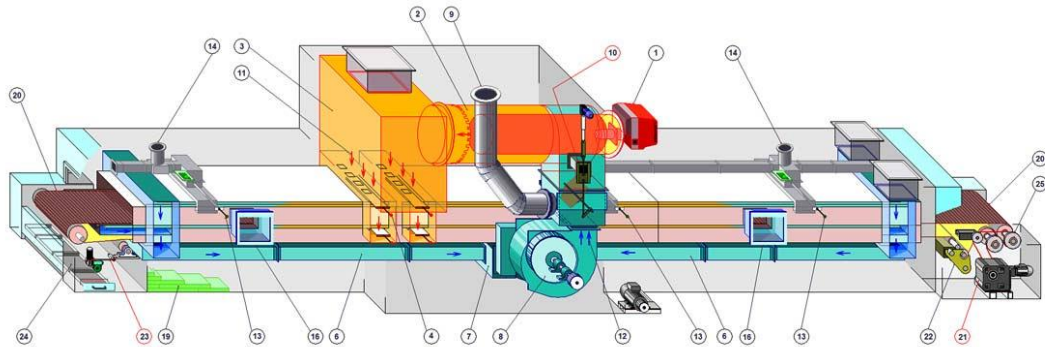


Рисунок 1.2 - Аксонометричний розріз зразка вузької тунельної однобаштового печі.

На рисунку 1.2 цифрами позначено: 1 - пальник; 2 - пальникова камера; 3 - камера змішувача; 4 - регулювання температури у верхніх і нижніх радіаторах; 5 - поворотний канал охолоджених продуктів згоряння; 6 - збірна камера охолоджених продуктів спалювання; 7 – циклометричний вентилятор опалювальної системи з керованими оборотами; 8 - відведення продуктів згоряння; 9 - запобіжна віддушина; 10 - гарячі продукти згоряння; 11 - охолоджені продукти згоряння; 12 - заслінка регулювання відведення зайвого пара з пічної камери; 13 - відвід пару; 14 - оглядове віконце; 15 - сітчаста транспортна стрічка; 16 - коробка передач приводу стрічки; 17 - механічний

натягач; 18 - бічне регулювання стрічки; 19 - висувні вловлювачі бруду; 20 - ланцюгова передача.

Тунельні хлібопекарські печі двоповерхові

Двоповерхові тунельні печі застосовуються, головним чином, в пекарнях невеликих розмірів, в яких не можна помістити стандартну піч необхідної потужності через її довжини. Вони призначені як для випічки всіх звичайних видів тесту, так і для виробництва нестандартних хлібобулочних виробів.

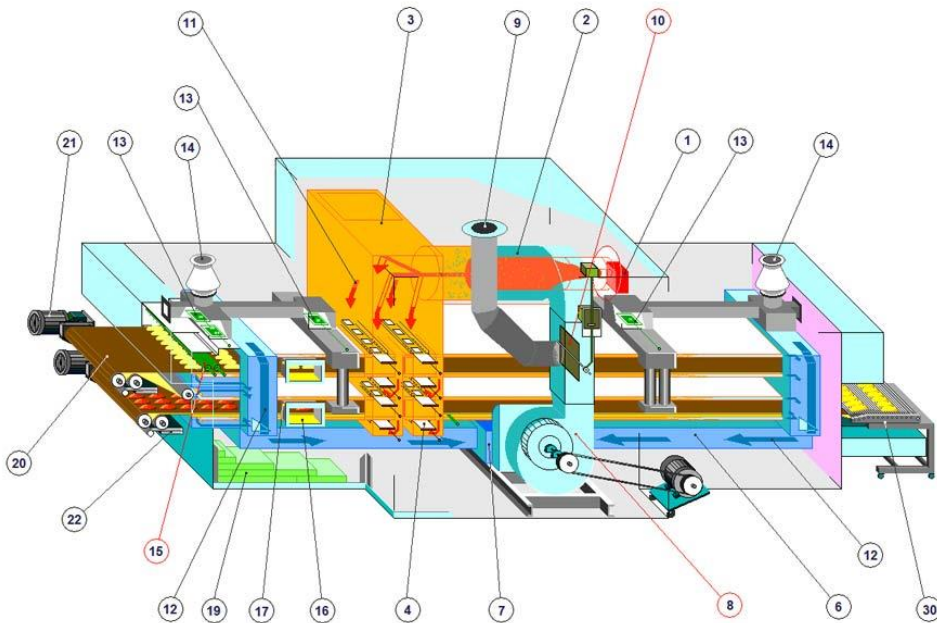


Рисунок 1.3 - Тунельна хлібопекарська піч двоповерхова.

На рисунку 1.3 цифрами позначено: 1 - пальник; 2 - пальникова камера; 3 - камера змішувача; 4 - регулювання температури у верхніх і нижніх радіаторах; 5 - поворотний канал охолоджених продуктів згоряння; 6 - збірна камера охолоджених продуктів згоряння; 7 - ціклотермічний вентилятор опалювальної системи з керованими оборотами; 8 - газоотводящий канал продуктів згоряння з опалювальної системи; 9 - запобіжна віддушину; 10 - гарячі продукти згоряння; 11 - охоложені продукти згоряння; 12 - заслінка

регулювання відведення зайвого пара з пічної камери; 13 - відвід пару; 14 - подвійні парові трубки з нержавіючої сталі, що забезпечують 100% сепарацію конденсату; 15 - оглядове віконце; 16 - освітлення простору випічки; 17 - термоізоляція; 18 - транспортна сітчаста стрічка; 19 - агрегат приводу стрічки з керованими оборотами; 20 - механічне натягування стрічки; 21 - роликівий транспортер пересаджування хліба;

Двоповерхові тунельні печі поставляються в стандартній ширині (від 1,5 до 4 м) і в вузькому варіанті (від 0,6 до 1,4 м) можуть бути оснащені зоною парозволоження на одному або на шпалерих поверхах можливо випікати вироби на обох поверхах паралельно. Піч можна використовувати для випічки як одного вигляду виробу, так і декількох. Можливо встановлювати різний час випічки на обох поверхах, з огляду на необхідну температуру для заданого виду виробництва. Печі можуть бути циклотермічні, при використанні різних видів газоподібного і рідкого палива, або з електричним обігрівом.

Електричні хлібопекарські печі тунельного типу

Електричні тунельні стрічкові печі виробляються зі стандартною шириною від 0,6 до 4 м (в інтервалах по 0,1 м).

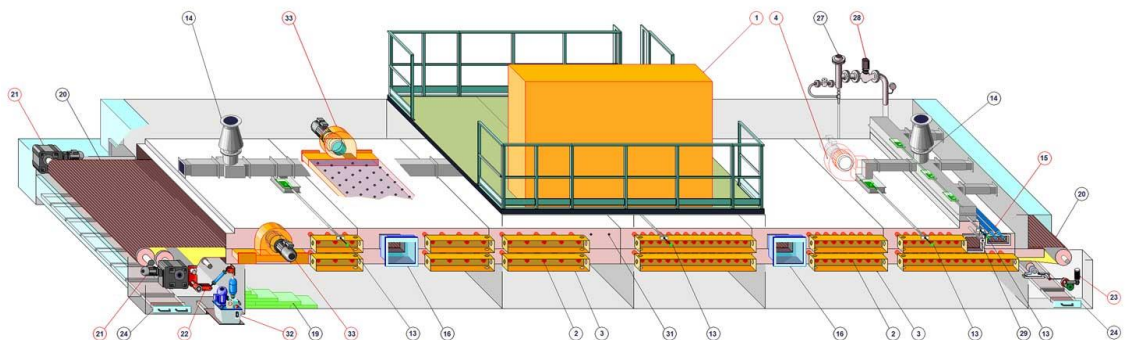


Рисунок 1.4 - Електрична хлібопекарська піч тунельного типу.

На рисунку 1.4 цифрами позначено: 1 - головний токораспределітелем печі; 2 - нагрівальні елементи; 3 - шафа електричного з'єднання нагрівальних

елементів; 4 - заслінка регулювання відведення зайвого пара з пічної камери; 5 - відвід пару; 6 - подвійні парові трубки з нержавіючої сталі, що забезпечують 100% відділення конденсату; 7 - оглядове віконце; 8 - термоізоляція; 9 - сітчаста транспортна стрічка; 10 - коробка передач приводу стрічки; 11 - гідравлічне натягач стрічки; 12 - бічне регулювання стрічки; 13 - висувні вловлювачі бруду; 14 - підвід пари з парообразователя; 15 - запірний клапан підведення пари 16 - регулювання тефлонового екрану; 17 - вимір температури в пічної камері; 18 - гідравлічний агрегат; 19 - вентилятор дуотерма (турбулентність).

Електричні тунельні печі можуть бути двох (і більше) поверховими. Поставляються з зоною пароувлажнення або без неї. При необхідності можливе доукомплектовувати піч необхідними модулями. Можливо випікати ті ж вироби, що і в печах моделей стандарт.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Опис технологічного процесу на лінії випічки вафельних листів

Об'єктом є тунельна, конвеєрна піч безперервної дії з газовим обігрівом. У тунельної печі всередині пекарної камери розташований у безперервному русі конвеєр з формами (візками) для випічки вафельних листів. Тунельна піч призначена для випічки будь-яких видів плоских вафель і низьких вафель-трубочок.

Опис процесу випічки

Вихідна суміш (тісто) відправляється по трубах в ємність для тіста. З форсунок тісто рівними потоками виливається на розпечені плити (вагонетки) і закривається другою частиною плити. Піч налаштована таким чином, що потоки тіста потрапляють тільки на розпечені плити. Швидкість пересування плит на транспортері регулюється за допомогою частотного перетворювача.

Плити проходять 5 зон печі при різних температурах: 1 зона - до 200 °С, 2 зона - до 230 °С, 4 зона - до 230 °С, 5 зона - до 200 °С. У зоні 3 знаходяться пальники, в цій зоні максимальна температура (в залежності від виду вафель) може досягати 280 °С. Для рівномірного розподілу тепла від пальників піч забезпечена вентиляторами (повітропродувка нагріву).

Готові вафельні листи надходять на пристрій для їх прийому. Відразу після виходу з вафельної печі вафельні листи піддаються перевірці фоторелейними бар'єрами, які перевіряють:

- Чи зняті вафельні листи з кожної вафельної візки.
- Чи відповідають вафельні листи цілісності і формі.

Неповні або недокатані вафельні листи виводяться з вафельної лінії по відхиленій планці. А перевірені якісні листи відправляються на віяловий охолоджувач.

Звільнені плити проходять через чистящі щітки і продуваються стисненим повітрям.

Загальний вид печі приведено на рис. 2.1.

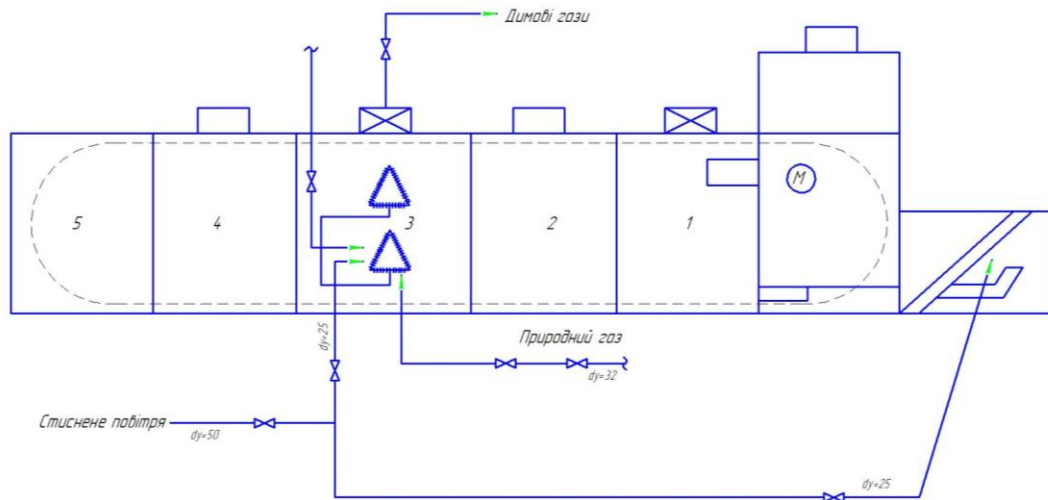


Рисунок 2.1 – Узагальнена схема тунельної печі

2.2. Технічні характеристики лінії

Кількість вафельних візків	64
Крок ланцюга (1)	375
Формат пекарних плит	340 x500
Встановлена напруга (кВт)	
Головний привід	4,0
Насос для тіста	0,55
Повітродувка нагріву	0,9
Охолодження ходових коліс	
Пристрій для прийому вафельних листів	2x0,37 + 1 x0,12
Очисний пристрій	0,55

Вентилятор витяжки	0,5 + 4,0
Похилий транспортер	-, -
Горизонтальний транспортер	-, -
Дробарка для відходів	-, -
Витрата газу (м ³ / год) (2)	16 ± 1
Витрата стисненого повітря	36,0 Нм ³ / год
Розміри	
довжина	12828
Ширина В	2183
Висота Н	2220

1) В якості кроку ланцюга вафельних візків приймається відстань від передньої кромки однієї вафельної візки до передньої кромки, наступної за нею вафельної візки.

2) Фактично витрата газу залежить від рецептури, розміру вафельного листа і температури згоряння газу, який використовується.

Наприклад: природний газ = 9000 ккал / м³; МДж / год x 239 = ккал / год.

3) Маса обладнання в стандартному комплекті поставки; можливі відхилення в залежності від формату плит та іншого індивідуального оснащення.

2.3 Підключення лінії випічки до мереж

Електричні з'єднання.

Лінія живлення:

Необхідні вхідні запобіжники вказані на схемі електричних з'єднань розподільної шафи вафельної печі. Поперечний переріз кабелю живлення має

відповідати номінальному току вхідних запобіжників або місцевим нормативам.

У зв'язку з відмінностями в звичайних місцевих кабель для з'єднання машини з комутаційним шафою в комплект поставки не входить!

Підключення газу.

Живлення газопроводу

Мінімальний діаметр 50 мм, поставляється заводом з газовим запірним краном.

Приєднувальний розмір:

Відповідний приварний фланець для газової лінії клієнта і відповідне ущільнення входять в комплект поставки.

Тиск газу на вході:

Мін. 400 мм вод. Ст. (0,04 бар),

Макс. 4000 мм. Вод. Ст. (0,4 бар),

якщо в замовленні не вказано інший тиск газу на вході.

При використанні зниженого газу передбачити регулятор попереднього тиску, якщо він не був включений в замовлення.

Тиск газу в системі:

200 мм вод. ст. (20 мбар); хв. 150 мм вод. ст. (15 мбар)

Підключення до мережі стисненого повітря.

Приєднувальний розмір:

Внутрішня різьба До 1/2 ", з поставляється заводом запірним краном.

Необхідний тиск стисненого повітря: хв. 6 бар

Необхідну якість стисненого повітря:

Без масляної пари, очищений і зневоднений.

Лінія відведення випару відпрацьованих газів.

Відповідні витяжні вентилятори є на кондитерській фабриці.

Наведемо приклад розрахунку обсягу відведеного газу:

Розрахувати площу однієї плити і помножити на 0,00082. Отриманий результат, що відповідає кількості газу в м³, що відводиться від одного вафельного візка за годину, помножити на кількість вафельних візків.

приклад:

Формат плити 340 мм x 500 мм,

$340 \times 500 = 170000 \text{ мм}^2$ $170000 \times 0,00082 = 139,4 \text{ м}^3 / \text{год.}$

$139,4 \text{ м}^3 / \text{год.} \times 64 \text{ ваф. візки} = \text{близько } 8922 \text{ м}^3 / \text{год.}$

Температура відведеного газу: близько 250 °С

Необхідне розрідження в системі:

10 мм вод. ст., заміряне на рівні 200 мм над виходом газу з вафельної печі.

Приєднувальний розмір:

Зовнішній діаметр 320 мм, машина з регульованими дросельними заслонками; кількість і стан витяжних отворів приведена на рис. 2.1.

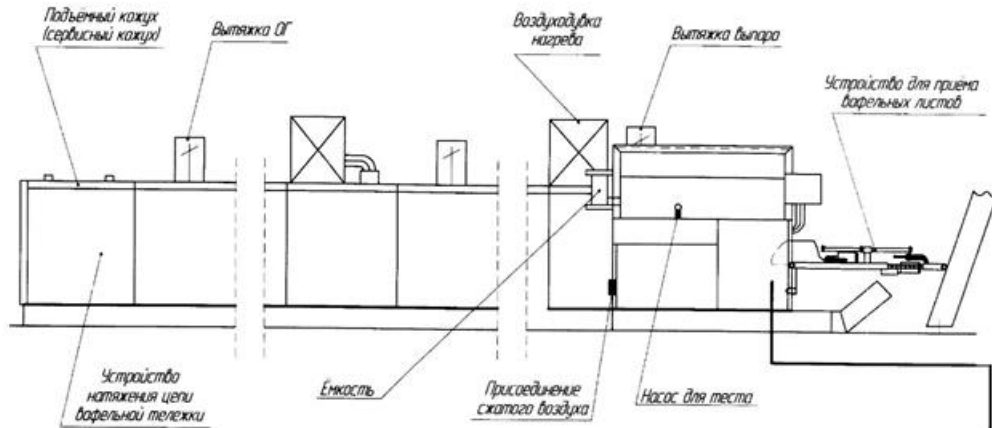
Гази, що відводяться з вафельної печі, містять також агресивні компоненти. При недостатній продуктивності системи відводу це може привести до корозії машини. Для запобігання утворенню корозії витяжні труби необхідно оснастити водороздільники, уловлює конденсатні вологу всередині установки.

Витяжні труби повинні бути закріплені на даху силами замовника. Маса труби не повинна передаватися у вигляді додаткового навантаження на машину.

Реле тиску для контролю розрідження газів, що відводяться не входить в комплект поставки. Воно встановлюється і підключається до електропроводки відповідно до схеми електричних з'єднань.

2.4. Конструкція печі

Загальний вид вафельної печі. Вид збоку



Загальний вид вафельної печі. Вид зверху

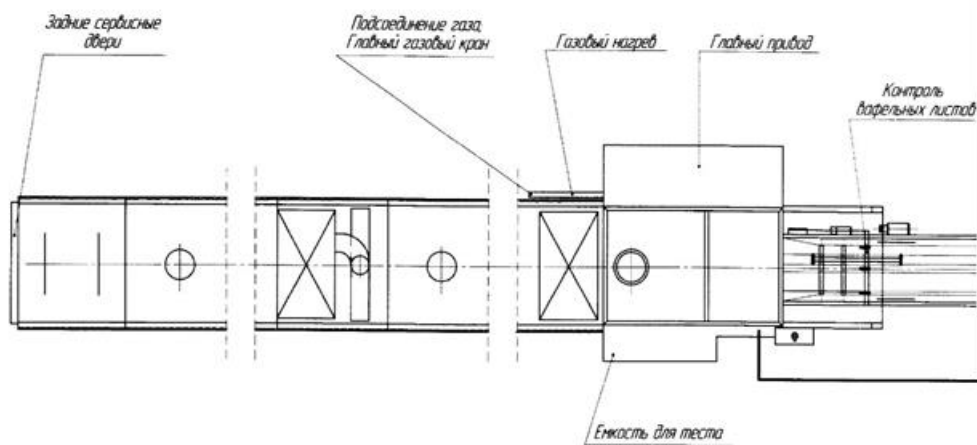


Рисунок 2.2 – Загальний вид вафельної печі.

Тепловий режим лінії випічки.

Процес запалювання.

Процес запалювання повинен ініціалізуватися автоматично; однак він буде працювати тільки в разі бездоганного ходу головного приводу і ВИТЯЖКИ.

Автоматичний контроль герметичності (В залежності від конструкції) від 20 сек. приблизно до 1 хв.

Фаза попередньої продувки: пальники продуваються повітрям.

Перевірка тиску: тиск газу, тиск газоповітряної суміші вгорі / внизу, ступінь розрідження в системі відводу відпрацьованих газів.

Фаза запалювання запального пальника: відкривається клапан запального газу, запальні трансформатори включаються на час, що не перевищують 10 сек. Після запалювання - квитирувание від пристрою контролю запального полум'я.

Фаза запалювання запального пальника: головний газовий клапан відкривається, головні пальники запалюються, через 3 сек. має встановитися коректне головне полум'я, в іншому випадку - переривання.

Робочий режим: клапан запального газу закривається.

Вимірювання ступеня розрідження в витяжці.

На вимірювальних ніпелях тиск повинен становити 7-10 мм вод. ст. Якщо розрідження більше, то його слід налаштувати на зазначені значення за допомогою дросельних налаштувань.

Якщо, незважаючи на повністю відкриті дросельні заслінки розрідження менше, це означає, що витяжка засмічена або спочатку занадто слабка, або несправний витяжний вентилятор (при наявності).

Контроль часу нагрівання

Залежно від типорозміру пекарського автомата час нагрівання має становити 40-50 хвилин; для вафель-трубочок цей час дещо більше через більшу поверхні випромінювання. У разі істотних відхилень слід встановити причину і усунути її.

Причинами можуть бути, наприклад, неправильне налаштування дросельних заслінок витяжки, неправильна юстирування нагрівання, недостатня герметичність дверей і т. д.

Вбудовані в запальні пальники іонізаційні електроди контролюють пілотне полум'я, а іонізаційні електроди - полум'я головних пальників.

Після запуску система нагрівання переходить в безперервний режим, якщо електроди повідомляють про наявність полум'я. У разі відсутності полум'я подача газу автоматично відключається.

Пристрій для прийому вафельних листів.

Функціональний опис.

Відразу після виходу з вафельної печі вафельні листи піддаються перевірці фоторелейними бар'єрами.

Вони перевіряють:

- Чи зняті вафельні листи з кожного вафельного візка.
- Чи відповідають вафельні листи цілісності і формі.

Неповні або розтріскані вафельні листи в повністю автоматичному режимі виводяться з вафельної лінії по відхиленій планці.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування вибору КТС АСУТП

КТС АСУТП складається з трьох рівнів. На нижньому рівні розташовано польове обладнання, це всі прилади, датчики, виконавчі механізми, що підключаються до технологічного процесу. На середньому рівні знаходиться контролер і всі його необхідні модулі для. Верхній рівень - це інженерна станція, куди вирушає вся необхідна інформація з контролера, для відстеження роботи, і для виведення на друк важливих даних.

3.2. Обґрунтування вибору контролера і додаткових модулів

Для завдання логіки управління обраний програмований логічний контролер Mitsubishi FX3G. Цей контролер призначений для будь-яких цілей автоматизації, для будь-яких галузей промисловості невеликої потужності. Він простий і компактний, всі модулі підключаються послідовно через сполучну шину з правого або лівого боку. З правого боку контролера підключаються модулі розширення лінійки контролерів MELSEC FX, що дозволяють збільшити кількість входів / виходів до 128 (при прямій адресації). З лівого боку підключаються високошвидкісні адаптерні модулі (з маркуванням ADP), що дозволяють розширити можливості контролера при роботі з аналоговими сигналами, і / або збільшити кількість додаткових комунікаційних інтерфейсів (RS232 / 422/485). Для підключення першого адаптерного модуля до базового блоку ПЛК FX3G необхідний спеціальний адаптер (іноді його називають перетворювач інтерфейсу) FX3G-CNV-ADP. Всі можливі Plug-in можна подивитися на рисунку 3.1.

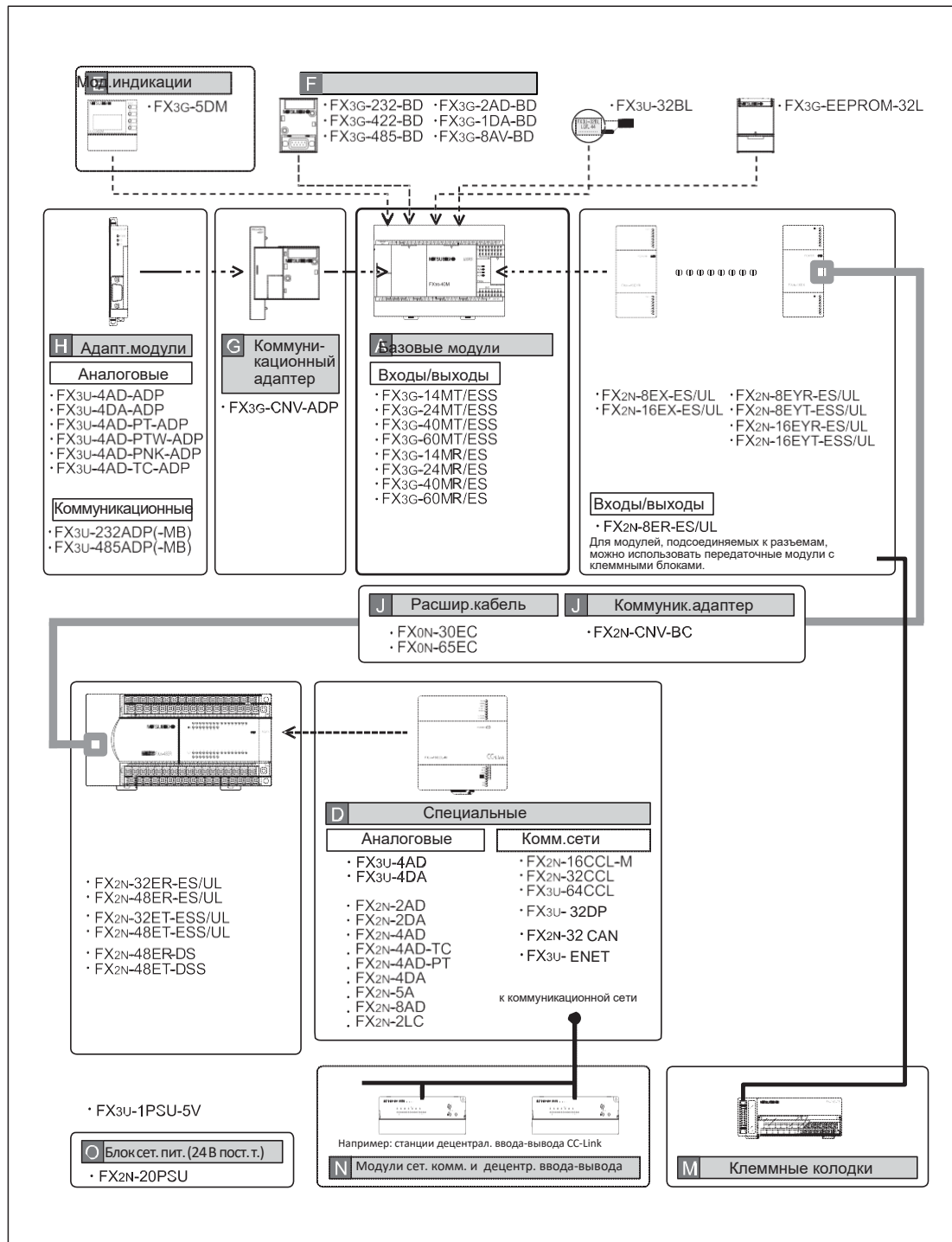


Рисунок 3.1 – Модули для під'єднання

У схемі автоматизації даного проекту використовується 13 аналогових входів і 1 аналоговий вихід, 6 дискретних входів і 8 дискретних виходів з них для регульованих клапанів і запірних механізмів використовуються 7 транзисторних виходів і 1 релейний вихід для пуску насоса.

Для реалізації управління процесом використовували базовий блок контролера Mitsubishi FX3G-24M, він має 14 дискретних входів і 10 транзисторних виходів. Чи включається в мережу 220 В і має вбудований блок живлення на 24 В. Кожен базовий модуль MELSEC серії FX3G складається з блоку живлення мережі, центрального процесора, елементів пам'яті, а також вхідних і вихідних електричних ланцюгів. Таким чином, вже один тільки базовий модуль здатний виконувати завдання управління. Базовий модуль є обов'язковою складовою частиною системи контролера.

Для аналогового введення і виведення, а так само для релейного виходу використовуються додаткові модулі. Під'єднувані модулі розширення з лівого боку мають обмеження, до даної моделі контролера можна приєднати лише 2 модуля аналогових входів або виходів, тому частина входів і виходів приєднується за допомогою адаптерних модулів з лівого боку контролера.

Вибір модулів:

- FX3U-4AD-ADP (1) - адаптерний модуль розширення: 4 аналогових входу; 12 Біт; для струму і напруги, підключається з лівого боку базового блоку;
- FX3U-4DA-ADP (1) - адаптерний модуль розширення: 4 аналогових виходу; 12 Біт; для струму і напруги, підключається з лівого боку базового блоку;
- FX3G-CNV-ADP (1) - адаптер-перехідник для підключення адаптерних модулів до FX3G, підключається з лівого боку базового блоку;
- FX2N8AD (2) - модуль розширення: 8 аналогових входів; 16 Біт; для струму, напруги і термопари, підключається з правої сторони базового блоку;
- FX2N8EYR-ES (1) - модуль розширення: 8 релейних виходів, підключається з правої сторони базового блоку;
- FX3U-ENET - комунікаційний модуль Ethernet 10 / 100MBit; RJ45, TCP / IP, підключається з правої сторони базового блоку, з його допомогою

контролер може підключатися до мережі Ethernet і передавати інформацію на інженерну станцію.

Всі вибрані модулі живляться від базового блоку FX3G-24M.

На рисунку 3.2 наведено електричну схему печі для випічки, а схему автоматизації із застосуванням контролера – на рис 3.3.

Карта замовлення контролера Mitsubishi FX3G

1 Базовий блок	FX3G-24MT / DSS	1
2 Адаптерний модуль 4 аналогових входів	FX3U-4AD-ADP	1
3 Адаптерний модуль 4 аналогових виходів	FX3U-4DA-ADP	1
4 Адаптер-перехідник для підключення адаптерних модулів	FX3G-CNV-ADP	1
5 Модуль 8 аналогових входів	FX2N8AD	2
6 Модуль 8 релейних виходів	FX2N8EYR-ES	1
7 Комунікаційний модуль Ethernet	FX3U-ENET	1
8 Сенсорна графічна панель управління (GOT) E1000		1
9 Программатор	программатор	1
10 Розширювальний кабель входить в комплект поставки		
Блок живлення вмонтований в базовий блок контролера		

3.3. Обґрунтування вибору польового обладнання

Вибір датчиків температури:

Для контролю температури в зоні нагріву-3 (2а), а також в зонах: 1 (13а), 2 (16а), 4 (17а) і зоні 5 (18а), обрана термопара хромель-копелеві ТХК Метран 252 з найменшим діапазоном вимірювання 40-600 °С, так як температура в даній зоні не перевищує 295 °С.

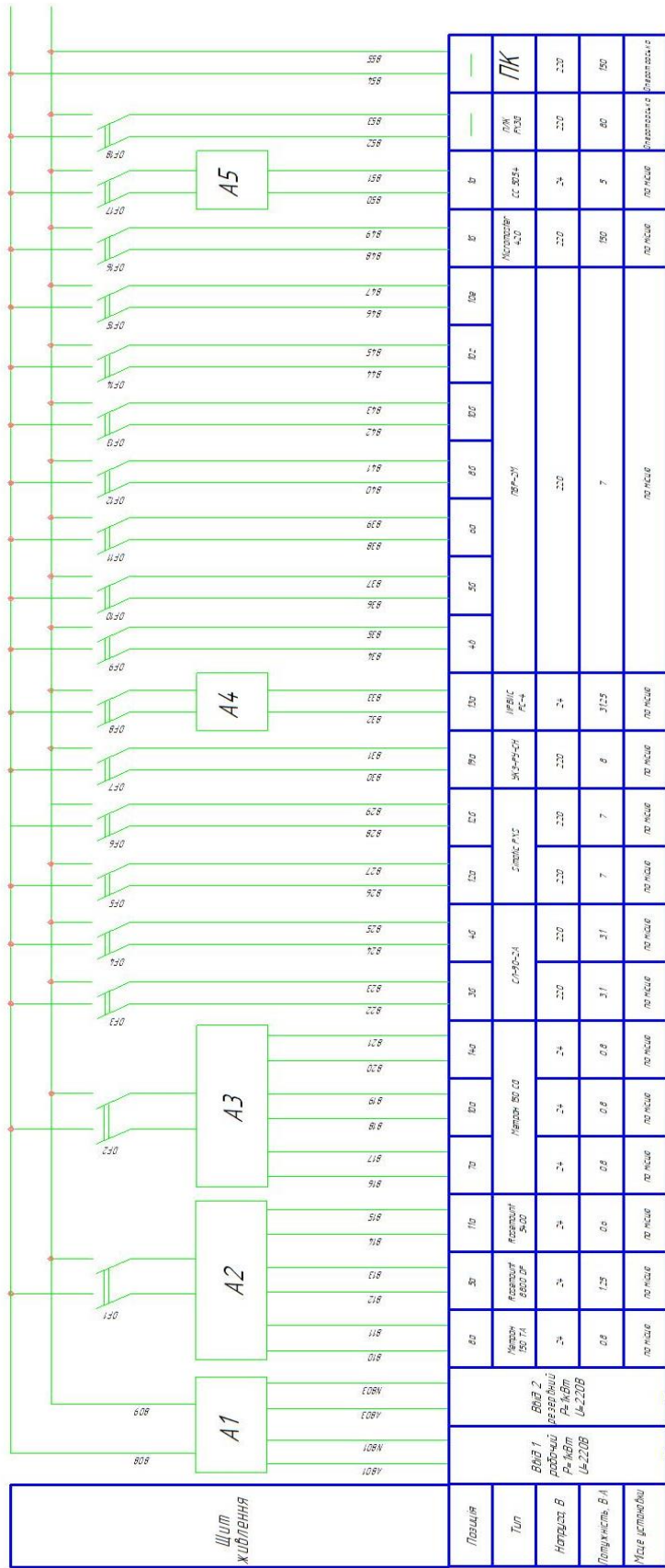
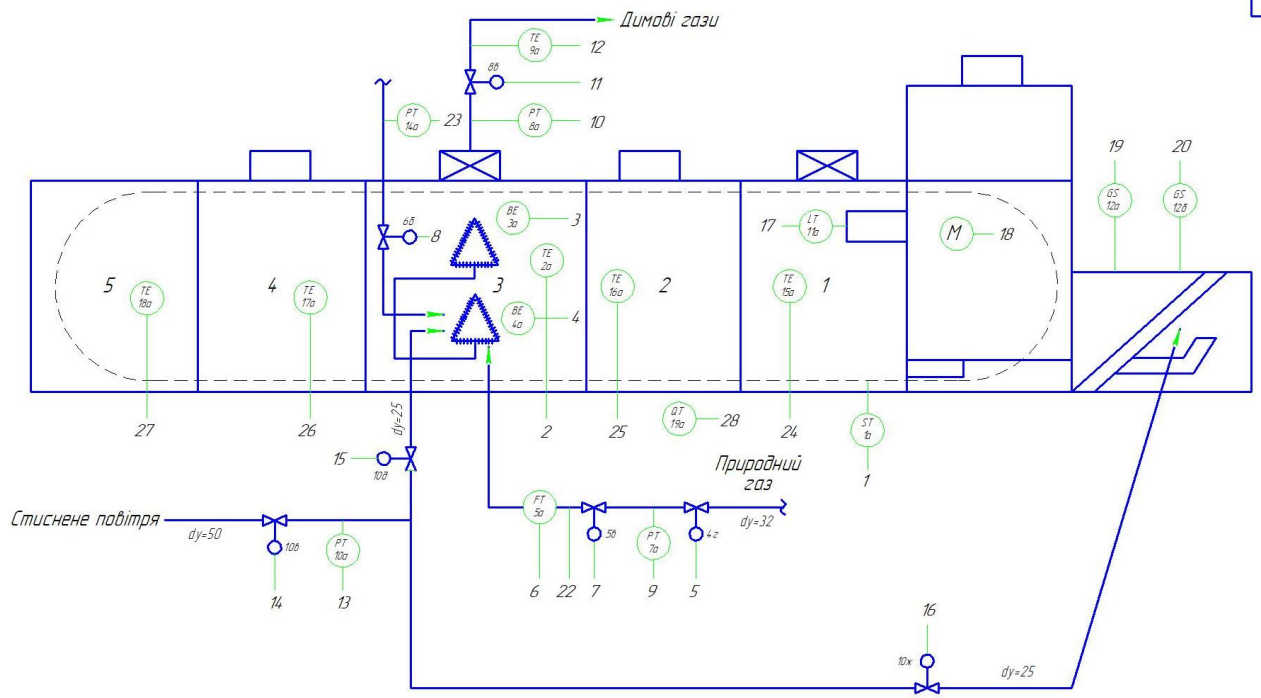


Рисунок 3.2 - Електрична схему печі для випічки вафельних виробів.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	
	2-10 м³/мін	керування трапестером	200-15 °С	об'ємна газу	16±1 м³/ч	відк. 14	0,04-0,4 бар	7-10 м від ст.	~250 °С	6 бар	60-80 % атн Н	керування насосом	0-9999 м³/ч	0,1-0,13 МПа	0-200 °С	0-230 °С	0-230 °С	0-200 °С	7 ПЛМ									
Прибори по місцю	SY 18	BS 30	BS 48	NS 48	NS 58	NS 60	NS 88	NS 108	NS 10z	NS 10e	NS 118	FBI 13a																
Meisec FX-IN																												
аналоговий вхід																												
аналоговий вихід																												
дискретний вхід																												
дискретний вихід																												
Відеотермінал																												
Друк																												
ПК																												
Блокування																												

Рисунок 3.3 – Функціональна схема автоматизації управління тунельною піччю.

Для вимірювання температури димових газів (9а) вибрали таку ж термопару, так як температура димових газів не перевищує 250 °С. Термопары ТХК мають гарну чутливість, високою термоелектричної

стабільністю при температурах до 600 °С, відмінно підходять для газових середовищ.

Вибір датчиків тиску:

Для вимірювання тиску розрідження на лінії відбору димових газів (8а) узятий Метран-150 ТА з уніфікованим струмовим сигналом на виході і верхньою межею вимірювання 160 кПа, так як діапазон зміни тиску димових газів дорівнює 7 ± 10 мм. вод. ст. Датчик виконаний з нержавіючої сталі в штуцерних виконанні і вставляється безпосередньо в трубопровід.

Тиск на лінії подачі газу (7а) вимірюється Метраном 150 CG з вихідним сигналом 4-20 мА і межею вимірювання 1,6 МПа. Такий датчик був обраний, тому що тиск вимірюється надмірно і при цьому не перевищує 0,4 МПа. Тиск на лінії подачі стисненого повітря (8а) для продувки пальників і на очищення вафельних візків, а також тиск на лінії подачі повітря в зону нагріву (14а) вимірюється аналогічними датчиками з тими ж характеристиками.

Вибір датчиків контролю полум'я:

Контроль полум'я пальників в зоні нагріву здійснюється за допомогою оптичних інфрачервоних датчиків реле (3б, 4б) в комплекті з модулем фотоприймача (3а, 4а).

Вибір датчика загазованості:

Загазованість робочої середовища вимірюється датчиком УКЗ-РУ-СН (19а), який здійснює безперервний автоматичний контроль вмісту горючого газу в повітрі. Пристрій оснащений світловою та звуковою сигналізацією, видають передаварійний і аварійний сигнал - має 2 фіксованих порога спрацьовування.

Вибір датчика рівня:

Рівень тесту в баку (11а) відстежується сигналізатором рівня Rosemount 5400 він є безконтактним і ніяк не стикається з тестом. Він здатний працювати в широкому діапазоні температур.

Вибір датчика швидкості:

Для контролю лінійного переміщення стрічки транспортера використовуємо датчик вимірювання швидкості СС 505 (1а), для керування швидкістю транспортера використовується частотний перетворювач (1б) Micromaster 420 фірми Siemens, який управляє транспортером.

Вибір датчиків цілісності:

Контроль цілісності готових вафельних листів здійснюється на виході з печі за допомогою фотодатчика наближення (12а, 12б). Неповні або растрескавшися вафельні листи в повністю автоматичному режимі виводяться з вафельної лінії по відхиляє планці.

Вибір виконавчих механізмів:

Для реалізації проекту необхідно 2 клапана регулюють. Взяли клапани малогабаритні регулюючі з електроприводом МЕРК. Для відсічення стисненого повітря необхідно три клапана, взяли малогабаритні запірні клапани з електроприводом МЕРК. Всі ці клапани виконані з нержавіючої сталі, а так само вони призначені спеціально для трубопроводів невеликого діаметру. Для управління шибером був узятий механізм електричний однооборотний МЕР. Для відсічення природного газу необхідно щоб клапан перекривався якомога швидше, тому був узятий механізм виконавчий швидкозапирний з однооборотний запірним клапаном У21225. Перераховані вище механізми запускаються за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-2М. Запуск насоса здійснюється за допомогою магнітного пускача ПМЛ-1100.

3.4. Опис схеми автоматизації

Для управління процесом реалізовано 18 контурів контролю, 8 контурів регулювання і 10 контурів аварійної блокування.

Опис контурів контролю:

Контроль температури.

Контроль температури проводиться в зоні нагріву-3 (2а), а також в зонах: 1 (13а), 2 (16а), 4 (17а) і зоні 5 (18а), температури димових газів (9а) за допомогою термопар ТХК Метран 252 з діапазоном вимірювання $40 \div 600^{\circ}\text{C}$. Сигнал з датчиків надходить на модуль аналогового введення FX2N8AD, здатний приймати сигнал з термопар.

Контроль тиску.

Контроль тиску на лінії відбору димових газів (8а) здійснюється за допомогою датчика Метран-150 ТА з уніфікованим струмовим сигналом на виході і верхньою межею вимірювання 160 кПа. Сигнал з датчика надходить на модуль. Сигнал з датчика надходить на модуль аналогових входів FX2N8AD.

Тиск на лінії подачі газу (7а) вимірюється Метраном 150 CG з вихідним сигналом 4-20 мА і межею вимірювання 1,6 МПа. Тиск на лінії подачі стисненого повітря (8а) для продувки пальників і на очищення вафельних візків, а також тиск на лінії подачі повітря в зону нагріву (14а) вимірюється аналогічними датчиками з тими ж характеристиками. Сигнали з цих датчиків надходять на адаптерний модуль аналогового введення FX3U-4AD-ADP.

Контроль полум'я пальників.

Контроль полум'я пальників в зоні нагріву здійснюється за допомогою оптичних інфрачервоних датчиків реле (3б, 4б) в комплекті з модулем фотоприймача (3а, 4а). Дискретний сигнал з датчиків йде на вбудовані дискретні входи в базовому блоці контролера FX3G-24M.

Контроль загазованості цеху.

Загазованість робочої середовища вимірюється датчиком УКЗ-РУ-СН (19а), який здійснює безперервний автоматичний контроль вмісту горючого газу в повітрі. Інформація з сигналізатора надходить на аналоговий вхід модуля FX2N8AD.

Контроль рівня тіста в баку.

Рівень тесту в баку (11а) відстежується сигналізатором рівня Rosemount 5400. Він здатний працювати в широкому діапазоні температур. Далі сигнал надходить на дискретний базового блоку FX3G-24М.

Контроль швидкості транспортера.

Для контролю лінійного переміщення стрічки транспортера використовуємо датчик вимірювання швидкості СС 505 (1а). Сигнал з датчика надходить на дискретний вхід базового блоку FX3G-24М.

Контроль цілісності вафельних листів на виході з печі.

Контроль цілісності готових вафельних листів здійснюється на виході з печі за допомогою фотодатчика наближення (12а, 12б). Неповні або растрескавшися вафельні листи в повністю автоматичному режимі виводяться з вафельної лінії по відхиляє планці.

Опис контурів управління:

Управління температурою в зоні нагріву.

Температура в зоні нагріву служить завданням для контуру регулювання витрати природного газу (5в). Витратою газу управляємо клапаном малогабаритним регулюючим з електроприводом МЕПК. Також за допомогою цього клапана (5в) спільно аналогічним клапаном (6б) на трубопроводі подачі атмосферного повітря, підтримується співвідношення газу і повітря рівним 1: 4 для стійкого горіння полум'я в цій зоні. Сигнал з контролера через дискретні транзисторні виходи базового блоку FX3G-24М надходить на пускачі ПБР-2М (5б і 6а), який здійснює пуск клапанів через електропривод МЕПК.

управління тиском.

Для стабілізації тиску димових газів регулюється відкриття / закриття шибера на відвід димових газів за допомогою електричного механізму МЕВ (8в). МЕВ управляється за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-2М (8б). Дискретний сигнал на пускач приходить з базового блоку.

Регулювання рівня тіста в баку.

Рівень тесту в баку не повинен перевищувати 80% самого бака, в разі перевищення цього рівня насос припиняє подачу тесту в бак. Управління насосом здійснюється за допомогою електричного пускача ПМЛ 1100 (11б). Сигнал на пускач приходить з модуля релейного виходу FX2N8EYR-ES.

Стабілізація і регулювання швидкості транспортера

Для керування швидкістю транспортера використовується частотний перетворювач (1б) Micromaster 420 фірми Siemens, який управляє транспортером. Інформація з контролера на частотний перетворювач надходить через адаптерний модуль аналогового виходу FX3U-4DA-ADP.

Опис контурів аварійної блокування:

При зниженні або перевищенні допустимих параметрів важливих параметрів з контролера, з базового блоку, йде сигнал виконавчим механізмом з швидкозапирний клапаном МБО (4г), розташованим на трубопроводі з подачею природного газу і виробляється відсічення газу щоб уникнути аварії. Клапан управляється за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-2М (4в).

Відсічення газу відбувається в наступних випадках:

- при перевищенні допустимого значення температури в зоні нагріву, а так само в зоні відбору димових газів
- в разі перевищення допустимих значень тисків, в тому числі і тиску димових газів
 - в разі згасання хоча б однієї з пальників
 - при перевищенні ГДК загазованості робочої зони
 - в разі зниження швидкості руху транспортера нижче граничної

Крім цього на лінії подачі стисненого повітря при необхідності припиняється подача стисненого повітря, перекриваються запірні клапани: клапан (10в) на входному загальному трубопроводі ($d_u = 50$), клапан (10д) на подачу стисненого повітря до пальників ($d_u = 25$) і клапан (10ж). Сигнал так само поводить з базового блоку з дискретних виходів на ПБР-2М.

3.2. Опис принципової схеми електроживлення

На принципова схемою електроживлення способи електроживлення приладів і засобів автоматизації. На підставі принципової електричної схеми складена замовна специфікація засобів автоматизації та електропровідної арматури.

На схемі показані всі електричні з'єднання ділянки, за якими передається напругу живлення датчиків, виконавчих механізмів, контролера і ПЕОМ. Блоки живлення забезпечують напругою 24 В вимірювальну апаратуру. Обрані блоки живлення «Метран-604 М» на чотири канали. Для датчиків ІРВІС-РС4 і СС 505.4 блоки живлення поставляються в комплекті разом з датчиками. Блок автоматичного введення резерву обраний ЩАП 12. За потужністю приладів і по току підібрані автоматичні вимикачі фірми ІЕК.

Принципова схема електроживлення представлена на рис. 3.2.

3.3. Опис принципової схеми з'єднань

Схема підключення (схема з'єднання зовнішніх проводок) служить для з'єднання електрообладнання між собою, виконавчих механізмів з контролером.

Для з'єднання кабелів використовуються з'єднувальні коробки КСК-12 і КСК-1. Інформаційні електричні ланцюги від датчиків через блоки живлення і сполучні коробки надходять в операційний корпус. Видача контролером управляючих впливів на виконавчі механізми відбувається в зворотному порядку.

Таблиця 3.1

Перелік елементів принципової схеми електроживлення

Позиційне позначення	Найменування і коротка характеристика	Кількість	Примітка
A1	Блок автоматичного введення резерву ЩАП12, напруга 220В	1	
A2, A3	Блок живлення на 24В, 4 каналов, Метран-604	2	
A4	Блок живлення на 24В для давача ІРВІС-РС4, поставляється в комплекті	1	
A5	Блок живлення на 24В для давача СС 505.4, поставляється в комплекті	1	
QF1, QF2, QF3, QF4, QF5, QF6, QF7, QF8, QF9, QF10, QF11, QF12, QF13, QF14, QF15, QF17	Автоматичний вимикач ІЕК ВА47-29 1Р 1А 4,5кА х-ка С	16	
QF16, QF18	Автоматичний вимикач ІЕК ВА47-29 1Р 3А 4,5кА х-ка С	2	

Провід до приладів, блоків живлення і виконавчим механізмам підводяться окремими джгутами. В якості контрольних кабелів

використовується КВВГ з наступними характеристиками жила - мідний дріт; ізоляція - ПВХ пластикат; оболонка - ПВХ пластикат.

Схема з'єднання зовнішніх проводок представлена на рис 3.4.

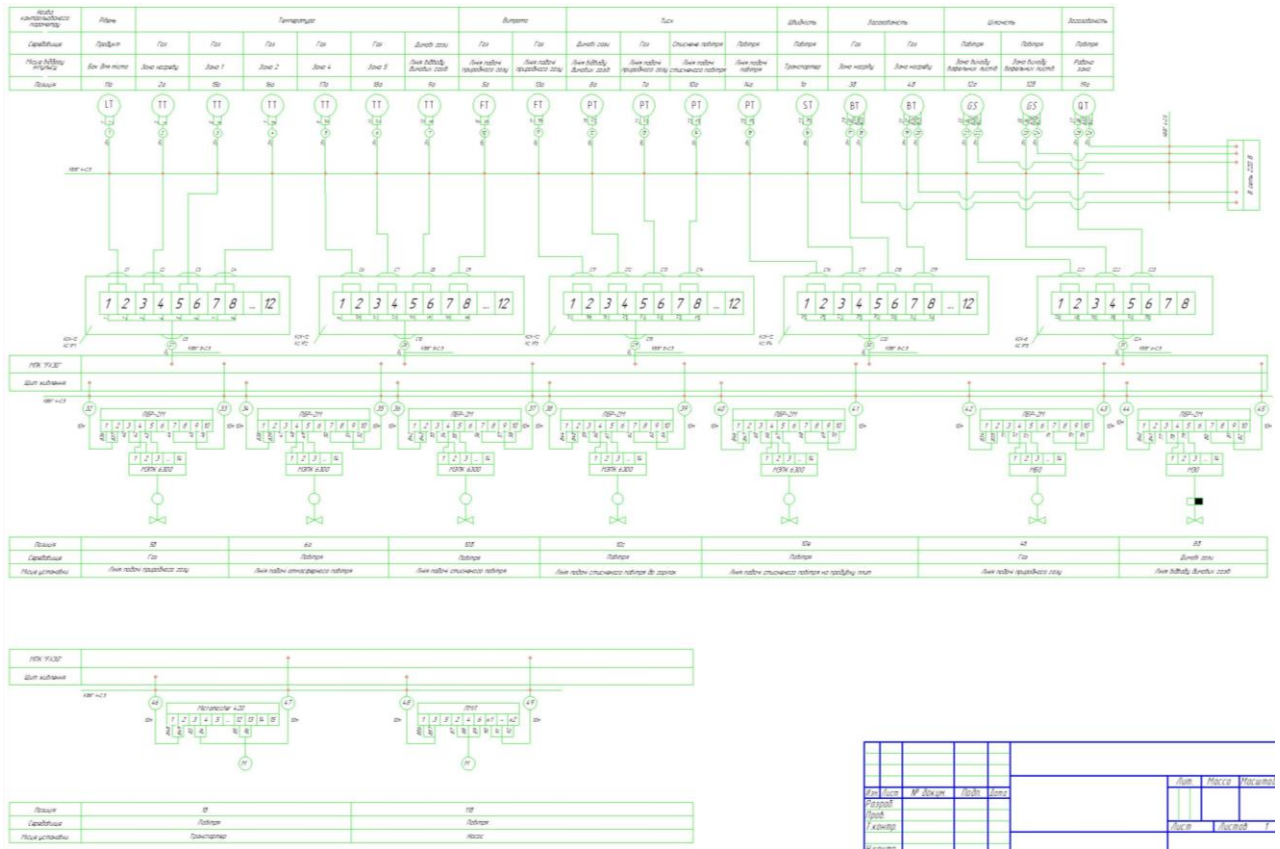


Рисунок 3.4 – Схема з'єднань системи

Таблиця 3.2

Перелік елементів схеми з'єднання зовнішніх проводок

Позиційне позначення	Назва і коротка характеристика	Кількість	Примітка
1-26, 32-49 31 27-30	Кабель контрольний: жила - мідний дріт; ізоляція - ПВХ пластикат; поясна ізоляція - стрічка ПЕТФ плівки; екран - алюмінієва фольга; оболонка - ПВХ пластикат КВВГ 4х2,5 КВВГ 6х2,5 КВВГ 8х2,5	1430 м 20 м 80 м	
КСК №1, КСК №2, КСК №3, КСК №4	Коробка з'єднувальна клемна на 12 клем КСК-12	4	
КСК №5	Коробка з'єднувальна клемна на 8 клем КСК-8	1	

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Для оптимізації регулювання розглянемо переваги та недоліки основних регуляторів на основі аналізу роботи [5]. У ній визначено основні переваги та недоліки регуляторів, застосовуваних в АСУ (таблиця 4.1), таких як ПД-регулятор, типовий нечіткий регулятор (ТНР), багатовимірний чіткий регулятор з інтервального невизначеністю (БЧРЗІН).

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз регуляторів, застосовуваних при управлінні тунельною піччю

Критерій	ПД-регулятор	ТНР	БЧРЗІН
Похибка регулювання	висока	висока	низька
Налаштування регулятора	складне	просте	просте
Швидкодія	мала	мала	велика
Можливість зміни режимів регулювання	відсутня	є	є
Запис закону управління	з використанням формули	сукупність часткових правил	спеціальні системи продукційних правил
Універсальність	низька	низька	висока

Порівняльний аналіз показав, що БЧРЗІН мають більшу швидкодію і меншою похибкою регулювання, наприклад, БЧРЗІН спрацьовує в 5,71 разів швидше, ніж ТНР.

Для управління технологічним процесом в тунельній печі найбільш доцільно використовувати багатовимірний чіткий логічний регулятор, що дозволяє компенсувати взаємний вплив контурів регулювання і володіє достатньою швидкодією і точністю.

Далі необхідно розглянути математичну модель процесу обробки в тунельній печі як об'єкта управління з урахуванням тиску і витрати газоповітряної суміші, розрідження і витрати димових і нагрітих газів.

Схема тунельної печі як об'єкта автоматичного управління по тиску газоповітряної суміші представлена на рис. 4.1. На її вхід по трубопроводу 1 надходить збагачена газоповітряна суміш під певним тиском. На виході формуються димові гази (трубопровід 4), які відводяться вентиляторами в атмосферу, і нагріті гази (трубопровід 5), які використовуються в подальшому в зоні підготовки.

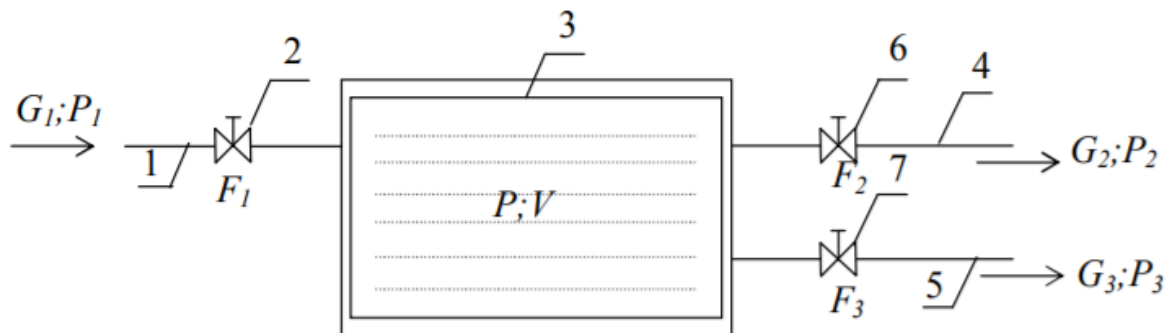


Рисунок 4.1 - Схема тунельної печі як об'єкта автоматичного управління по тиску газоповітряної суміші.

Цифрами позначено: 1 - трубопровід підведення газоповітряної суміші; 2, 6, 7 - регулюючі вентилялі; 3 - тунельна піч; 4 - трубопровід відведення димових газів; 5 - трубопровід відведення нагрітих газів.

Диференціальне рівняння процесу в тунельній печі може бути представлено в наступному вигляді:

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_2}{dt} + \frac{V_2}{RT} \frac{dP}{dt} = G_1(t) - G_2(t) - G_3(t), \quad (4.1)$$

де P - тиск газу після вентиля 2, Па; V_2 - обсяг газу, що надходить в тунельну піч, м³; R - газова постійна, м²с⁻²К⁻¹; T - абсолютна температура газу, К; G_1 - витрата газоповітряної суміші, що надходить в тунельну піч, м³ / год; G_2, G_3 - витрати димових і нагрітих газів, що виходять з тунельної печі, м³ / год.

В роботі газоповітряна суміш приймається псевдонеперервним середовищем з усередненими властивостями. На основі цього отримано диференціальне рівняння виду:

$$T_a \frac{dy(t)}{dt} + k_1 y(t) = m(t) - k_2 b(t) - k_3 a(t) + k_4 d(t) + k_5 \beta(t) + k_6 c(t). \quad (4.2)$$

де T_a - постійна часу, с;

$$y(t) = \Delta P / P_0, \quad m(t) = \Delta F_1 / F_{10}, \quad b(t) = \Delta F_2 / F_{20},$$

$$a(t) = \Delta P_3 / P_{30}, \quad d(t) = \Delta P_1 / P_{10}, \quad \beta(t) = \Delta P_2 / P_{20}, \quad c(t) = \Delta P_3 / P_{30}$$

змінні величини тунельної печі, $k_1 - k_6$ - безрозмірні коефіцієнти, які визначаються за отриманими виразами виду:

$$k_1 = \frac{\mu_1 F_{10} k_a P_{10} (P_{10} - P_0)}{2 G_0 \sqrt{R T P_{10} (P_{10} - P_0)}} + \frac{\mu_2 F_{20} k_a P_0 (P_0 - P_{20})}{2 G_0 \sqrt{R T P_0 (P_0 - P_{20})}} + \frac{\mu_3 F_{30} k_a P_0 (P_0 - P_0 P_{30})}{2 G_0 \sqrt{R T P_0 (P_0 - P_0 P_{30})}},$$

тут $P_{10}, P_0, P_{20}, P_{30}$ - тиск відповідно газоповітряної суміші до тунельної печі, всередині тунельної печі, розрідження в трубопроводах відведення димових і нагрітих газів, кПа; F_{10}, F_{20}, F_{30} - площа поперечного перерізу з відповідно регулюючих вентилів для газоповітряної суміші, димових і

нагрітих газів, m_2 ; μ_1, μ_2, μ_3 - коефіцієнти витрати відповідно для газоповітряної суміші, димових і нагрітих.

На рис. 4.2 представлена структурна схема тунельної печі як об'єкта автоматичного управління, складена за рівнянням 4.2.

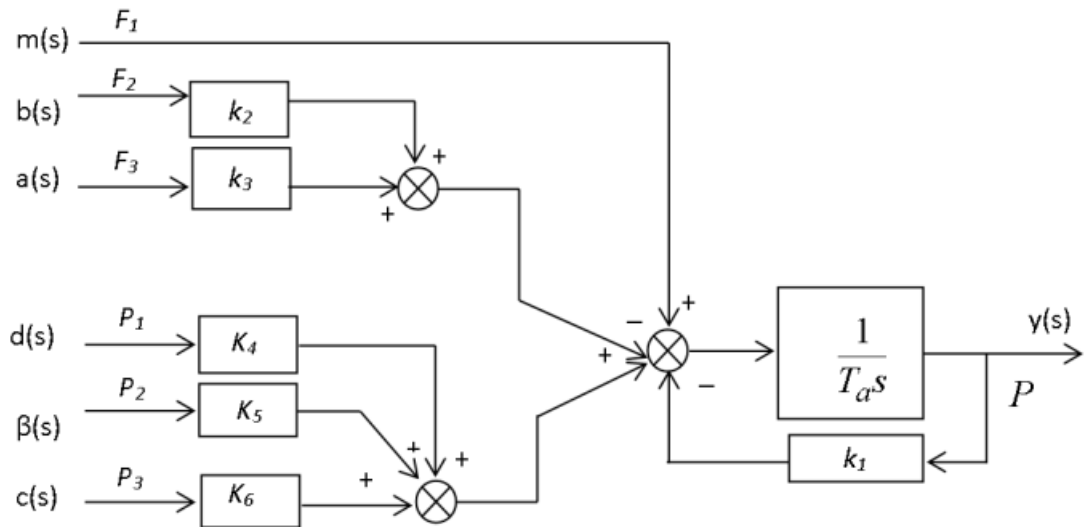


Рисунок 4.2 - Структурна схема тунельної печі як об'єкта автоматизованого управління по тиску газоповітряної суміші з урахуванням витрат газоповітряної суміші, димових і нагрітих газів.

Також в роботі [5] розглянуто математичний опис тунельної печі як об'єкта АУ по розрідженню димових газів (рис. 4.3).

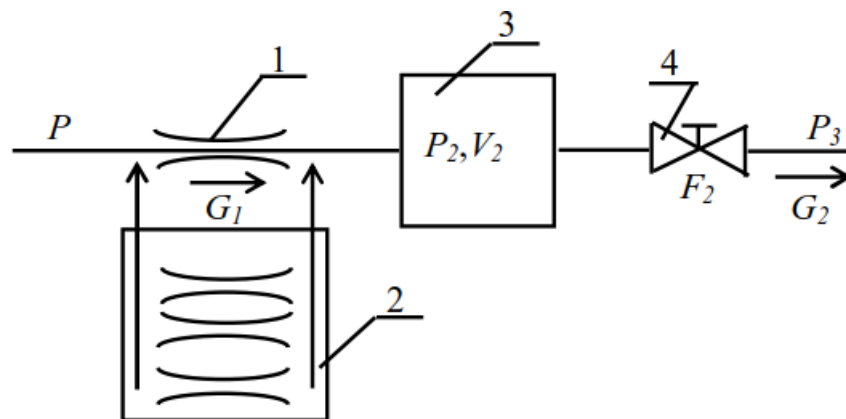


Рисунок 4.3 - Схема моделі тунельної печі по розрідженню димових газів

Цифрами позначено: 1 - звуження потоку; 2 - пневматичні опору; 3 - тунельна піч; 4 - регулюючий вентиль.

Диференціальне рівняння розглянутого процесу має вигляд:

$$T_b \frac{dy}{dt} + k_1 y(t) = b(t) - m(t) + k_2 x(t) + k_3 n(t), \quad (4.3)$$

де T_b - постійна часу, с;

$$y(t) = \Delta P_2 / P_{20}, \quad b(t) = \Delta F_1 / F_{10}, \quad m(t) = \Delta F_2 / F_{20}, \quad x(t) = \Delta P / P_0, \quad n(t) = \Delta P_3 / P_{30}$$

змінні величини тунельної печі, k_1 - k_3 - безрозмірні коефіцієнти, які визначаються за отриманими виразами виду:

$$k_1 = \frac{P_{20}(P_0 - P_{20}) + P_{30}P_0}{2(P_0 - P_{20})(P_{20} - P_{30})}, \quad (4.4)$$

де P_0, P_{20}, P_{30} - тиск відповідно газоповітряної суміші до тунельної печі, всередині тунельної печі і відведення газоповітряної суміші кПа; F_{10}, F_{20} - площа прохідного перетину відповідно вентилі для газів до тунельної печі і після тунельної печі, м²; μ_2 - коефіцієнт, що характеризує витрату газоповітряної суміші через регулюючий вентиль. Як окремий випадок в роботі, розглянуто математичний опис тунельної печі по тиску газоповітряної суміші з урахуванням витрат тільки нагрітого газу.

Диференціальне рівняння має вигляд:

$$T_a \frac{dy(t)}{dt} + k_1 y(t) = m(t) - k_3 a(t) + k_4 d(t) + k_6 c(t). \quad (4.5)$$

Розроблене математичне опис дозволяє дати формалізований опис структури і процесу функціонування АСУ, для однозначності його

розуміння, а також представляє процес функціонування в вигляді, що допускає аналітичне дослідження системи.

Режим роботи тунельної печі в виробничих умовах характеризується в основному зміною тиску газоповітряної суміші і розрядженням димових і нагрітих газів. Передавальна функція по зміні $m(s)$, тобто перетину вентиля F1 тунельної печі, має вигляд:

$$W_{F1}(s) = \frac{y(s)}{m(s)} = \frac{1}{T_a s + k_1}, \quad (4.6)$$

Якщо допустити, що на вхід системи, описуваної передавальною функцією (4.6), подано одиничне обурення, тобто $m(s) = 1/s$, тоді:

$$m(s) = \frac{1}{(T_a s + k_1) s}, \quad (4.7)$$

Рішення рівняння (4.7), виконаного шляхом зворотного перетворення по Лапласа, має вигляд:

$$m(t) = \frac{1}{k_1} \left(1 - e^{-\frac{k_1}{T_a} t} \right). \quad (4.8)$$

Опис зміни вихідної величини $x(t) = \Delta P / P_0$, тобто тиску після вентиля тунельної печі, в залежності від коефіцієнта k_1 і постійної часу T_a , показано в рівнянні (4.8). Коефіцієнт k_1 в рівнянні (4.8) є коефіцієнтом самовирівнювання тунельної печі як об'єкта АУ і він може бути менше або більше нуля.

На рис. 4.4 представлені залежності $k_1 = f(P_0)$ при $P_{10} = \text{const}$.

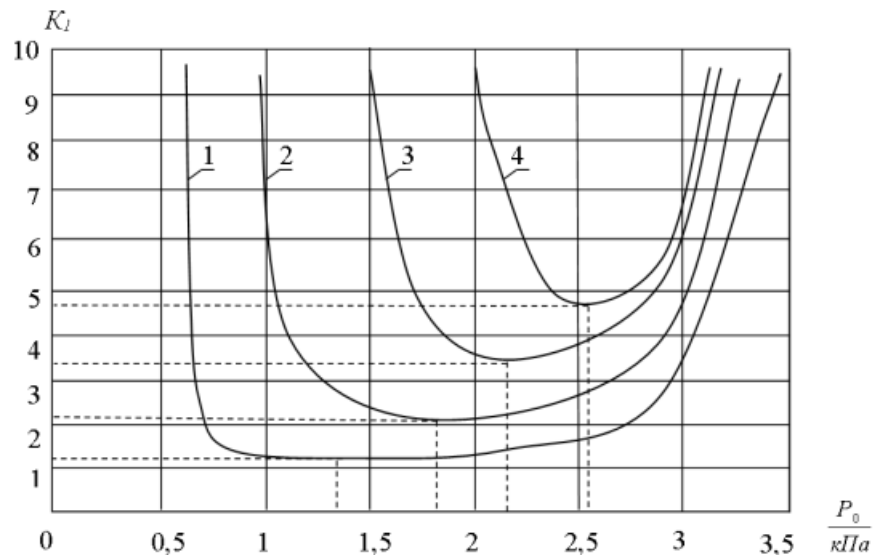


Рисунок 4.4 - Результат залежності тиску в тунельної печі P_0 від коефіцієнта самовирівнювання, де P_{30} одно, кПа: 1 - 0,6; 2 - 0,95; 3 - 1,5; 4 - 2,5.

З форми кривих випливає, що при постійному тиску на вході в тунельну піч для досягнення заданого тиску газу в робочій зоні печі необхідно на виході підтримувати розрідження, значення якого не перевищувало б мінімального. Таким чином, в залежності від режиму роботи тунельної печі, можна за допомогою отриманих залежностей і побудованих графіків визначити і поставити регульовані параметри для різних точок зони випалу в тунельної печі. Завдяки раціональному співвідношенню технологічних параметрів процесу випалу, можна підвищити якість випікання.

Управління технологічним процесом здійснюється з використанням програмованого контролера і БЧРЗІН.

В роботі проведено дві серії умельованих експериментів з використанням регуляторів.

У першій серії (рис. 4.5) управління тунельною піччю здійснювалося з використанням ПД-регулятора. При температурі в печі $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ її коливання

становили $\pm 5^{\circ}\text{C}$. При досягненні значення температури 300°C коливання склали $\pm 7^{\circ}\text{C}$.

У другій серії експериментів управління здійснювалося з застосуванням БЧРЗІН, в результаті чого коливання зменшилися і склали $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.6).

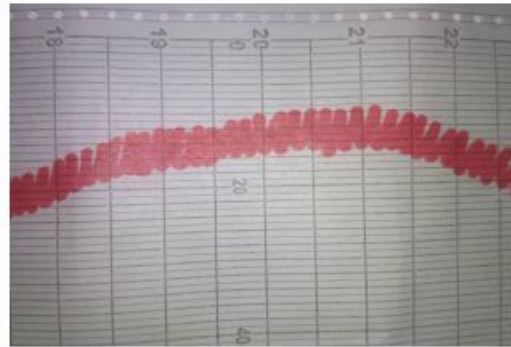


Рисунок 4.5 - Графік залежності температури від часу (експеримент 1)

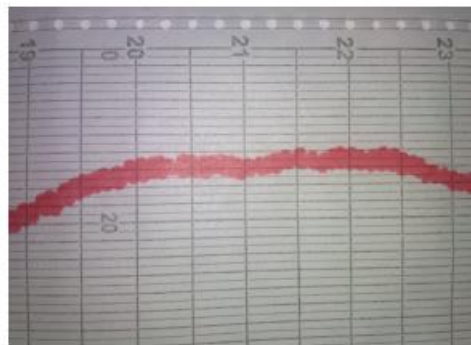


Рисунок 4.6 - Графік залежності температури від часу (експеримент 2)

На заключному етапі здійснено реалізацію АСУ тунельною печі в середовищі SCADA-системи, рис. 4.7.

За допомогою засобів SCADA-системи Trace Mode 6 реалізована АСУ тунельною піччю як багатозв'язний об'єкт з візуалізацією температури в семи точках робочого простору з компенсацією і спеціальною системою продукційних правил. Застосування даної системи дозволило знизити коливання температури на 15°C .

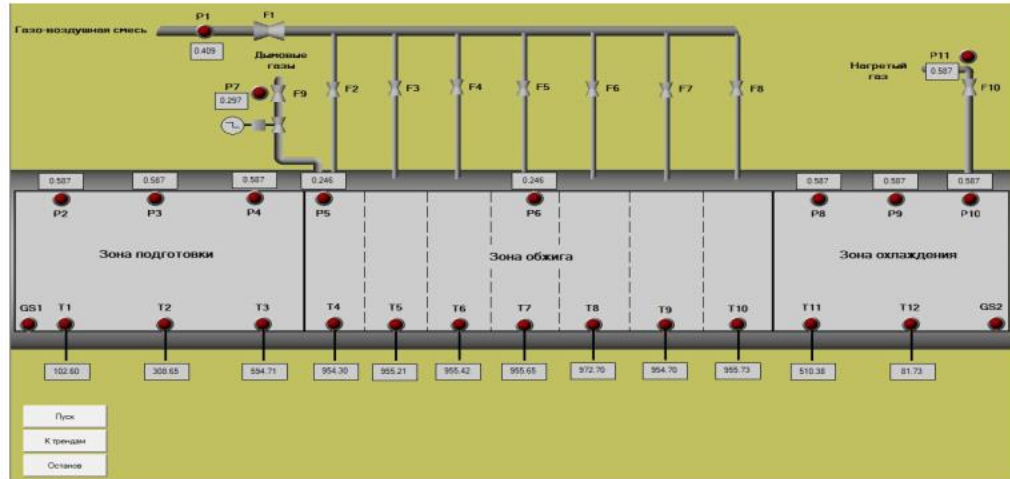


Рисунок 4.7 - Мнемосхема АСУ туннельной пичью.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Розробка мнемосхеми системи керування

Система диспетчерського контролю управління технологічного ділянки із застосуванням Master SCADA. Для спостереження за процесом для інженера-технолога створюється мнемосхема проекту в Master SCADA.

На мнемосхемі даного проекту відображена робота тунельної печі. Всі основні важливі контрольовані змінні виведені на екран. Мнемосхема вафельної печі представлена рис. 5.1.

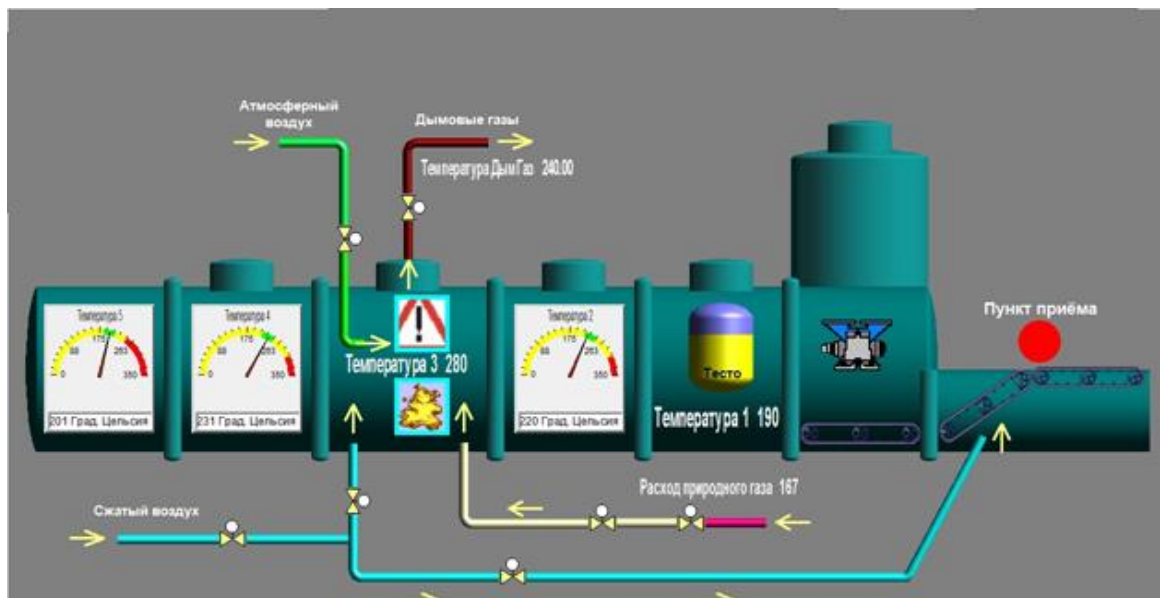


Рисунок 5.1. Мнемосхема печі в Master SCADA

На наведеній схемі була змодельована аварійна ситуація. В даному випадку з датчика надійшов сигнал про перевищення допустимої концентрації загазованості цеху, на екрані відразу з'явилося повідомлення про небезпеку з характерним знаком. Так само тут видно, що верхні пальника в печі згасли, це зазначається на схемі збільшується знаком оклику. В нижніх пальниках полум'я є - про це можна судити з того, що нижня картинка

показує полум'я. При цьому в такій ситуації спрацювало блокування на перекривання клапана відсічення природного газу. На схемі це можна побачити як змінюється колір трубопроводу. Перекритий трубопровід вказується блідо жовтим кольором. У кожній зоні печі можна подивитися температуру. Тут же наочно видно на скільки заповнений бак з тестом в зоні 1. На пункті прийому готовий вафельних листів розташований сигнал у вигляді кола, якщо він загоряється червоним кольором то лист надійшов поламаний і його потрібно видалити з процесу на переробку або лист взагалі не надійшов на пункт прийому, якщо ж сигнал горить зеленим кольором, то всі листи проходять цілими.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Організація охорони праці при роботі з системою управління

Охорона праці розглядає проблеми забезпечення здорових і безпечних умов праці. Виявляє і вивчає можливі причини нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою виключення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Завдання охорони праці є зведення до мінімуму імовірності пошкодження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Навчання працівників безпеці праці проводять відповідно до встановлених вимог. На всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру і ступеню небезпеки виробництва навчання працівників проводять при підготовці нових робітників, проведенні різноманітних видів інструктажів і підвищенні кваліфікації.

Контроль за своєчасним і якісним навчанням виконує відділ охорони праці чи інженер з охорони праці, або ІТП, на якого наказом керівника підприємства покладено ці обов'язки. Ті, що вперше поступають на роботу, навчання проходять згідно з "Типовим положенням про підготовку і підвищення кваліфікації робітників". В журналі обліку навчальної роботи реєструють навчальну тему, за якою проводилось навчання.

Інструктаж працюючих поділяють на вступний, початковий, на робочому місці, повторний, позаплановий і початковий.

Вступний інструктаж з усіма, хто поступає на роботу незалежно від їх освіти і стажу роботи по даній професії, проводить інженер з охорони праці за програмою, затвердженою головним інженером підприємства, про

проведення вступного інструктажу з обов'язковим підписом того, хто проводив інструктаж і того, хто його отримував.

Початковий інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний проводить керівник робіт.

Початковий інструктаж на робочому місці проводять при прийомі на роботу нових робітників за інструкцією з охорони праці, розробленою для окремих професій або видів робіт. Всі робітники після цього інструктажу і перевірки знань 2-5 змін (залежно від навичок і стажу роботи) працюють під наглядом бригадира чи майстра, потім оформляється допуск до їх самостійної праці.

Повторний інструктаж проходять всі працівники незалежно від кваліфікації, освіти і стажу роботи через три місяці. Його проводять з метою перевірки знання робітниками правил і норм з охорони праці.

Позаплановий інструктаж проводять коли змінилися правила охорони праці або технологічний процес, обладнання, інструмент та інші фактори, що впливають на безпеку праці; коли працівники порушують правила охорони праці, що можуть призвести чи призвели до травм, аварій чи пожежі, вибуху. Його проводять індивідуально чи з групою робітників однієї професії за програмою початкового інструктажу на робочому місці. При його реєстрації вказують причину, яка спричинила його проведення.

Умови праці мають велике значення практично для всіх виробничих показників - продуктивності праці, якості робіт, безпеки працівників та інше.

Санітарно-гігієнічні умови праці характеризуються показниками виробничого середовища - рівнем освітлення, мікрокліматичними параметрами, загазованістю і запиленістю повітряного середовища, рівнем шуму і вібрації, наявністю іонізуючого випромінювання та інше.

6.2 Електробезпека

Електричні установки, з якими доводиться мати справу практично всім працюючим по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, виявляють для людини велику потенційну небезпеку, яка збільшується у зв'язку з тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити присутність електричної напруги на обладнанні.

Степінь ураження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів: значення сили струму, електричного опору тіла людини та тривалості протікання через неї струму, виду та частоти струму, індивідуальних властивостей людини та умов навколишнього середовища.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам їх експлуатації та забезпечувати захист персоналу від дотику з струмоведучими та рухомими частинами, а обладнання - від попадання всередину посторонніх твердих тіл та води.

Конструкція, вид виконання, спосіб встановлення, клас ізоляції застосовуваних провідників, кабелів, пристроїв та іншого електрообладнання відповідають вимогам електробезпеки. За ступенем ураження людей електричним струмом котельня відноситься згідно ПУЕ 1.1.13 до категорії приміщень з підвищеною небезпекою (висока температура, можливість одночасного дотику до металевих елементів технологічного обладнання або металоконструкцій будинку та металевих корпусів електрообладнання).

У нормальному режимі роботи обладнання - можливість ураження працівників електричним струмом виключена. Але на випадок аварії для запобігання ураження струмом людей передбачене захисне заземлення. Згідно ПУЕ 1.7.65 допустимий опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом.

При виконанні монтажних робіт використовуються переносні електроінструменти (електродрилі, електрошліфувальні установки, тощо).

Для забезпечення безпечної праці корпуси однофазних електроприймачів повинні занулюватись.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережах з зануленням здійснюється тим, що при замиканні одної з фаз на занулений корпус в ланці цієї фази виникає струм короткого замикання, що діє на струмовий захист (плавкий запобіжник, автомат), в результаті чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацювання захисту струм короткого викликає перерозподіл напруги в мережі, що приводить до зниження напруги корпусу відносно землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, на протязі якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для того, щоб забезпечити швидке (на протязі декількох секунд) відключення аварійної ділянки, струм короткого замикання повинен бути достатньо великим. Відповідно до вимог ПУЕ струм короткого замикання повинен не менше ніж в три рази перевищувати номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого розчеплювача автоматичного вимикача. При використанні автоматичних вимикачів, що мають тільки електромагнітний розчіплювач (відсічку), струм короткого замикання повинен перевищувати значення струму встановлення миттєвого спрацювання в 1,25-1,4 рази в залежності від номінального струму.

В однофазних електроприймачів, що включені між фазним та нульовим робочим проводами, занулення корпусів слід виконувати з допомогою окремого (третього) провідника, який повинен з'єднувати корпус електроприймача з нульовим захисним проводом. В таких випадках під'єднувати корпуси електроприймачів для забезпечення електробезпеки до нульового робочого проводу недопустимо, оскільки при його розриві (перегоранні запобіжника) всі під'єднані до нього корпуси виявляться під фазною напругою відносно землі.

В мережі з зануленням недопустимо використовувати заземлення окремих електроприймачів, не під'єднавши їх перед цим до нульового захисного провідника. В цьому випадку при замиканні фази на заземлений, але не приєднаний до нульового захисного провідника корпус створюється коло струму через заземлення цього корпусу та заземлення нейтралі джерела струму. Такий випадок небезпечний, оскільки засоби захисту не зможуть відключити такий електроприймач через мале значення струму і тому небезпечна напруга на всіх корпусах може зберігатися тривалий період, поки заземлений приймач не буде відключений вручну.

Важливо відмітити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, оскільки забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, використовуються основні та допоміжні ізолюючі засоби, а саме слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, коврики, ізолюючі підставки, тощо.

У приміщеннях, де знаходяться вимірювальні прилади, необхідно забезпечити виконання заходів по боротьбі з статичною електрикою (тобто прилади повинні бути заземлені). Найпростішим засобом є підтримка відносної вологості повітря на рівні 50 - 60 % за допомогою побутового електрозволожувача.

Підлогу слід виконувати відповідно до ГОСТ 12.4.124-83, використовуючи антистатичне покриття на проходах і біля робочих місць.

Робітникам рекомендовано носити одягу з природних матеріалів або з комбінованих - природних і штучних волокон. Для зняття електростатичних зарядів з одягу слід використовувати антистатики побутового призначення.

Оскільки корпуси приладів виконані з металу, то для усунення небезпеки ураження людини електричним струмом (можливий пробій на корпус приладу) використовується захисне заземлення.

6.3 Розрахунок заземлення

Розрахуємо систему заземлення для електроустаткування, яке працює від напруги 220 В.

$$R_{\text{ззз}} \leq \frac{U}{I_p} = \frac{220}{66} = 3.3 \leq 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ґрунту: $\rho = k_n * \rho_n = 2 * 200 = 400 \text{ Ом м}$,

де k_n - коефіцієнт підсилення;

ρ_n — питомий опір ґрунту (вибирається з довідкової літератури).

Визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \frac{4t+1}{4t-1} \right)$$

де t - відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту, м;

l, d - довжина і діаметр стержня заземлювача, м;

$$R_B = 96 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір сталевій полосі, що з'єднує стержневі заземлювачі:

$$R_{II} = (\rho / 2\pi l) * \ln(l^2 / dt) = 61 \text{ Ом.}$$

Визначаємо орієнтовне чмсло стержневих заземлювачів:

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / 4 * 1 = 24 \text{ шт.};$$

r_B - допустимий по нормам опір заземляючого пристрою,

η_B - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів (для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1).

Приймаємо розміщення вертикальних заземлювачів по контуру з відстанню між сталевими заземлювачами рівним 21. З довідкової літератури

визначаємо $\eta_B = 0,66$ і $\eta_I = 0,39$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів

$$n = R_B / [r_B] \eta_B = 96 / (4 * 0.66) = 36$$

Розраховуємо загальний розрахунковий опір аземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси

$$R = R_B R_{II} / (R_B \eta_I + R_{II} \eta_B n) = 3.9 \text{ Ом.}$$

Розрахунок проведено правильно, оскільки виконується умова $R \leq [r_B]$.

Розрахунок штучного заземлення:

Приймаємо, що опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом:

$$R_{33} = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n} \leq 4 \text{ Ом}$$

де R_{33} – опір захисного заземлення;

R_c – опір стержневих заземлювачів;

R_n – опір поперечних заземлювачів.

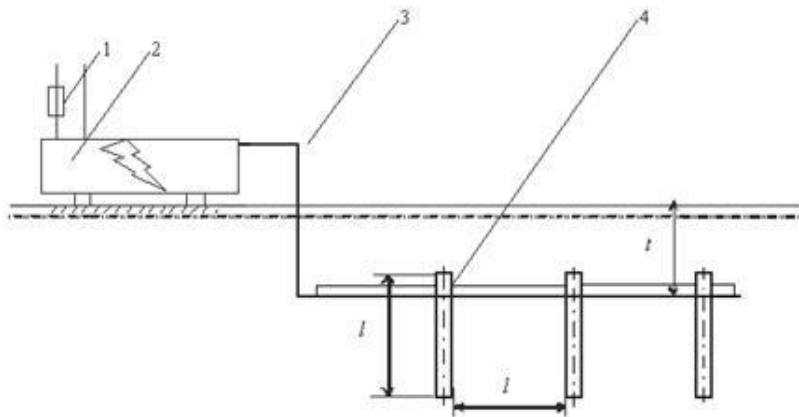


Рисунок 6.1 - Пристрій заземлення

4 – плавка вставка; 2 – електроустановка; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h' + l}{4h' - l} \right)$$

де h – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

l – довжина стержневого заземлювача 3 м;

d – діаметр стержневого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 3}{4 \cdot 0,8 - 3} \right) = 39,8 \cdot (0,18 + 3,43) = 143,8 \text{ Ом}$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{ок} = \frac{\rho_r}{2\pi} \ln \frac{2l^2}{bh'}$$

де l – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

b – ширина полоси заземлювача 30 мм;

ρ_r – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{ок} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{2 \cdot 2,5^2}{0,03 \cdot 0,8} = 63,7 \cdot 6,25 = 398,1 \text{ Ом}$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_0}$$

де R_d – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

R_0 – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають n , при якому $\eta = 1$:

n	R_n	R_c	R_0	η
1	398,1	143,8	105,6	26,1
5	398,1	143,8	105,6	5,2
10	398,1	143,8	105,6	2,6
15	398,1	143,8	105,6	1,7
20	398,1	143,8	105,6	1,3
25	398,1	143,8	105,6	1,1
26	398,1	143,8	105,6	1,0
27	398,1	143,8	105,6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною

20.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування тунельною піччю для випічки вафельних виробів. Для цього було розглянуто види тунельних печей для виготовлення виробів з тіста. Було проаналізовано технологічний процес виробництва та визначено параметри, які впливають на процес. На основі проведеного аналізу розроблено структурну та функціональну схему автоматизації.

В результаті виконання роботи було розроблено автоматизовану систему керування на базі ПЛК Mitsubishi FX3G, обрано усі датчики та виконавчі механізми.

Також у роботі було проведено дослідження автоматизованої системи з використанням багатовимірного чіткого регулятора з інтервального невизначеністю. Це дозволило значно підвищити точність регулювання.

На основі створеної системи було розроблено мнемосхему процесу керування.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. 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.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Сабанчин, В.Р. Исследование устойчивости многомерного четкого регулятора температуры с интервальной неопределенностью в системах управления установками термообработки стройматериалов / В.Р. Сабанчин, Т.В. Сазонова, В.А. Суликова, А.И. Каяшев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – Т 6. – С. 316–323.
6. Сабанчин, В.Р. Туннельная печь для обжига керамических изделий как объект автоматического управления по разрежению продуктов горения / В.Р. Сабанчин, Н.И. Жежера // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – Выпуск 6 (25). – С.1–12.
7. Сабанчин, В.Р. Проектирование цифровой системы автоматического управления переменным разрежением газов в туннельной печи обжига керамических стеновых изделий / В.Р. Сабанчин, Н.И. Жежера // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Том 7. - №2. – С.1–17.

8. Сабанчин, В.Р. Разработка системы управления туннельной печи обжига керамического кирпича на основе четких регуляторов / В.Р. Сабанчин, В.В. Тугов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – №1. – С.87–90.
9. Леонтьева Н.А., Казонен Ю.А. Лецитины - как биологически активные вещества в производстве вафельных изделий// Пути совершенствования технологий производства кулинарной продукции и современные проблемы экспертизы товаров. Сборник научных трудов, СПбТЭИ, 2002.
10. Казонен Ю.А., Иванов Е.Л., Оловянишникова С.Н. Влияние композиционного состава вафельного теста на структурно-механические свойства вафель// Тезисы докладов международной студенческой конференции посвященной 300-летию Санкт-Петербурга, 15-17 апреля 2003г.- СПбТЭИ, 2003.-С.226-229.