МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

другого (бакалаврського) рівня освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Проєкт автоматизації процесу копчення в умовах харчової промисловості. Система автоматичного регулювання температури у робочих камерах

Виконав: студент курсу, групи
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Космина А. В.

Керівник проф.,док. т. н. Пазюк М.Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.

Запоріжжя 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (бакалаврський)
Спеціальність 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕІКФС
_____ Коваленко В.Л.
"___" _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ
Космина Анатолій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проєкт автоматизації процесу копчення в умовах харчової промисловості. Система автоматичного регулювання температури у робочих камерах
керівник роботи Барішенко О.М., канд. т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» грудня 2024 року № 2029-с
2 Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.
3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технічного завдання; структура програмно-технічного комплексу; проєктування системи регулювання температури у робочих камерах; розробка технічної документації; розрахунок системи автоматизації та показників її надійності; техніко-економічних показники; охорона праці та техногенна безпека
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань креслень) презентація роботи

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент, Барішенко О.М.		
2	доцент, Барішенко О.М.		
3	доцент, Барішенко О.М.		
4	доцент, Барішенко О.М.		
5	доцент, Барішенко О.М.		
6	доцент, Барішенко О.М.		
7	доцент, Барішенко О.М.		
8	доцент, Барішенко О.М.		

7 Дата видачі завдання 14.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	14.04-20.04.25	виконано
2	Розробка схеми інформаційних потоків	21.04-27.04.25	виконано
3	Розробка технічного завдання	28.04-04.05.25	виконано
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	05.05-11.05.25	виконано
5	Проєктування системи регулювання температури в робочих камерах	12.05-18.05.25	виконано
6	Розробка технічної документації	19.05-25.05.25	виконано
7	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	26.05-01.06.25	виконано
8	Розрахунок техніко-економічних показників	02.06-08.06.25	виконано
9	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	09.06-10.06.25	виконано
10	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	11.06-17.06.25	виконано

Студент _____ Анатолій КОСМИНА
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Олена БАРІШЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Ірина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Космина А.В. Проєкт автоматизації процесу копчення в умовах харчової промисловості. Система автоматичного регулювання температури у робочих камерах.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», науковий керівник О.М. Барішенко, Запорізький національний університет, Інженерний науковонавчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесу копчення в умовах харчової промисловості, а саме системи автоматичного регулювання температури у робочих камерах. В загальній частині описано особливості процесу копчення в умовах харчової промисловості, а також оцінено рівень автоматизації і визначено завдання для проектування системи управління. У спеціальній частині розроблено функціональну схему автоматизації, обрано технічні засоби, проведено розрахунки. Розрахована принципова електрична схема, принципова електрична схема живлення, монтажна комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань і спроектовано щит КВПіА. Виконаний розрахунок технічних засобів автоматизації. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів на території цеху гарячого копчення, розроблені заходи щодо їх запобігання. Також виконано аналіз безпеки праці та розрахунки економічної ефективності проекту, включаючи необхідну кількість персоналу.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, сіми розділів, висновків, переліку джерел посилання з 49 найменувань, викладена на 91 сторінках машинописного тексту, включаючи 17 рисунок, 15 таблиць та 8 аркушів графічного матеріалу.

Ключові слова: автоматизація, процес копчення, система, харчова промисловість, керуюче вплив, контролер.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 4
ВСТУП 7
1 ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ 10
1.1 Технологічний процес копчення в умовах харчової промисловості 10
1.2 Технологічний процес теплової обробки в камерах копчення 13
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві 18
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ 20
2.1 Вимоги до системи в цілому 20
2.2 Вимоги до функцій 23
2.3 Вимоги до видів забезпечення 25
2.4 Загальна структура програмно-технічного комплекса засобів автоматизації 28
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОПЧЕННЯ 31
4 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 44
4.1 Параметрична схема технологічного процесу 44
4.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів САУ 45
5 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ 52
5.1 Функціональна схема САР 52
5.2 Принципова електрична схема 56
5.3 Принципова електрична схема живлення 57
5.4 Принципова електрична схема 57
5.5 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів 58
6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 59
6.1 Безпека та екологічність проєкту 59
6.2 Шкідливі і небезпечні фактори 59
6.3 Охорона праці 66
6.4 Вимоги до обладнання 70
6.5 Заходи з електробезпеки 72

6.6 Пожежна безпека 74
7 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 76
7.1 Розрахунок капітальних вкладень 77
7.2 Амортизаційні відрахування 78
7.3 Експлуатаційні витрати 79
7.4 Визначення річного економічного ефекту 83
7.5 Визначення терміну окупності 84
ВИСНОВКИ 86
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА 87

ВСТУП

Для підвищення здатності до тривалого зберігання м'ясних та рибних продуктів їх піддають копченню. Копчення надає цим продуктам особливий аромат, покращує їх смакові якості та зовнішній вигляд. Під копченням розуміється обробка поверхні м'ясних та рибних продуктів речовинами, які містяться в коптильному диму, що утворюється в результаті неповного горіння деревини.

Технологічний процес копчення риби включає в себе:

– підготовку риби до копчення;

– процес висушування риби;

– процес копчення риби.

Копчення риби може відбуватися при різних теплових режимах, що відповідають технологіям, в даному випадку гарячого копчення. Копчення здійснюється за допомогою спеціальних дим генераторів. Для отримання диму використовується деревина, яка не містить смоли.

У сучасних димогенераторах з зовнішнім або внутрішнім джерелом тепла, вільним або регульованим доступом повітря відбувається згорання палива в товстому або тонкому шарі, з постійним перемішуванням або без нього. Коефіцієнт корисної дії в коптильних печах при відкритому згоранні деревного матеріалу низький, при високій температурі згорають коптильні компоненти, а частина їх витікає. Також згорає стікаючий рибний жир.

Для нормальної роботи димогенератора необхідно підтримувати певну температуру горіння палива з метою запобігання спалаху палива. Технологічні вимоги до процесу димоутворення сходяться до очищення диму, отримання диму певної температури, вологості, концентрації (густини, щільності). Під час копчення встановлюється певна швидкість руху диму.

Контроль окремих технологічних параметрів ускладнений, оскільки відсутні деякі технічні засоби автоматичного контролю або вони мають

обмежений доступ. Однак більшість вибраних технологічних параметрів може бути автоматично контрольована за допомогою стандартних вимірювальних приладів, що в цілому може значно полегшити управління технологічним процесом.

Основними цілями автоматизації технологічного процесу є:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- збільшення обсягів випущеної продукції;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості продукції;
- зниження витрат сировини;
- підвищення ритмічності виробництва;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Цілі досягаються за допомогою вирішення наступних завдань автоматизації технологічного процесу:

- поліпшення якості регулювання;
- підвищення коефіцієнта готовності обладнання;
- поліпшення ергономіки праці операторів процесу;
- забезпечення достовірності інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві;
- зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях.

Об’єкт дослідження: технологічний процес копчення, теплова обробка в камерах копчення.

Предмет дослідження: підвищення продуктивності технологічного процесу гарячого копчення.

Метою роботи є розробка системи автоматизації процесу копчення в умовах харчової промисловості, а саме системи автоматичного регулювання

температури у робочих камерах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– розглянути основну технологію процесу гарячого копчення;

– провести аналіз нормативів ведення технологічного процесі і сформувати задачі для розробки інформаційно-вимірювальної системи (ІВС);

– розробити ІВС обрати технологічні засоби;

– розробити головне вікно інтерфейсу автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

– розробити технологічну документацію.

1 ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний процес копчення в умовах харчової промисловості

Копчення – це процес консервації та ароматизації продуктів харчування, таких як м'ясо, риба, птиця та сири, шляхом обробки їх димом. В результаті копчення продукт частково зневоднюється, насичується ароматичними речовинами диму, що забезпечує триваліше зберігання і надає характерний смак.

Технологія гарячого копчення (рис. 1.1) передбачає підготовку сировини (розморожування, якщо використовують рибу морожену), сортування, потрошіння (якщо передбачено технологією, в залежності від виду риби). Наприклад, для копчення риби, попередньо готують концентрований сольовий розчин для якого у 600 г води розчиняють 150 г солі кухонної харчової і 30 г цукру-піску і охолоджують до температури 2 – 4 °С.

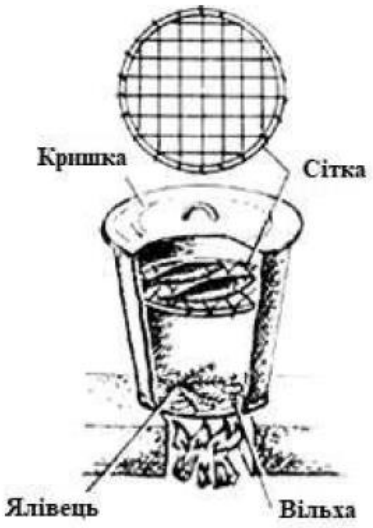


Рисунок 1.1 – Приклад застосування технологічного процесу копчення

Підготовлену рибу укладають в тару рядками, заливають підготовленим сольовим розчином, підпрасовують і залишають при температурі 2-6 °С на 24-48 год.

Після посолу рибу ополіскують для видалення з її поверхні тузлука і забруднень. Потім рибу прошивають чи обв'язують і в шаховому порядку на рейках навішують на рами, які по монорельсу чи візку загружають в коптильні камери.

З метою раціоналізації технологічного процесу коптильна піч безперервної дії має камери підсушування, копчення та охолодження, через які за допомогою замкнутого тягового ланцюга з електричним приводом переміщуються листи з рибою.

Коптильна піч безперервної дії (рис. 1.2) являє собою спеціальний пристрій, призначений для копчення продуктів, таких як м'ясо, риба, сир, тофу та інші продукти харчування.

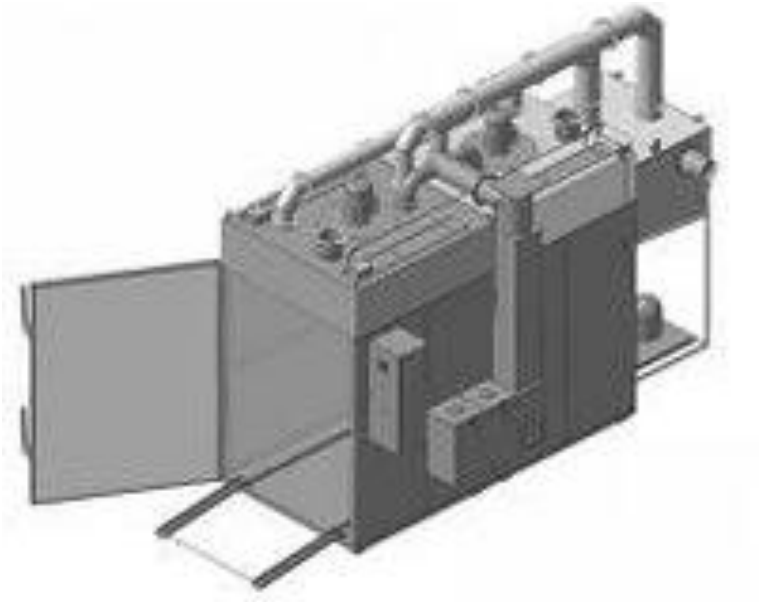


Рисунок 1.2 – Конструкція коптильної печі безперервної дії

Її робочий принцип полягає в тому, що дим і тепло створюються в ній постійно, що дозволяє вам здійснювати процес копчення продуктів безперервно протягом тривалого періоду часу. Коптильна піч має три камери:

– камера підсушки: призначена для видалення надлишкової вологи з продуктів перед початком коптіння. Підсушка допомагає зменшити час коптіння та підвищити якість копчених продуктів.

– камера коптіння, де відбувається сам процес коптіння. В цій камері

генерується дим, який проникає в продукти і надає їм характерний смак і аромат. Тут також контролюють температуру і інтенсивність диму.

– камера охолодження, після завершення процесу коптіння продукти потребують охолодження для зниження їхньої температури та зупинки процесу коптіння, це важливо для збереження безпеки та якості продуктів.

До складу установки входять два вентилятори два калорифера і димогенератор, а також повітропроводи та трубопроводи із запірно-регулюючою арматурою.

Підсушують рибу при відкритих димоходах і піддувалах. Після закінчення копчення рибу потрібно швидко охолодити в камері холодження. Визначення якості риби гарячого копчення за органолептичними показниками.

Технологічний процес гарячого копчення риби характеризується значним споживанням електроенергії, води і повітря. Крім оплати цих ресурсів по тарифам, які щороку зростають, рибообробні підприємства повинні здійснювати очистку відпрацьованих води і повітря, що також збільшує фінансові витрати. В сучасних економічних умовах підприємства повинні постійно підвищувати свою енергоефективність. Одним із способів такого підвищення є об’єднання управління розрізненними автономними компонентами лінії гарячого копчення риби в єдину систему автоматичного керування з метою стабілізації якості продукції і зменшення споживання електроенергії, води і повітря.

Для вирішення цієї задачі необхідно розробити рішення, яке реалізує алгоритм обробки поточної вимірювальної інформації з метою формування керуючих впливів із залученням результатів математичної теорії управління. Таке застосування ґрунтується на аналізі функціональної схеми автоматизації і адекватній математичній моделі лінії гарячого копчення риби.

1.2 Технологічний процес теплової обробки в камерах копчення

На сьогоднішній день рівень автоматизації багатьох коптильних камер є недостатнім для ефективного вирішення виробничих задач. Значна частина обладнання є застарілою, потребує капітального ремонту або повної заміни. Через відсутність автоматизованих систем обліку складно точно контролювати кількість готової продукції, сировини та напівфабрикатів. Велика частина процесів виконується вручну, що негативно впливає на стабільність і якість продукції. У зв’язку з цим, крім оновлення обладнання, необхідно впровадити сучасну систему автоматизації на основі мікропроцесорної техніки.

Основна мета автоматизації процесу копчення полягає в забезпеченні контрольованого висушування продукту до певного рівня вологості при стабільній продуктивності установки. На процес впливають такі зовнішні чинники, як зміна витрати, вологості та розміру часток продукту, а також температура та витрата теплоносія.

Ключовим показником, який потрібно регулювати, є залишкова вологість копченої продукції. Проте через відсутність точних приладів для безперервного вимірювання цієї вологості, зазвичай контролюють параметри сушильного агента – його температуру.

Основне завдання системи управління – стабілізувати параметри копчення таким чином, щоб продукт досягав необхідної залишкової вологості навіть при незначних змінах вхідних умов. Найчастіше керування здійснюється за показником вологості теплоносія на виході з сушильної установки. Регулятор керує подачею паливного газу через клапан на вході в топку. Для досягнення високої якості продукції часто доводиться вручну коригувати роботу регулятора, орієнтуючись на дані лабораторних вимірювань вологості.

Система технічних засобів автоматизованого керування коптильною камерою включає не лише датчики, виконавчі механізми та регулятори, а й

вторинні прилади, а також програмований логічний контролер, що забезпечує обробку сигналів та координацію роботи всієї системи.

Для повного згорання паливного газу в топку подають первинне повітря, кількість якого підтримують постійним, за допомогою регулятора витрати. Необхідна температура повітря на вході в камеру забезпечується регулятором температури, що впливає на подачу вторинного повітря в камеру змішування.

Якість готової продукції залежить від того, наскільки добре підготовлено напівфабрикат, наскільки щільним є дим, а також чи витримано потрібний температурний режим. Для різних видів риби (в залежності від розміру, сорту, вмісту жиру тощо) застосовуються різні режими обробки, які відрізняються температурою, вологістю та загальною тривалістю процесу.

Процес гарячого копчення риби зазвичай поділяється на два етапи: спочатку рибу підсушують теплим повітрям при температурі 50–90 °C близько 30 хвилин, а потім коптять гарячим димом при температурі 80–120 °C упродовж 0,5–3 годин. Щоб на всіх етапах досягти високої якості продукції, потрібно суворо контролювати температуру та вологість у коптильній камері.

Зважаючи на це, для автоматизації процесу копчення необхідно врахувати такі технічні вимоги:

- система повинна мати кілька технологічних програм для різних режимів копчення;
- технологічний процес має бути легко реалізованим;
- обладнання повинно бути зручним в експлуатації.

Технологічна схема гарячого коптіння, що була прийнята для дослідження в даній роботі наведена на рис. 1.3.

Коптильна піч безперервної дії має камери підсушування, копчення та охолодження, через які за допомогою замкнутого тягового ланцюга з електричним приводом М1 переміщуються листи з рибою. Риба після завантаження в листи надходить до камери підсушування, де при температурі від 40 до 80 ^{0}С підсушується, потім переходить у камеру коптіння, у якій при температурі від 90 до 110 ^{0}С проварюється і коптиться.

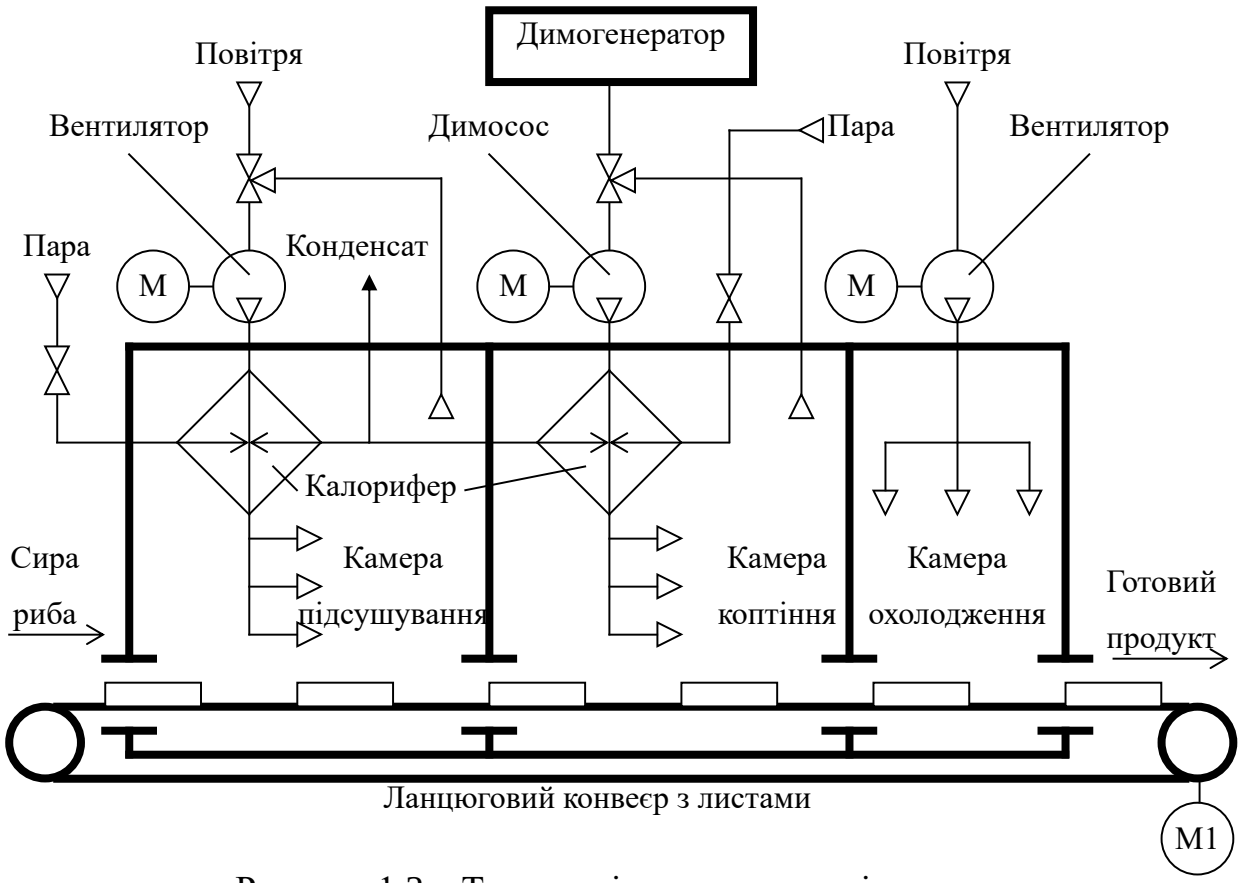


Рисунок 1.3 – Технологічна схема коптіння

У камері охолодження риба охолоджується повітрям з виробничого приміщення. Після охолодження готовий продукт виходить з печі, де його укладають у тару.

Основними задачами автоматизації технологічного процесу є:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- збільшення обсягів випущеної продукції;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості продукції;
- зниження витрат сировини;
- підвищення ритмічності виробництва;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Цілі досягаються за допомогою вирішення наступних завдань автоматизації технологічного процесу:

– поліпшення якості регулювання;

– підвищення коефіцієнта готовності обладнання;

– поліпшення ергономіки праці операторів процесу;

– забезпечення достовірності інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві;

– зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях.

Автоматизація технологічних процесів в рамках одного виробничого процесу дозволяє організувати основу для впровадження систем управління виробництвом і систем управління підприємством.

Вибір конкретних технічних засобів контролю має визначатися характеристиками середовища у точках контролю, діапазоном вимірюваних величин, необхідної точністю контролю та економічною доцільністю. Для цього необхідно використовувати існуючі каталоги контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматики та довідкову технічну літературу.

Ранжирування параметрів проведемо за описом ТП, де зазначені регламе-нти на регулювання температури гарячого копчення (найважливіший параметр), параметри теплоносія.

Показники кількості і якості готового продукту також є найважливішими параметрами, що характеризують результат роботи лінії. За показник якості можна прийняти вологість і кольоровість виробу.

Технологічні діаграми температурного режиму в камерах копчення наведені на рис. 1.4.

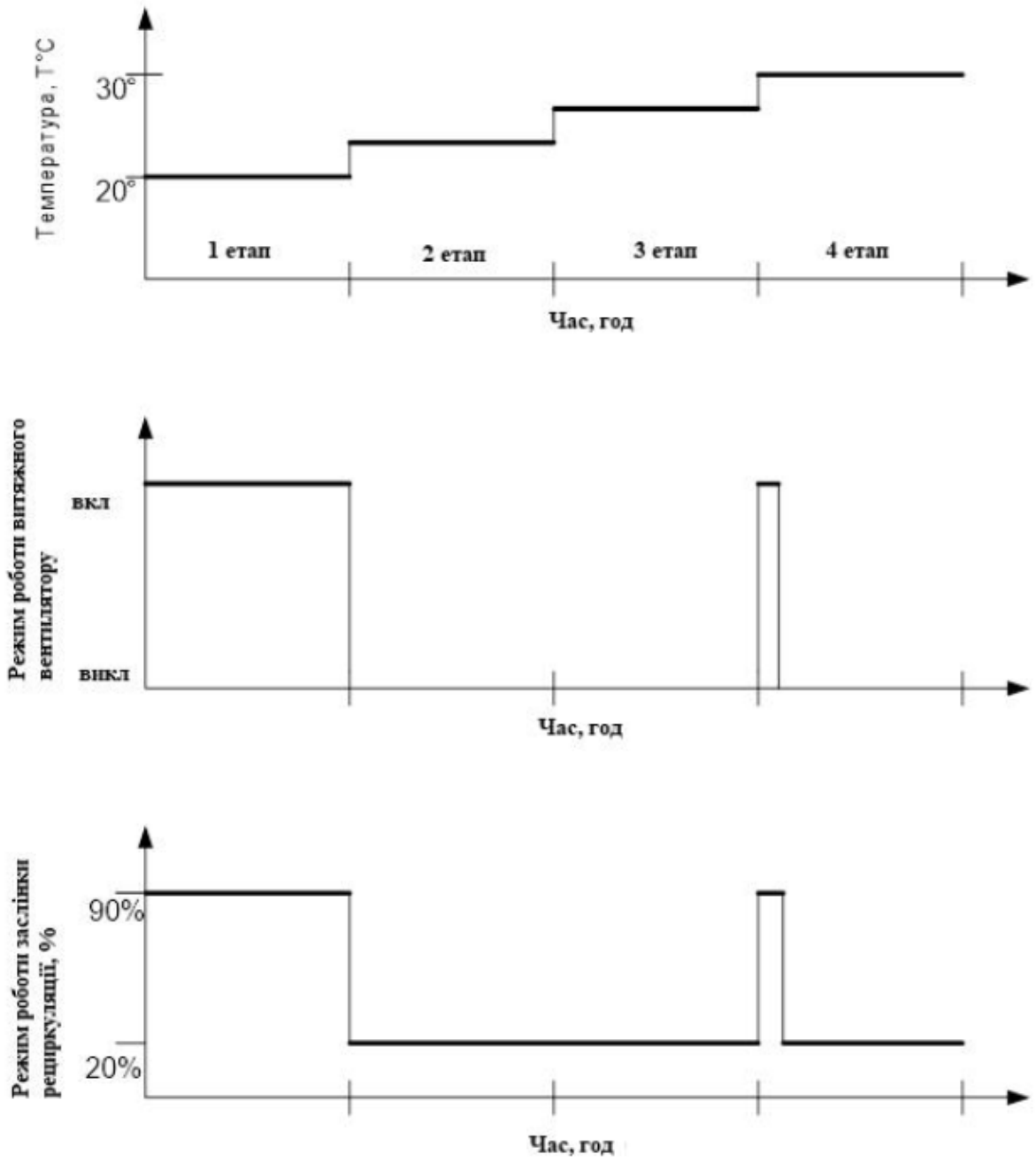


Рисунок 1.4 – Технологічні діаграми: температурного режиму технологічного процесу копчення; режиму керування витяжним вентилятором; ружиму керування заслінкою рециркуляції

Етап підсушення:

- температура диму (60 – 80 °С);
- час підсушування ((15 – 30) х 60 с);

Етап копчення:

– температура диму (100 – 140 °С);

– час копчення ((30 – 90) х· 60 с);

Етап охолодження:

– температура 1 (30 – 35 °С);

– температура 2 (8 – 12 °С);

Технологічний процес гарячого коптіння доцільно реалізовувати, якщо:

– температура в камері підсушки не нижче 60 ◦С;

– температура в коптильній камері не нижче 100 ◦С;

– час підсушування – 120 с, час коптіння – 180 с;

– тиск пари в камері підсушення і копчення не вище 0,8 МПа.

Для вимірювання температури існує велика кількість датчиків, що дозволяють автоматично контролювати цей параметр із достатньою точністю.

Схема інформаційно-вимірювальної системи виконується відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.4-16:2008 [1]. Автоматизація технологічних процесів. зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві

Для автоматизації процесу копчення рибних делікатесів у коптильних камерах широко застосовується універсальний двоканальний програмований ПІД-регулятор фірми ОВЕН типу ТРМ151. Завдяки цьому приладу можна, наприклад, періодично вмикати вентиляційні жалюзі, керувати нагріванням і подачею диму. ТРМ151 має два універсальні входи, до яких можна під’єднати різні типи датчиків – термопари, термоперетворювачі опору, датчики струму або напруги, а також датчики положення заслінок.

У стандартній комплектації ТРМ151 містить два програмовані модулі-регулятори, кожен з яких може працювати або в режимі

«вмикання/вимикання» (ON/OFF), або за ПІД-законом.

Цей регулятор також дозволяє створювати і зберігати до 12 технологічних програм – кожна з них може мати до 10 кроків. Для кожного кроку задаються умови, за яких здійснюється перехід до наступного етапу. Завдяки такій програмі регулятор ТРМ151 може автоматично запускати чи вимикати виконавчі механізми.

Регулятор ТРМ151 повинен забезпечувати безпечне і безперервне проведення процесу копчення риби. Для цього він має контролювати справність вимірювального обладнання, наприклад, виявляти обрив або коротке замикання датчиків.

ТРМ151 виконує діагностику всієї системи автоматизації. Якщо стається збій у роботі якогось датчика, який не бере участі в даному етапі технологічного процесу, прилад не перериває виконання програми, а лише сповіщає про несправність. Але якщо виходить з ладу важливий датчик, необхідний саме на цьому етапі, то регулятор припиняє виконання програми, щоб уникнути серйозніших поломок, і вимикає всі вихідні пристрої.

Після усунення несправності регулятор дозволяє відновити виконання технологічного процесу з будь-якого з десяти кроків програми.

Висновки. Проаналізовано технічні основи процесу копчення продкції тваринного походження. Побудовано наступні технологічні діаграми: температурного режиму технологічного процесу копчення; режиму керування витяжним вентилятором; ружиму керування заслінкою рециркуляції. Розглянуто особливості регулювання температурного режиму в камерах копчення та проаналізовані основні технологічні параметри цього процесу.

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

В установці всі операції по гарячому копченню риби (підготовка гострого пару для пропарки, підготовка гарячого сухого повітря для просушки риби, управління компресором, системою охолодження і зменшення вологості повітря, температурою, вологістю і концентрацією коптильного диму, температурою повітря в камері охолодження, переключенням системи охолодження секції випарювача з охолодження на розморожування) керуються однією міні-ЕОМ.

В досліджуваній системі керування процесом гарячого копчення риби збудована суворими методами загальна математична модель, навіть без рахування динаміки виконавчих приводів, буде складатися з багатовимірної системи нелінійних диференційних рівнянь в приватних похідних. Загальне число фазових змінних складе декілька десятків.

Перерахуємо параметри, контроль стану яких може забезпечувати отримання якісного готового продукту.

Стадія підготовки риби для копчення:

- крупність риби;
- ретельність промивки риби після оброблення, сортування;
- кількість солі при засолюванні, її технологічні показники;
- кінцева солоність риби;
- час засолювання;
- зміна кольоровості (пожовтіння) жирового прошарку

Стадія в’ялення:

- зневоднення (вологість м'яса риби);
- зменшення солоності температура повітря в вішалах;
- вологість повітря в вішалах;

– інтенсивність повітрообміну в вішалах;

– час провялювания.

Стадія димоутворення:

– склад порід деревного матеріалу і його якість;

– крупність подрібненого деревного матеріалу;

– вологість деревного матеріалу;

– товщина шару палива в димогенераторах;

– температура горіння палива;

– температура диму;

– концентрація диму;

– вологість диму;

– ступінь очищення диму.

Початкова стадія копчення:

– температура диму;

– швидкість руху диму;

– час підсушування.

Основна стадія копчення:

– температура диму;

– швидкість руху диму;

– температура м'яса риби;

– стан поверхні виробу за забарвленням;

– стан поверхні шкурки риби по вологості;

– час копчення;

– вологість м'яса риби.

Стадія охолодження:

– температура охолодження;

– час охолодження.

Отже, для технологічного процесу гарячого копчення риби в наступному розділі розроблена цифрова САР температури камери коптіння, інваріантна до

температури камери підсушки підвищеної динамічної точності, що інтегрована до АРМ оператора-технолога, яка повинна забезпечити роботу ОУ в енергозберігаючому режимі.

Технологічний процес гарячого коптіння доцільно реалізовувати, якщо:

– температура в камері підсушки не нижче 60 ◦С;

– температура в коптильній камері не нижче 100 ◦С;

– час підсушування – 120 с, час коптіння – 180 с;

– тиск пари в камерах коптильної печі, не вище 0,8 МПа.

Технологічний процес гарячого коптіння риби є тепловим процесом, пов’язаним з передачею тепла шляхом його конденсації в камерах коптильної печі безперервної дії. Важливою умовою нормального функціонування технологічного процесу є підтримування необхідної температури в камерах.

Проведемо параметризацію технологічної схеми (2.1):

$\theta_к$ – температура у коптильній камері, ^{0}С;

$\theta_п$ – температура у камері підсушки, ^{0}С;

$Р_г$ – тиск пари, що гріє, МПа;

U_1 – регулюючий вплив – зміна положення регулюючого органу на паропроводі до камери підсушки, % х.р.о.;

U_2 – регулюючий вплив – зміна положення регулюючого органу камери коптіння, % х.р.о.; f_1, f_2 – неконтрольовані збурення.

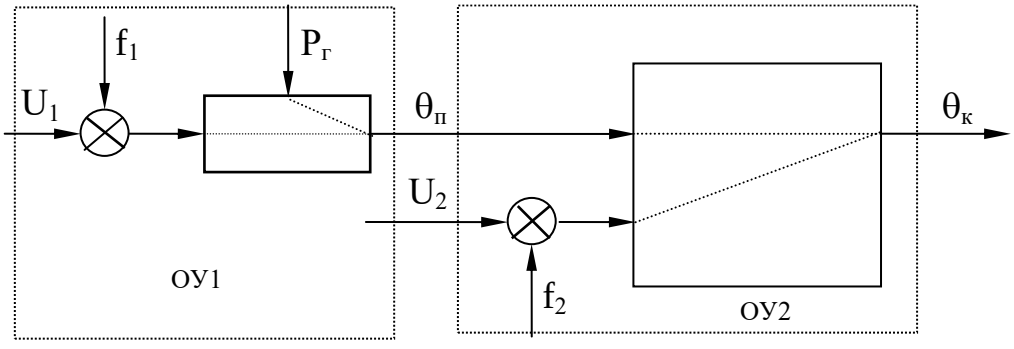


Рисунок 2.1 – Структурна схема камер підсушування та копчення як об’єктів регулювання

Перехідні характеристики об'єкту за каналами регулювання і контрольованими збуреннями наведені на рис. 2.2.

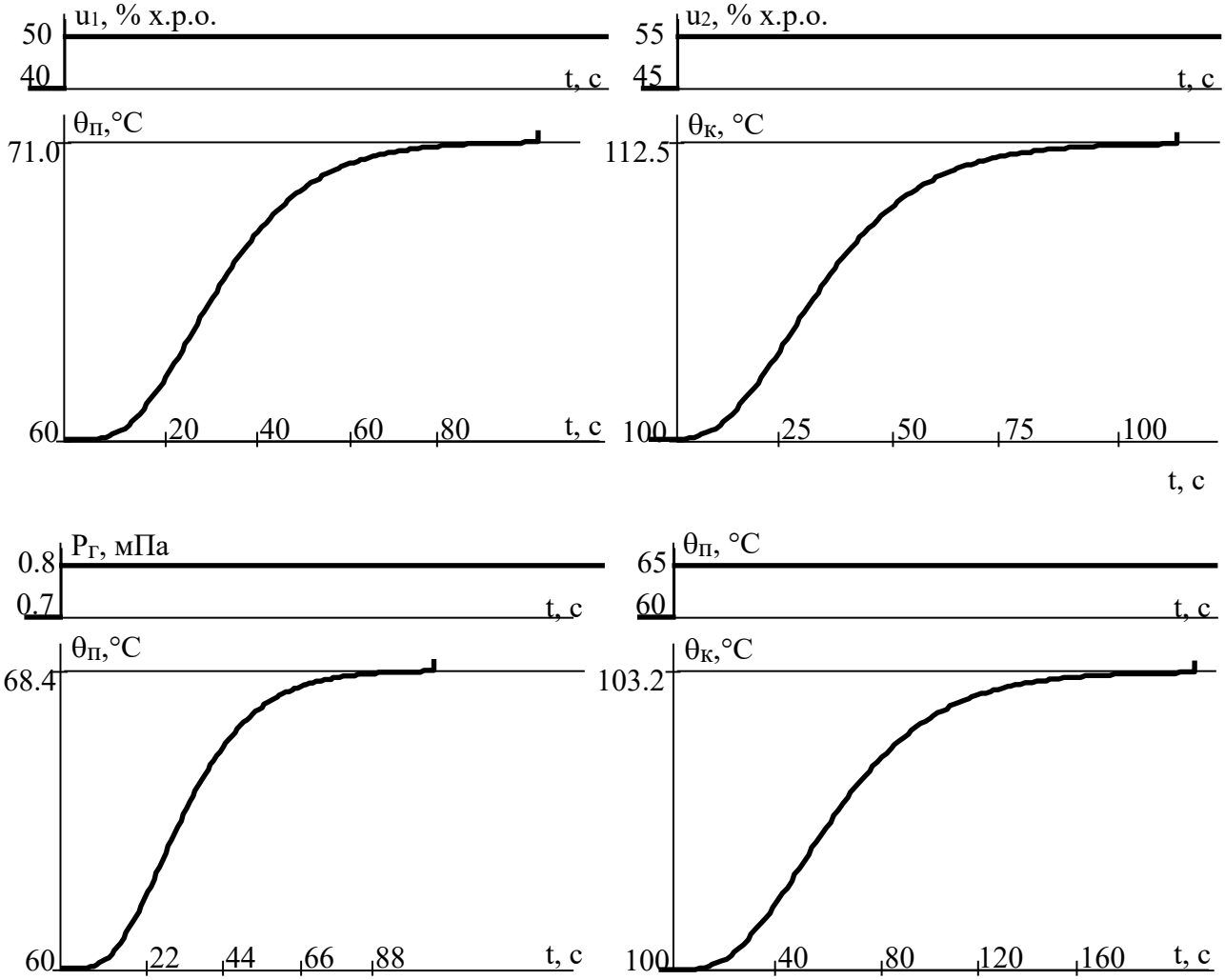


Рисунок 2.2 – Перехідні характеристики об'єкту за каналами регулювання і контрольованими збуреннями

2.2 Вимоги до функцій

Вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинні відповідати ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення [4]. Система повинна складатися з трьох рівнів:

– локальний рівень;

– рівень виробництва;

– верхній рівень.

На локальному рівні необхідне виконання наступних завдань:

– перетворення вимірюваних параметрів в електричний сигнал;

– управління виконавчими пристроями;

– реалізація блокувань і аварійного захисту;

– погодження сигналів від датчиків з входами в ПЗО.

При аварійних ситуаціях має спрацьовувати світлова та звукова сигналізація.

Завдання на рівні підсистемного виробництва:

– збір та обробка інформації яка надходить від технологічної системи;

– періодичне опитування датчиків стану

– прийом та передача інформації від інших систем;

– виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентуючих значень;

– реалізація завдань програмно-логічного управління технологічним процесом.

В таблиці 2.1 наведений регламент введення ТП і функції ЗВТ.

Таблиця 1.1 – Регламент введення ТП і функції ЗВТ

№	Найменування параметра	Номінальне значення	Допустиме відхилення	Функції ЗВТ за рівнями управління			
				Місцевий	Щит КВПіА	МПК	ПК
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Температура в камері підсушування	60 – 80 °С	±2 °С	IY	IYA	Y	IRA
2	Температура в камері копчення	100 – 120 °С	±2 °С	IY	IYA	Y	IRA
3	Температура в охолодження	8 – 35 °С	±2 °С	IY	IYA	Y	IRA
4	Струм електроп-ривода конвеєра	20 А	±2 °С	E	IY	Y	IR
5	Витрата пари в камері підсушування	100 кг/год		E	IY	Y	RA

6	Витрата пари в камері копчення	150 кг/год		E	IY	Y	RA
7	Тиск пари в камері підсушування	0,8 МПа	±0,1 МПа	IS	A	Y	A
8	Тиск пари в коптильній камері	0,8 МПа	±0,1 МПа	IS	A	Y	A
9	Вимкнення димососа			SA	SA	SY	A
10	Вимкнення конвеєра			SA	SA	SY	A
11	Вимкнення вентилятора			SA	SA	SY	A
12	Переміщення клапана пари				S	Y	C
13	Переміщення клапана подачі повітря				S	Y	C
14	Переміщення клапана подачі диму				A	Y	A

2.3 Вимоги до видів забезпечення

Вимоги до інформаційного забезпечення

Для обміну інформацією в рамках розподіленої системи повинна бути створена база даних, що забезпечує доступ до даних з локальних елементів мережі. Для зручності роботи технологів-операторів з великими об'ємами різноманітної інформації і для вироблення відповідних стереотипів взаємодії з системою автоматизації інформаційне забезпечення системи повинно бути структуроване і мати ієрархічну організацію.

Повинні бути передбачені такі стандартні операційні панелі: загального огляду, мнемосхеми, групи приладів, панелі налаштування, панелі сигналів тривоги, панелі реєстрації ходу процесу (тренди). Всі категорії даних інформаційного забезпечення СПЗ (системи протиаварійного захисту) не повинні губитися при аваріях електроживлення та відмові блоків і модулів системи ПАЗ.

Всі константи, які налаштовуються, інформація прив'язки, алгоритми вирішення завдань і тексти програм повинні зберігатися на дублюючих носіях і оновлюватися при внесенні змін в систему. Для кодування інформації повинні бути використані класифікатори (коди) прийняті замовником і які відповідають вимогам однозначності, простоти і можливості розширення.

Вимоги до лінгвістичного забезпечення

Зважаючи на відсутність вітчизняних нормативних документів, в якості їх прототипу необхідно використовувати розроблений Міжнародної 31 Електротехнічній Комісією (МЕК) стандарт IEC 61131-3, що регламентує повноту і синтаксис мов технологічного програмування. Все прикладне програмне забезпечення системи для організації взаємодії з користувачем повинно використовувати російську мову. Вся інформація в АСУТП повинна бути представлена у вигляді понять і визначень властивих металургійної галузі.

Вимоги до програмного забезпечення

При проектуванні та розробці системи необхідно максимально ефективним чином використовувати раніше закуплене програмне забезпечення, як серверне, так і для робочих станцій. Використовуване при розробці програмне забезпечення та бібліотеки програмних кодів повинні мати широке поширення, бути загальнодоступними і використовуватися в промислових масштабах. Базовою програмною платформою повинна бути операційна система Windows XP або Windows 10. У якості показуючи приладів використовуються РМТ 29. Його робота відбувається під управління ОС Linux.

Програмування контролерів може здійснюватися за допомогою інструментальної системи програмування.

Вимоги до технічного забезпечення

Для забезпечення роботи системи необхідні різноманітні технічні засоби від первинних перетворювачів до ЕОМ. У даній системі використовуються різні первинні перетворювачі для виміру температури, тиску, витрати з

уніфікованим вихідним сигналом по струму 0-20мА. Всі технічні засоби працюють з уніфікованими сигналами по струму і напрузі. Вимоги до метрологічного забезпечення Клас точності приладів повинен бути не більше 3%. Усі технічні засоби повинні проходити державну повірку і регулярно обслуговуватися метрологічною службою.

Метрологічне забезпечення вимірювальних систем повинне відповідати ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. Значення контрольованих параметрів (технологічного процесу, технологічного обладнання) повинні бути виражені відповідно до ДСТУ OIML D 2:2007 Узаконені одиниці вимірювань. Усі методики вимірювання, використовувані у сфері державного метрологічного контролю і нагляду, повинні бути атестовані. Для технічних засобів, що беруть участь в процесі вимірювання контрольованих параметрів повинні бути забезпечені відповідні умови експлуатації (температура, вологість). Повинен бути забезпечений контроль умов їх експлуатації в приміщеннях управління [5].

Вимоги до організаційного забезпечення

Організаційне забезпечення АСУТП повинно бути достатнім для ефективного виконання персоналом покладених на нього обов'язків з експлуатації системи.

Організаційне забезпечення повинно включати вимоги щодо чисельності та кваліфікації персоналу АСУТП і КВПіА, інструкції по кожному виду діяльності, і точне визначення виконуваних функцій.

Замовником повинні бути визначені посадові особи, відповідальні за:

– обробку інформації;

– адміністрування;

– забезпечення безпеки інформації;

– управління роботою персоналу з обслуговування автоматизованої системи.

До роботи з системою повинні допускатися співробітники, що мають навички роботи на персональному комп'ютері, ознайомлені з правилами експлуатації і пройшли навчання роботі з системою [6].

Вимоги до патентної чистоти.

Система, її складові частини і прийняті при розробці проектні рішення повинні володіти патентною чистотою відносно держави Україна.

2.4 Загальна структура програмно-технічного комплекса засобів автоматизації

Метою розробки програмно-технічного комплексу є створення сучасної, високоефективної, автоматизованої системи управління технологічним процесом термічної обробки металу, що забезпечується за рахунок реалізації новітніх технологічних і технічних рішень за допомогою використання сучасних, надійних технічних засобів автоматизації, виконаних на базі мікропроцесорної техніки.

Структура системи управління:

Середній рівень системи управління рухом:

– шафи технологічних захистів;

– шафи управління;

– серверна шафа середнього рівня в складі сервера середнього рівня і комунікаційного управління.

Нижній рівень системи управління:

– засоби вимірювання нижнього рівня (КВПіА);

Технічні засоби для розміщення КВПіА:

– щит КВПіА;

– пульт оператора;

– пульт ручного управління.

Внутрісистемні лінії зв'язку (відповідно до специфікації).

Структура середнього рівню системи управління рухом на лінії ламінування.

Контролер управління.

Контролер управління забезпечує:

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з пульта управління (команди дистанційного управління й команди управління режимами роботи регулюючих арматур, команди управління режимами роботи ПІД-регуляторів, паспорти технологічних параметрів, уставки регуляторів);

б) обробку прийнятих сигналів – виконання алгоритмів:

1) автоматичних регуляторів;

2) стандартних алгоритмів;

3) алгоритмів діагностики.

в) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми регулюючих арматур.

д) додатково контролер забезпечує прийом інформації із теплолічильників, її обробку і передачу даної інформації на інші вузли системи.

Пристрій технологічних захистів.

Пристрій технологічних захистів забезпечує:

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з контролерів управління (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури, сигнали від приладив теплолічильників;

3) з пульта управління (команди дистанційного управління арматурами, команди управління режимами роботи технологічних регуляторів, режимами роботи системи управління котла, команди управління алгоритмами

технологічного контролю й програмно-логічного управління, паспорта технологічних параметрів, уставки алгоритмів технологічних захистів і блокувань);

4) із сервера системи управління (інформацію системи єдиного часу).

б) обробку прийнятих сигналів – виконання алгоритмів:

1) технологічних захистів;

2) технологічних блокувань;

3) технологічного контролю;

4) програмно-логічного управління;

5) стандартних алгоритмів;

6) алгоритмів діагностики;

в) формування попереджувальної та аварійної звукової і світлової сигналізації;

г) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми запірної та запірно-відсічної арматур;

д) передачу значень технологічних параметрів, інформацію про стан арматур, стан технологічних захистів і блокувань, ретрансляцію команд управління режимами роботи технологічних регуляторів (у контролери управління), інформацію про хід виконання алгоритмів технологічного контролю та програмно-логічного управління, інформацію про останню аварію, результатів діагностики на:

1) сервери системи управління;

2) пульт оператора;

3) контролер управління.

Висновки. В даному розділі наведені усі необхідні вимоги до структури та функціонування системи АСУТП повинна, які відповідають ДСТУ 2226-93 «Автоматизовані системи. Терміни та визначення».

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОПЧЕННЯ

У випадку технологічного процесу гарячого коптіння риби, як для каналу управління, так і для каналу контрольованого збурення, властивість самовирівнювання присутня через тепловий характер процесу. Збільшення впливу управління або тиску пари в камерах контрольованого збурення призведе до підвищення температури процесів сушіння і коптіння, які регулюються.

Враховуючи фізичну природу теплових процесів, які відбуваються в об'єкті контролю, відомо, що ці процеси в значній мірі можуть бути математично описані нелінійними диференціальними рівняннями. Однак, варто зазначити, що номінальний режим функціонування об'єкта контролю пов'язаний з обмеженим діапазоном зміни температури дідсушки і коптіння в якості регульованої змінної. У цьому обмеженому діапазоні процеси можуть бути лінійно апроксимовані лінійними диференціальними рівняннями, що дозволяє використовувати лінеаризовану модель для об'єкта контролю.

Активні експерименти можуть бути проведені лише з каналами, в яких можна цілеспрямовано змінювати вхідні змінні. В першу чергу ці змінні включають керуючі дії. У цьому контексті експериментатор має можливість обирати форму вхідних дій, яка може бути ступінчастою, лінійно зростаючою, імпульсною, гармонічною або випадковою. Проте з огляду на простоту організації цих дій, економію часу при проведенні експерименту та обробці його результатів, рекомендується використовувати ступінчасті вхідні дії.

План активного експерименту:

– за допомогою зміни управляючої дії домагаємося значення регульованої координати, що перебувало б в околиці її номінального значення. Для нашого об’єкта керування значенню u = 50% х.р.о. буде відповідати значення регульованої координати 83◦С;

– чекаємо закінчення перехідного процесу в каналі та настання сталого

режиму, при якому вихідна змінна перестане змінюватися;

– змінимо управляючу дію ступінчастим чином на 10% х.р.о., відзначивши при цьому момент початку його зміни.

– реєструємо зміну вихідної змінної до настання нового сталого режиму, вхідну дію у такому разі можна не реєструвати.

Результати активного експерименту наведені на рис. 3.1.

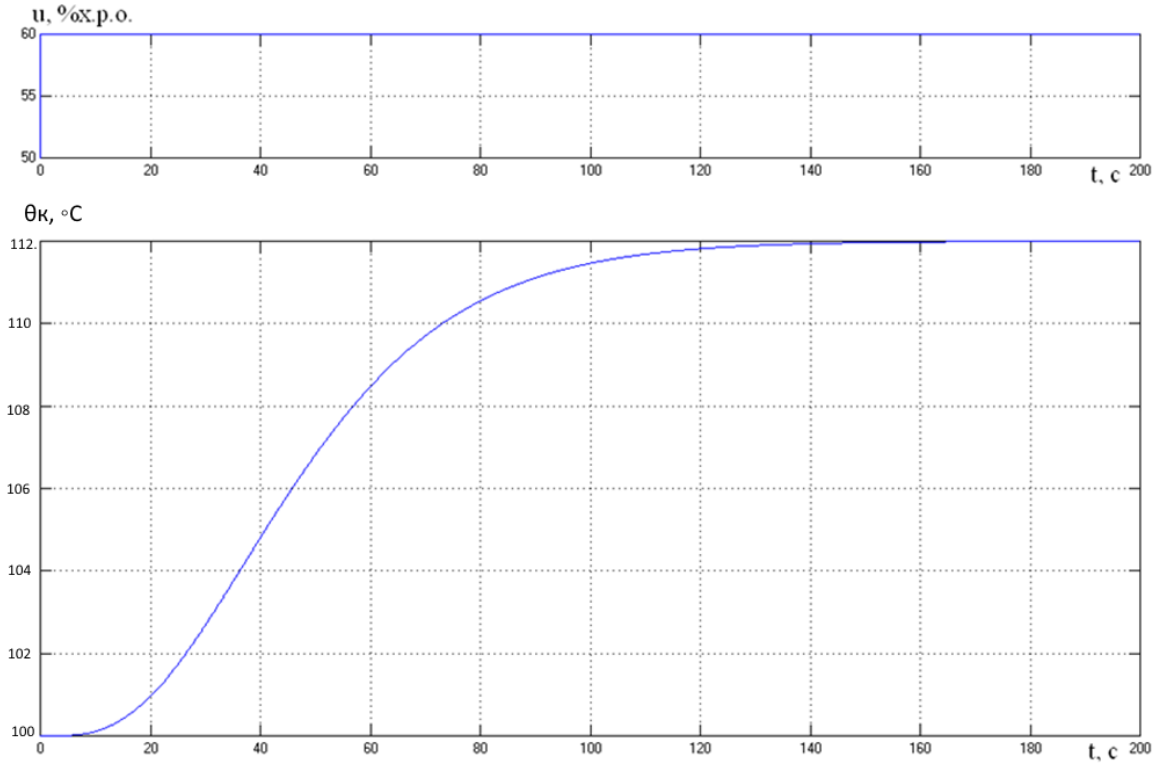


Рисунок 3.1 – Результати активного експерименту

За результатами активного експерименту (рис. 3.1) можна зробити висновок, що канал управління нашого об’єкту керування має властивість самовирівнювання, а значить його модель може бути описана передаточними функціями:

– першого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{T_0 p + 1}; \qquad (3.1)$$

– другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{(T_0 p + 1)^2}. \quad (3.2)$$

Режими процесу копчення.

1) Режим запуску: відбувається нагрівання плитки, повітря, продукту, E1>0:

$$\theta_{пл} = \theta_{пл.уст}\,(1\text{-}e\text{-}t/T_{пл}); \quad (3.3)$$

$$\theta_{в} = \theta_{в.уст}\,(1\text{-}e\text{-}t/T_{в}); \quad (3.4)$$

$$\theta_{пр}=\theta_{пр.уст}\,(1\text{-}e\text{-}t/T_{пр}). \quad (3.5)$$

2) Режим розігріву продукту: плитка, повітря вже прогріті, а продукт залишається холодним.

$$\theta_{пл} = \theta_{пл.зад}; \quad (3.6)$$

$$\theta_{в} = \theta_{в.ном}; \quad (3.7)$$

$$\theta_{пр}= \theta_{пр.уст}\,(1\text{-}e\text{-}t/T_{пр}). \quad (3.8)$$

3) Режим номінальний: плитка, повітря та продукт прогріті до номінальної температури.

$$\theta_{пл} = \theta_{пл.зад}; \quad (3.9)$$

$$\theta_в = \theta_{в.ном}; \quad (3.10)$$

$$\theta_{пр} = \theta_{пр.зад}. \quad (3.11)$$

4) Режим охолодження: відбувається охолодження плитки, повітря та продута.

$$\theta_{пл} = \theta_0(e\text{-}t/T_{пл}); \quad (3.12)$$

$$\theta_в = \theta_0(e\text{-}t/T_в); \quad (3.13)$$

$$\theta_{пр} = \theta_0(e\text{-}t/T_{пр}). \quad (3.14)$$

Для параметричної ідентифікації моделей ОК зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Коефіцієнт передачі об’єкта керування визначають за формулою:

$$К_0 = \frac{\Delta\theta_п}{\Delta U} = \frac{71 - 60}{50 - 40} = 1{,}1° \frac{C}{\%х}. \text{р. о.} \quad (3.15)$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики «двох загальних точок».

Для моделі 1-го порядку:

$$\theta_{п\ 1,0} = 71 - 60 = 11\ ^0C;$$

$$\theta_{п\ 0,33} = 0{,}33 \cdot 11 + 60 = 63{,}63\ ^0C;$$

$$\theta_{п\ 0,7} = 0{,}7 \cdot 11 + 60 = 67{,}7\ ^0C;$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.2), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$t_{0,33}$ = 35 с;

$t_{0,7}$ = 55 с.

Тоді

$$\tau_0 = 0{,}5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0{,}5 \cdot (3 \cdot 35 - 55) = 25\ c;$$

$$T_0 = (t_{0,7} - t_0)/1{,}2 = (55 - 25)/1{,}2 = 25\ c.$$

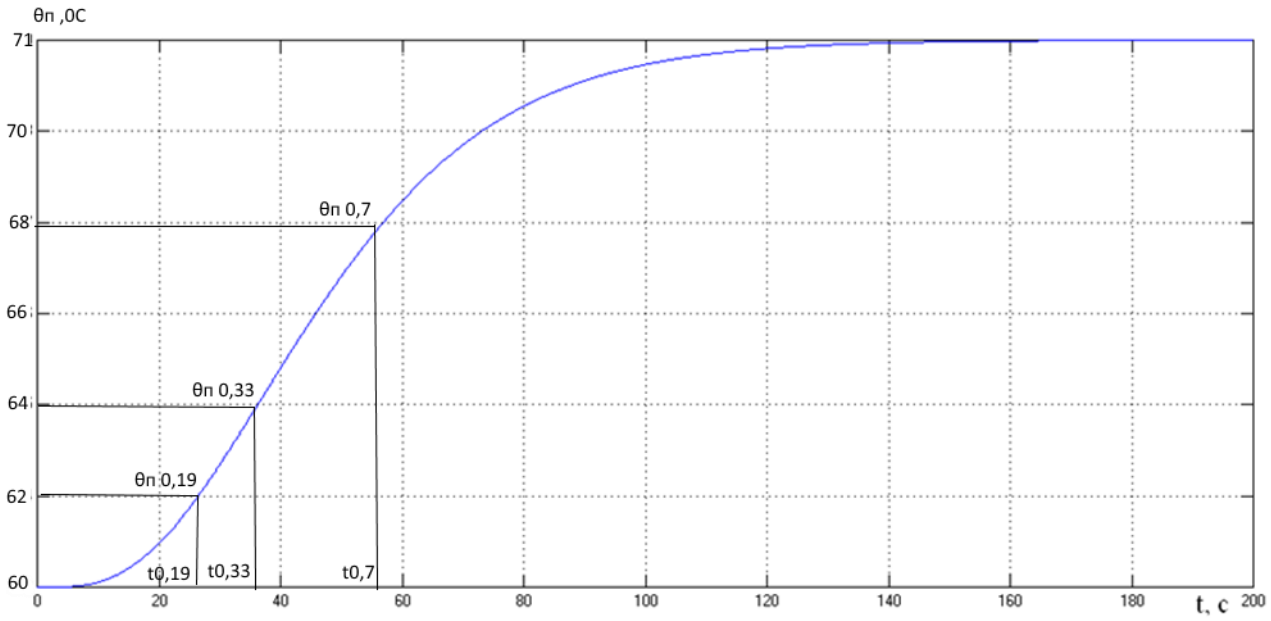


Рисунок 3.2 – Параметрична ідентифікація моделі ОК

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0{,}6 \cdot e^{-25p}}{25p + 1} \qquad (3.16)$$

Для моделі 2-го порядку:

$$\theta_{2\ 0,19} = 0{,}19 \cdot 11 + 60 = 62{,}1^0\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.2), знаходимо $t_{0,19}$.

$t_{0,19}$ = 29 с.

Тоді

$$\tau_0 = 0{,}5 \cdot \left(3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}\right) = 0{,}5 \cdot (3 \cdot 29 - 55) = 16\ c$$

$$T_0 = \left(t_{0,7} - t_0\right)/2{,}4 = (55 - 16)/2{,}4 = 16{,}25\ c$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0{,}6 \cdot \mathrm{e}^{-16\mathrm{p}}}{16{,}25\mathrm{p} + 1} \qquad (3.17)$$

Якщо вхідні змінні ОК недоступні для цілеспрямованої зміни, то для отримання моделі ОК за такими каналами застосовні статистичні методи ідентифікації. Інформація для реалізації цих методів збирається в ході пасивного експерименту, коли на досить тривалих інтервалах часу синхронно фіксуються в часі важливі зміни вхідних і вихідних змінних каналів ОК. Статистична непараметрична ідентифікація (тобто ідентифікація, коли вид моделей апріорі не заданий), залежно від використовуваного математичного апарату, може проводитися в часовій або в частотній областях. Вихідні дані для ідентифікації за своєю природою є записом реалізацій вхідних і вихідних координат ОК, отриманих в результаті експерименту. У часовій області ідентифікується імпульсна перехідна (вагова) функція (ІПФ), а в частотної – АЧХ і ФЧХ. Найбільш розроблені методи ідентифікації застосовні для лінійних стаціонарних ОК. У цьому випадку вхідні і вихідні змінні каналів приймаються стаціонарними та стаціонарно пов'язаними.

Припустимо, що нам вдалося провести активний експеримент через канал контрольованого збурення, то за результатами цього експерименту можна виконати ідентифікацію моделі об'єкта контролю.

Результати активного експерименту за каналом контрольованого

збурення наведено на рис. 3.3.

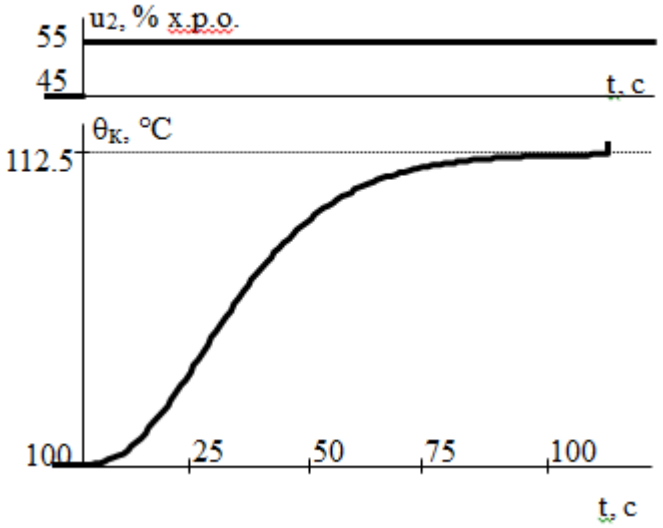


Рисунок 3.3 – Результати активного експерименту за каналом контрольованого збурення

За результатами активного експерименту (рис. 3.3) можна зробити висновок, що канал контрольованого збурення нашого ОК має властивість самовирівнювання, а значить його модель може бути описана передаточними функціями:

– першого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{T_0 p + 1}; \qquad (3.18)$$

– другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{(T_0 p + 1)^2}. \qquad (3.19)$$

Для параметричної ідентифікації моделей ОК зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Коефіцієнт передачі об’єкта керування визначають за формулою:

$$\text{К}_0 = \frac{\Delta\theta_\text{к}}{\Delta U} = \frac{103{,}2 - 100}{55 - 45} = 0{,}32° \frac{C}{\%\text{x}}.\text{р.о.} \qquad (3.20)$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики «двох загальних точок».

Для моделі 1-го порядку:

$$\theta_\text{к} = 103{,}2 - 100 = 3{,}2\ ^0\text{C};$$

$$\theta_{\text{к}\,0{,}33} = 0{,}33 \cdot 3{,}2 + 100 = 101{,}1\ ^0\text{C};$$

$$\theta_{\text{к}\,0{,}7} = 0{,}7 \cdot 3{,}2 + 100 = 102{,}24\ ^0\text{C};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.2), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

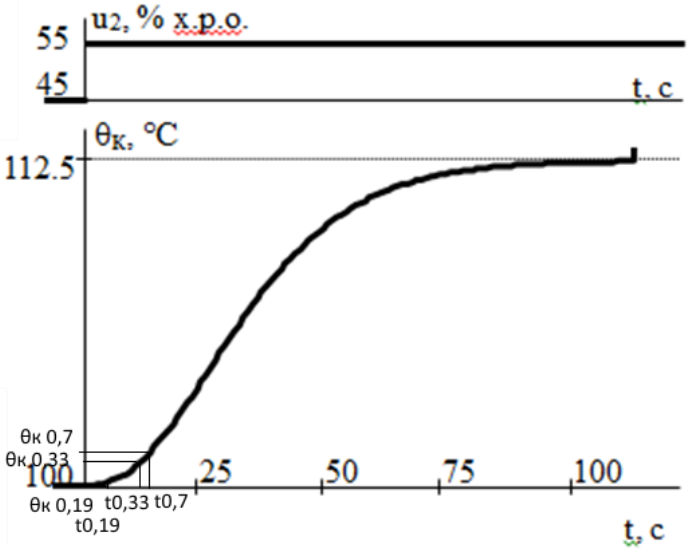


Рисунок 3.4 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом контрольованого збурення

$t_{0,33}$ = 12 с;

$t_{0,7}$ = 13 с.

Тоді

$$\tau_0 = 0{,}5 \cdot \left(3 \cdot t_{0{,}33} - t_{0{,}7}\right) = 0{,}5 \cdot (3 \cdot 12 - 13) = 11{,}5\ c$$

$$T_0 = \left(t_{0{,}7} - t_0\right)/1{,}2 = (13 - 11{,}5)/1{,}2 = 1{,}25\ c$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0{,}6 \cdot \mathrm{e}^{-11{,}5\mathrm{p}}}{1{,}25\mathrm{p} + 1} \qquad (3.21)$$

Для моделі 2-го порядку:

$\theta_{2\ 0{,}19} = 0{,}19 \cdot 3{,}2 + 100 = 100{,}6\ ^0\mathrm{C}$;

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.2), знаходимо $t_{0{,}19}$.

$t_{0{,}19} = 5$ с.

Тоді

$$\tau_0 = 0{,}5 \cdot \left(3 \cdot t_{0{,}19} - t_{0{,}7}\right) = 0{,}5 \cdot (3 \cdot 5 - 13) = 1\ c$$

$$T_0 = \left(t_{0{,}7} - t_0\right)/2{,}4 = (13 - 1)/2{,}4 = 50\ c$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_o(p) = \frac{0{,}6 \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{p}}}{50\mathrm{p} + 1} \qquad (3.21)$$

Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК зведено в таблицю 3.2 і 3.3 і на рис. 3.5 і 3.6.

Таблиця 3.1 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК (камера підсушки)

№ експерименту	u_1, %х.р.о.	$P_г$, кПа	$\theta_п$, ^{0}С
1	40	0,75	60
2	42	0,75	63
3	46	0,75	68
4	50	0,75	71

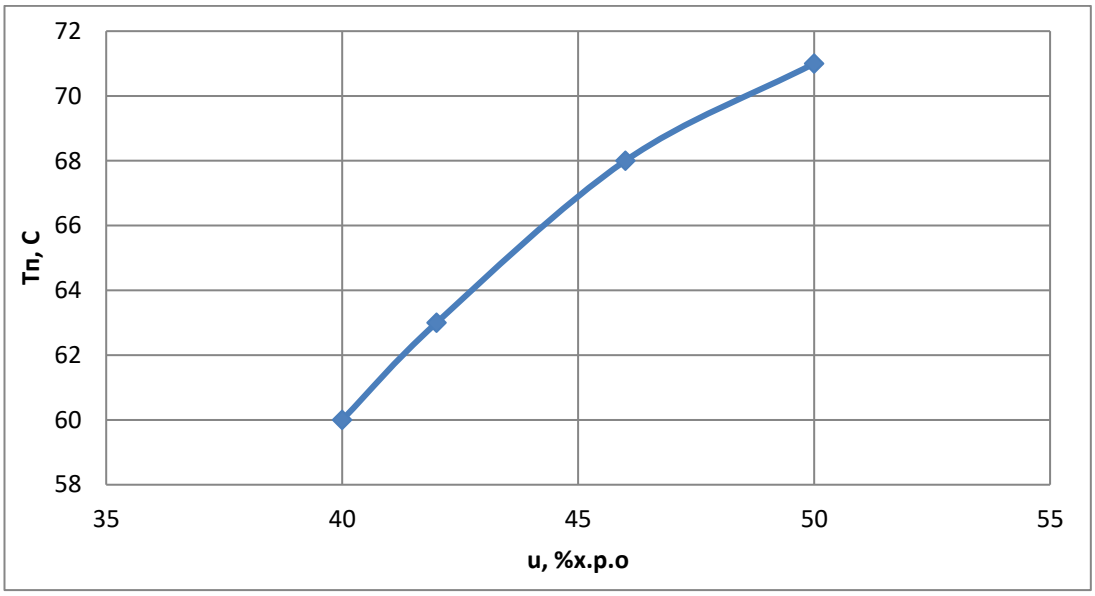


Рисунок 3.5 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК

Таблиця 3.2 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК (камера копення)

№ експерименту	u_2, %х.р.о.	$P_г$, кПа	$\theta_к$, ^{0}С
1	45	0,75	100
2	48	0,75	101
3	52	0,75	102
4	55	0,75	103,2

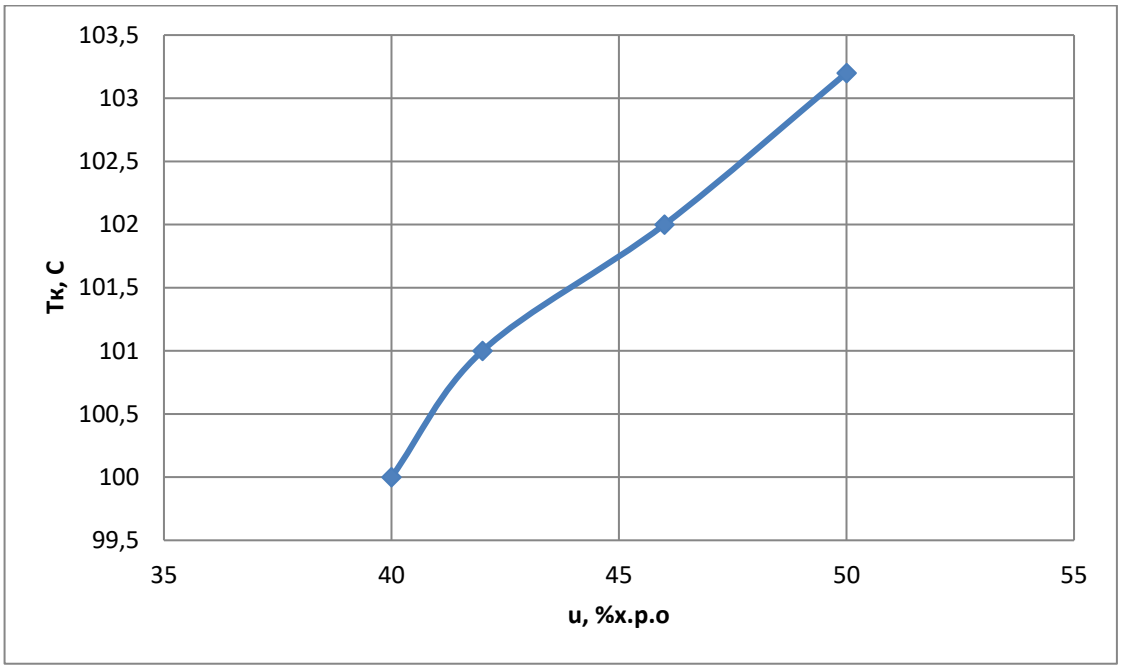


Рисунок 3.6 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК

Для проведення параметричної ідентифікації моделі статики ОК доцільно використовувати метод найменших квадратів. Суть методу полягає в пошуку такого вектора параметрів $\vec{a}^*$ вибраної моделі, що забезпечував би мінімальну суму квадратів розходження між значеннями вихідної змінної об'єкта y, отриманих у результаті експерименту y_i, $i = \overline{1,n}$ при значеннях вхідних змінних $\vec{x}_i$, і вихідної змінної моделі об'єкту $y_м$, обчисленої при тих же значеннях $\vec{x}$, тобто

$$\vec{a} = argmin\left\{I(\vec{a}) = \sum_{i=1}^{n}(y_i(\vec{x_i}) - y_i(\vec{a_i}\vec{x_i}))^2\right\}. \qquad (3.22)$$

Для досліджуваного ОК, статична характеристика може бути описана лінійною залежністю виду:

$$\theta_2 = a_1 \cdot u + a_2 \cdot Рп + a_0 \qquad (3.23)$$

Параметри a_1 і a_2 були нами визначені в процесі ідентифікації в даному розділі.

При цьому

$a_1 = K_0 = 1{,}1\ ^0C/\%x.p.o.$,

$a_2 = 0{,}32\ C/\%x.p.o.$,

Параметр a_0 можна визначити із залежності:

$$a_0 = \theta_к - a_1 \cdot u - a_2 \cdot P_г = 100 - 1{,}1 \cdot 45 - 0{,}32 \cdot 0{,}75 = 50{,}26^0C$$

Отже, статична характеристика досліджуваного ОК буде описана залежністю:

$$\theta_п = 1{,}1 \cdot u + 0{,}32 \cdot P_г + 50{,}26$$

$$\theta_к = 1{,}1 \cdot u + 0{,}32 \cdot P_г + 50{,}26$$

Для реалізації повної моделі об’єкту керування об'єднаємо моделі динаміки і статики каналів ОК. Схема моделювання в середовищі MATLAB, що відображує модель ОК, наведена на рис. 3.7, а результати моделювання – на рис. 3.8.

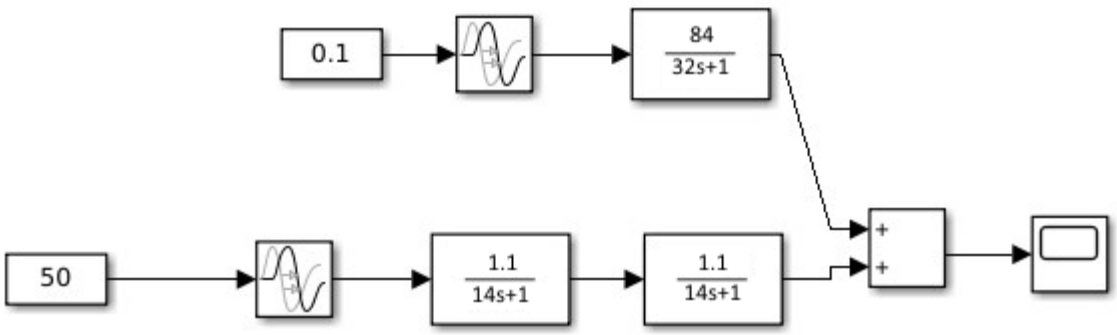
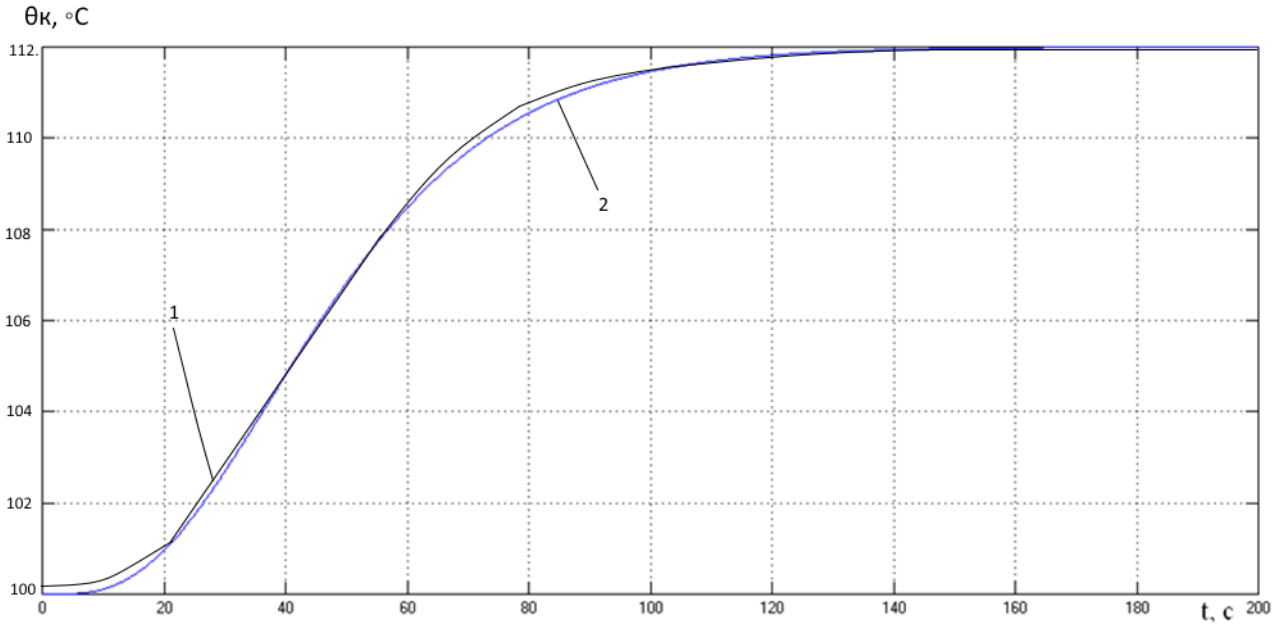


Рисунок 3.7 – Схема моделювання каналу управління об’єкту керування



1 – експериментальні дані; 2 – модель

Рисунок 3.8 – Відтворення повної моделі каналів ОК:

Висвноки. В даному розділі була розроблена математична модель процесу теплової обробки в камерах копчення. Як видно з результатів моделювання, модель ОК достатньо точно відображує експериментальні дані. Це означає, що отримана модель ОК є адекватною.

4 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Параметрична схема технологічного процесу

Схема технічного проектування (ТП), що містить параметри, відзначається своєю інформативністю. Для узгодження взаємозв'язків між цими параметрами в ТП використовується формалізована параметрична схема. При цьому важливі параметри, які відображають цільовий спрямований характер роботи модельованого об'єкта та додаткові вимоги до нього, стають вихідними, тоді як параметри, які відображають умови роботи об'єкта, стають вхідними.

Між вхідними та вихідними параметрами існує причинно-наслідковий зв'язок, але в рамках цієї схеми цей зв'язок описується тільки на якісному рівні. У подальшому можна буде знехтувати деякими зв'язками та представляти інші зв'язки як опосередковані.

Параметрична схема процесу копчення наведена на рис. 4.1.

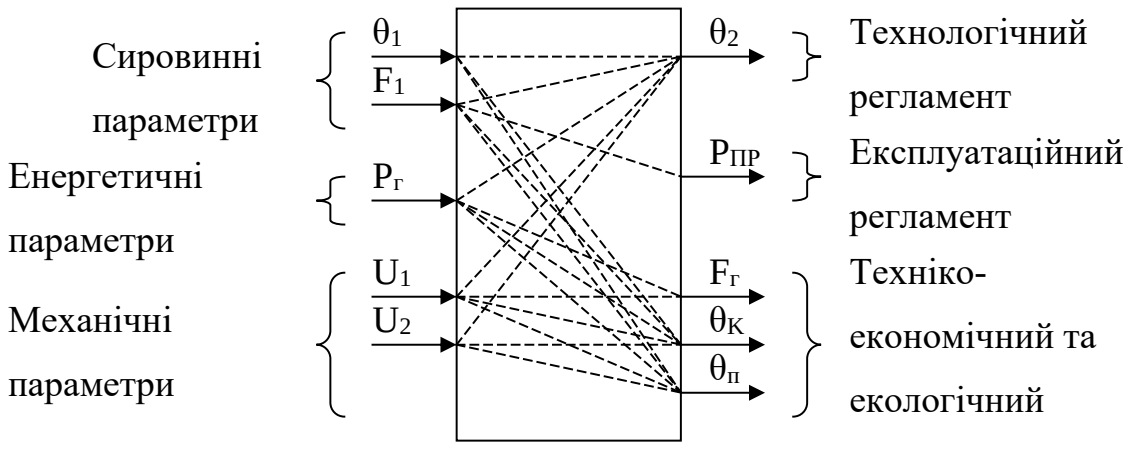


Рисунок 4.1 – Параметрична схема процесу копчення

4.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів САУ

Обрані прилади і апаратурп внесені в таблицю 4.1 специфікації приладів і апаратури розробленої ІВС.

Таблиця 4.1 – Специфікація приладів і апаратури

№ п/п	Позначення	Найменування, характеристика	Тип	Кіл.
1	2	3	4	5
1	1а	Вимірювальний трансформатор струму. Діапазон вимір 0…40А. Клас точності 0,5	ТТ-0,6-40/5	1
2	1б	Амперметр змінного струму. Шкала 0…40 А (40/5) кл. точності 1.5	Э-365-1.5-40А-40/5	1
3	1в	Нормуючий перетворювач «Мікрол». Діапазон виміру 0…5 А. Вихід 4…20 мА. Кл. точності 0.5	ПНС-3	1
4	1SA, 2SA, 3SA, 4SA	Ключ керування «Авт.-0-Дист.» (на 3 фіксованих положення)	LAY5-BD33-3	4
5	1SB,2SB, 3SB, 4SB	Кнопкова станція «Пуск-Стоп» із світловою підсвіткою	АРВВ-22N	4
6	5а, 6а, 7а	Термічний датчик фірми Метатех. Клас допуску В, ±0.1◦С; діапазон виміру – 50…120 ◦С	NTC10K/B3950 (-50…120)	3
7	5б, 6б, 7б	Термоперетворювач двух-канальний Вимірювання -55…125 ◦С. Градуювання Кл. 0.2.	ТК-6	2
8	8а, 9а	Діафрагма камерна	ДК-50	2
9	8б, 9б	Діфманометр	Сафір 22ДД	2
10	8в, 9в	Блок добування кореня	БИК-1	2
11	10а, 11а	Пружинний показуючий манометр. Шкала 0…1,6 МПа.	ДМ 1001У2	2

		Кл. точності 1.0.		
12	HL1, HL2	Сигнальна лампа червоного світіння. Живлення ~220В.	AD220DS	2
13	1г	Перетворювач інтерфейсів фірми МІКРОЛ	БПІ-452	1
14	1д	Мікропроцесорний контролер настінного виконання фірми МІКРОЛ	МІК-52Н-161	1

Термічний датчик NTC10K/B3950

Технічні параметри:

- номінальний опір: 10К, 1%;
- характеристика: B3950;
- розміри голівки: 5x6x15 мм;
- довжина кабелю: 1 м;
- кабель: плоский з одношаровою ізоляцією;
- ізоляція: термопластична гума (TPE);
- голівка: пластикова, захист IP67;
- робочий діапазон температур: -50...120°C.



Рисунок 4.1 – Термічний датчик NTC10K/B3950

Термоперетворювач двухканальний ТК-6 (рис. 4.2)

Призначений для контролю і підтримки температури (діапазону температур) в житлових і виробничих приміщеннях шляхом включення і відключення нагрівального або охолоджувального обладнання.

Терморегулятор відслідковує температуру по двом незалежним каналам (датчикам) і відображає їх поточні значення на цифрових світлодіодних індикаторах.

Датчики температури (поставляються в комплекті, довжина проводу кожного датчика – 1,5 метра) встановлюються там, де необхідно підтримувати температурний режим. У разі необхідності кабель датчика можна наростити до 100 метрів провідником типу «вита пара».

В таблиці 4.2 наведені технічні характеристики ТК-6.



Рисунок 4.2 – Термоперетворювач двухканальний ТК-6

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики ТК-6

Параметр	Значення
Максимальний допустимий струм	2 реле по 6А
Тип датчика	DS18B20

Длина датчика	1,5 м
Діапазон вимірювання температур	-55 до 125 ℃
Діапазон температур, що регулюються	-55 до 125 ℃
Режим роботи	Нагрівання або охолодження
Температурний гістерезис	1….39,9 ℃
Погрішність вимірювання	не більше 0,5 ℃
Напруга живлення	~220В, 50 Гц

Мікропроцесорний контролер настінного виконання МІК-52Н-161

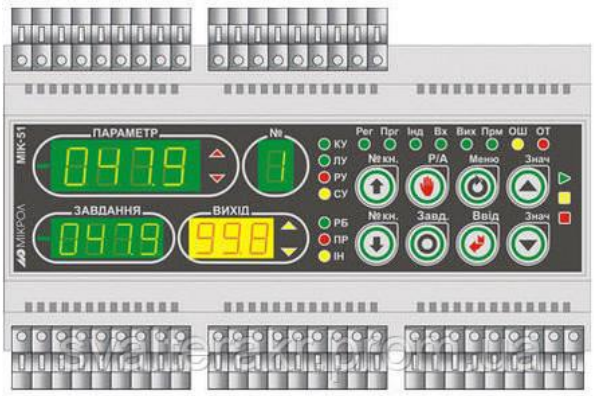


Рисунок 4.2 – Мікропроцесорний контролер настінного виконання МІК-52Н-161

В таблиці 4.1 наведені технічні характеристики МІК-52Н-161.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика МІК-52Н-161

Параметр	Значення
Тип пристрою	Мікропроцесорний контролер (настінне виконання)
Виробник	ТОВ «Мікрол», Україна
Кількість аналогових входів (AI)	8 каналів (універсальні: 0–5 мА, 0(4)–20 мА, 0–10 В)

Кількість аналогових виходів (AO)	4 канали (0–5 мА, 0(4)–20 мА, 0–10 В)
Точність аналогових сигналів	Входи: ±0,2%; Виходи: AO1 – ±0,2%, AO2 – ±0,4%
Кількість дискретних входів (DI)	19 каналів
Рівні логіки на входах	0 = 0–7 В, 1 = 19–32 В
Кількість дискретних виходів (DO)	5 каналів (релейні, транзисторні або твердотілі)
Інтерфейси зв'язку	RS-485, Modbus RTU
Підтримка програм	Програмування по IEC 61131-3 (через редактор “Альфа”)
Тип живлення	AC 100–242 В, 50 Гц або DC 18–36 В
Споживана потужність	~7 ВА (AC), до 300 мА (DC)
Дисплей	4-розрядний світлодіодний індикатор, 10 мм
Температурний діапазон роботи	від –40 °C до +70 °C
Атмосферний тиск	85–106,7 кПа
Допустимі вібрації	до 60 Гц, амплітуда 0,1 мм
Габаритні розміри	160 × 110 × 58 мм
Монтаж	На стіну або DIN-рейку
Рівень захисту корпусу	IP20
Вага	До 0,5 кг
Додаткові можливості	ПІД-регулювання, логіка, таймери, лічильники, діагностика, програми

Перетворювач інтерфейсів БПІ-452 (рис. 4.3)

Перетворювач (USB у чотири канали RS-485) забезпечує підключення пристроїв із послідовними інтерфейсами, таких як POS-термінали, касові апарати, пристрої зчитування магнітних карт, модеми, програмовані контролери, датчики, верстати з ЧПУ тощо, до одного USB-порту комп’ютера.

Технічна характеристика БПІ-452 наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика БПІ-452

Характеристика	Значення
Загальні характеристики	
Кількість гальванічно розділених каналів перетворення	4
Електроживлення	+5 В (від інтерфейсу USB)
Струм споживання	150 мА
Маса	0,13 кг
Габаритні розміри (ВхШхГ)	75х26х120 мм
Ступінь захисту корпусу	IP30 за ГОСТ 14254-96
Кріплення	Рейка DIN35х7.5 EN50022
Умови експлуатації	
Температура	від 0 °С до +50 °С
Вологість повітря (при температурі +35 °С)	від 30 % до 80 %
Атмосферний тиск	від 84 кПа до 107 кПа
Вібрація	з частотою до 60 Гц з амплітудою до 0.1 мм
Приміщення	Закрите, вибухо-пожежобезпечне
Характеристики інтерфейсу RS-485	
Тип прийомопередавачів інтерфейсу	Диференціальний потенційний
Тип лінії зв'язку	2-провідна
Кількість прийомопередавачів (вузлів)	124 (31 на канал)
Число активних передавачів	4
Кількість вузлів у мережі	255 (250 з урахуванням магістральних підсилювачів)
Характеристика швидкість обміну/довжина лінії зв'язку (залежність експоненціальна)	62,5 кбіт/с - 1200 м (одна вита пара) > 375 кбіт/с - 300 м (одна вита пара) > 2400 кбіт/с - 100 м (дві виті пари) > 10000 кбіт/с - 10 м
Режим автоматичного визначення напрямку передачі даних	З відповідним перемиканням режиму роботи передавача
Режими керування прийомом-передачею	З дозволом по сигналу RTS (або CTS, DTR, DSR)
Передбачено встановлення	Узгоджувальних термінальних резисторів, ланцюгів захисту та зміщення



Рисунок 4.3 – Перетворювач інтерфейсів БПІ-452

Схема структурна реалізації САР наведена на рис. 4.4.

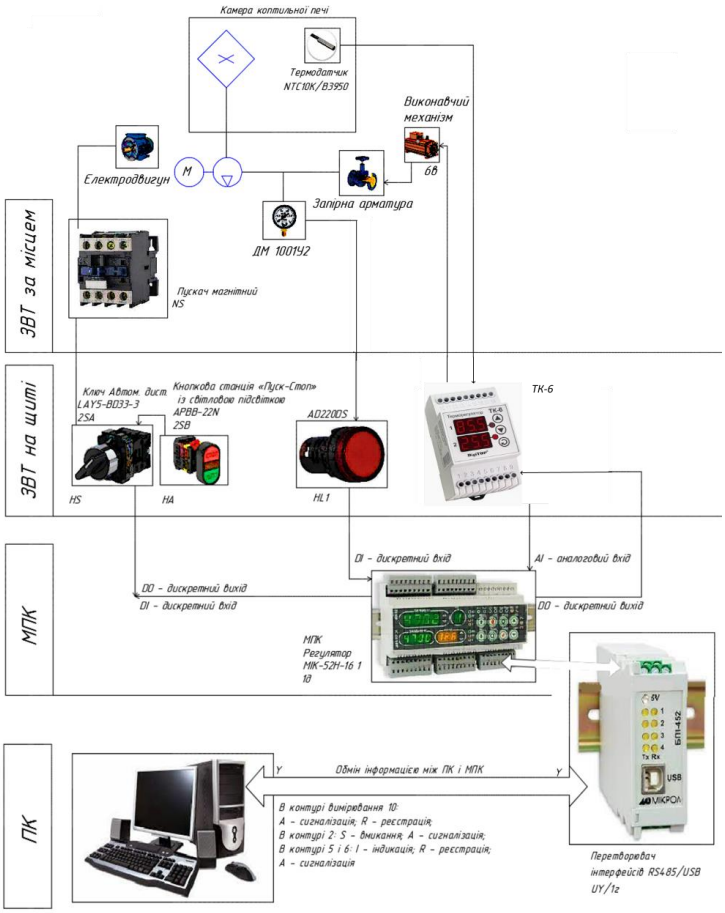


Рисунок 4.4 – Схема структурна реалізації САР

Висновки. Розроблені структурні схеми системи автоматизації лінії ламінування, а також обрізання дошки. Обрані і обґрунтуванні технічні засоби САУ.

5 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Функціональна схема САР

Розроблена функціональна схема САР температури у робочих камерах наведена на рис. 5.1.

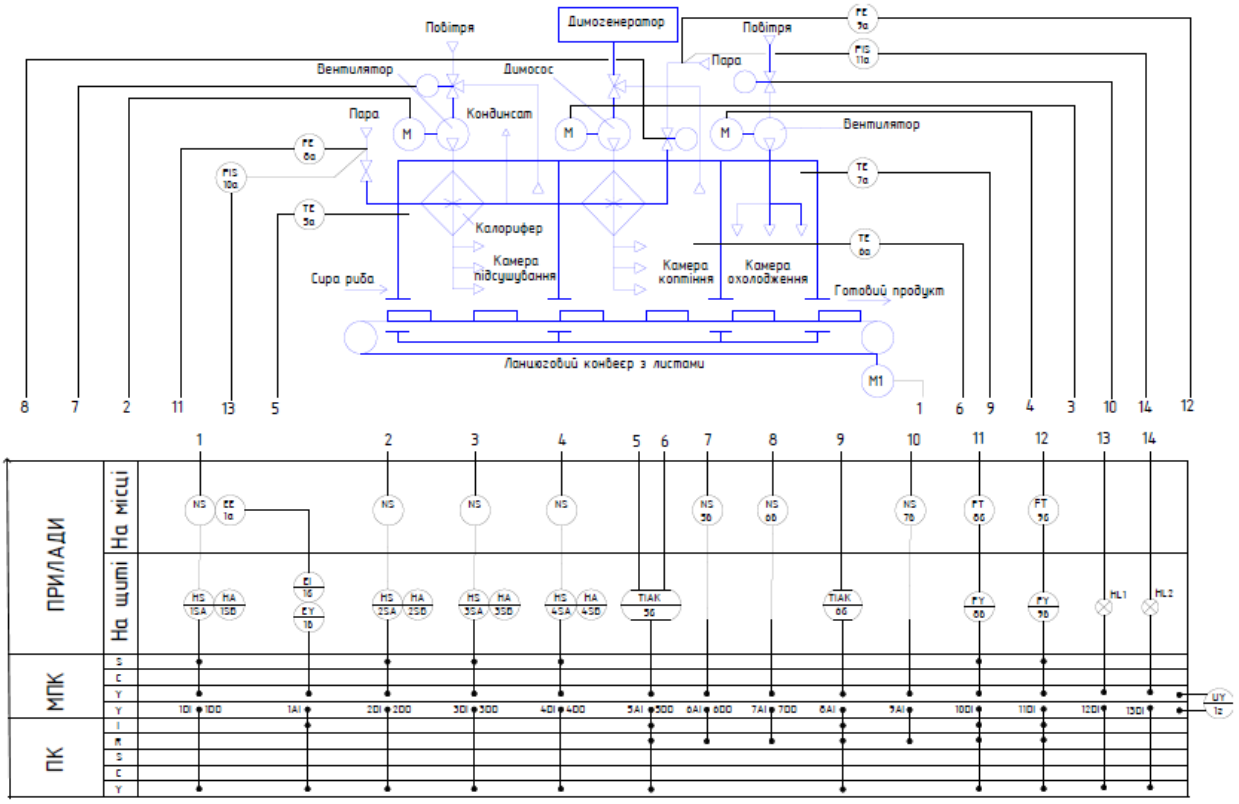


Рисунок 5.1 – Функціональна схема САР температури у робочих камерах

На позиції пускової апаратури позначають за стандартами принципових електричних схем: SA – ключ вибору режиму, SB – кнопка управління.

Опис схеми наведено з ліворуч на праворуч. З початку в Internet оберемо ключ вибору режиму HS типу LAY5-BD33-3 на три положення «Авт. – 0 – Дист.», оскільки в положенні «0» електричні кола розмикаються і персонал може здійснювати, наприклад, ремонт засобів автоматизації. Позначимо його позицію 1SA. Для пуску конвеєра в дистанційному режимі передбачимо

кнопки НА «Пуск-Стоп» типу АРВВ-22N з неоновим підсвічуванням (світловою сигналізацією нормальної роботи обладнання). Позначимо їх позицією 1SB.

Керувати пуском конвеєра в автоматичному режимі за допомогою магнітного пускача NS буде, наприклад, МПК. Тоді сигнал управління з МПК (вихід 1DO) крізь ключ HS поступить на обмотку магнітного пускача NS. В результаті пускач спрацює і запустить електродвигун М конвеєра.

Одночасно за допомогою одного з контактів пускач подасть через МПК (вхід 1DI) в ПК сигнал про здійснення запуску електродвигуна. При цьому оператор АРМ буде спостерігати процес вмикання/вимикання конвеєра за допомогою візуальної сигналізації на моніторі ПК.

Основним параметром, що характеризує роботу будь-якого конвеєра є струм навантаження його електроприводу. Вимірювання фазного струму електроприводу виконаємо за схемою технологічного контролю.

Для цього передбачимо вимірювальний трансформатор струму, встановлений в силовій шині живлення електродвигуна М. Оберемо трансформатор ЕЕ (поз. 1а) типу ТТ-0,6-40/5 класу точності 0,6 із вхідним струмом ~ 0…40А і вихідним ~ 0…5 А. Для контролю цього струму на щиті передбачимо амперметр ЕІ змінного струму (поз. 1б) типу Э-365-1.5-40А-40/5 класу точності 1.5 з діапазоном вимірювання ~ 0…5А і шкалою ~ 0…40А (коефіцієнт трансформації 40/5 повинен бути вказаний на шкалі).

Оскільки МПК сприймає тільки постійний струм, в каналі вимірювання передбачимо нормуючий перетворювач ЕУ (поз. 1в) типу ПНС-3 класу точності 0,5 із вхідним сигналом ~ 0…5А і вихідним 4…20 мА постійного струму. Цей сигнал введемо в МПК через аналоговий вхід 1AI. В ПК при цьому передбачимо індикацію і сигналізацію відхилень навантаження преса від норми.

Для пуску вентилятора повітря (в камеру підсушування) оберемо ідентичну схему й апаратуру: ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» типу

LAY5-BD33-3 (поз. 2SA) на три положення, кнопки НА «Пуск-Стоп» типу APBB-22N (поз. 2SB) з неоновим підсвічуванням. Сигнали управління електроприводом М насосу від МПК (вихід 2DO) і зворотного зв’язку (вхід 2DI) про здійснення пуску введемо в ПК для їх сигналізації.

Для пуску димососа (в камеру копчення) оберемо ідентичну схему й апаратуру: ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» типу LAY5-BD33-3 (поз. 3SA) на три положення, кнопки НА «Пуск-Стоп» типу APBB-22N (поз. 3SB) з неоновим підсвічуванням. Сигнали управління електроприводом М насосу від МПК (вихід 3DO) і зворотного зв’язку (вхід 3DI) про здійснення пуску введемо в ПК для їх сигналізації.

Для пуску вентилятора (в камеру охолодження) оберемо ідентичну схему й апаратуру: ключ HS вибору режиму «Авт-0-Дист» типу LAY5-BD33-3 (поз. 3SA) на три положення, кнопки НА «Пуск-Стоп» типу APBB-22N (поз. 4SB) з неоновим підсвічуванням. Сигнали управління електроприводом М насосу від МПК (вихід 4DO) і зворотного зв’язку (вхід 4DI) про здійснення пуску введемо в ПК для їх сигналізації.

Для підвищення надійності системи передбачимо відповідне дублювання інформації – незалежне вимірювання найважливішого параметра – температури в камерах коптильної печі трьома не пов'язаними між собою комплектами ЗВТ:

– за місцем встановимо NTC10K/B3950 0,5%, робочий температурний діапазон датчика: - 50… +120 ℃; (поз. 5а, 6а, 7а);

– на щиті встановимо термоперетворювач двух-канальний ТК-6 (поз. 5б, 6б), який отримує уніфікований сигнал 4…20 мА від термометра опору і передає його за допомогою інтерфейсу RS-485 на аналоговий вхід (5AI, 6AI) МПК для передачі в ПК. Тут ПК реалізує регулювання температури в камерах коптильної печіі подає через МПК (вихід 5DO, 6DO) на виконавчий механізм (поз. 5в, 6в, 7в) дискретні регулюючі сигнали. При цьому виконавчий механізм за допомогою свого регулюючого клапану змінює подачу гріючої водяної пари

і повітря у камери коптильної печі і стабілізує там задане значення температури.

Вимірювання витрати гріючої водяної пари в камерах коптильної печі методом змінного перепаду тиску здійснимо на основі камерної діафрагми типу ДК-50 (поз. 8а, 8б), дифманометра типу Сапфір 22 ДД (поз. 8б, 9б) і блоку добування кореня БИК-1 (поз. 8в, 9в).

Для індикації за місцем, сигналізації на щиті й в АРМі неприпустимих відхилень тиску в камері підсушування і камері копчення, виберемо показуючий і сигналізуючий пружинний манометр типу ДМ2010Сг (поз. 10а, 11а), контакти якого вмикають/вимикають червону сигнальну лампу HL1 і HL2 типу AD220DS на щиті й подають дискретний сигнал на вхід 7DI, 8DI МПК. Діапазон вимірювання манометра оберемо серед стандартного ряду 0…0,4; 0…0,6; 0…1; 0…1,6; 0…4 МПа діапазонів тиску. Згідно з таблицею регламентів найбільш підходящими в даному випадку є діапазон 0…1,6 МПа й клас точності 1.0.

У наше завдання не входить вибір різних реле, пускачів, виконавчих механізмів і регулювальних органів, які є обладнанням і не відносяться до ЗВТ.

Рівні керування ІВС:

– місцевий;

– щита КВПіА;

– мікропроцесорний контролер (МПК);

– персональний комп'ютер (ПК) – АРМа оператора-технолога.

В схемі проєкту використано 3 аналогових вхідних сигналів (AI), 5 вхідних дискретних сигналів (DI) і 5 вихідні дискретні (DO) сигнали.

Найбільш близьким до вирішення даної задачі є мікропроцесорний контролер типу МИК-52-16 фірми Мікрол, який з модулем розширення МР-51Р-1 має:

– AI – 8 шт.;

– AO – 4 шт.;

– DI – 19 шт.;

– DO – 5 шт..

Контролер має інтерфейс RS-485 зв’язку з ПК і, таким чином, задовольняє нашим вимогам. За допомогою DIN–рейки їх монтують на внутрішній поверхні щита КВПА.

5.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема – це документ, що визначає повний склад електричної системи та зв'язки між її елементами, надаючи детальне уявлення про принципи роботи системи. У списку встановленого обладнання, який вказаний у специфікації, принципова схема відображається як основа для подальшої розробки інших схем проекту, таких як монтажні схеми щитів і пультів, а також схеми зовнішніх з'єднань.

Принципова електрична схема розроблена відповідно до системи автоматичного регулювання температури води. Простота і економічність цієї схеми досягається за рахунок застосування стандартної апаратури і типових вузлів. Вона забезпечує оптимальні умови для роботи персоналу під час керування та обслуговування водогрійного котла. Це передбачає спрощення операцій, виконуваних персоналом, можливість швидкого вибору режиму роботи і перехід з автоматичного на ручний режим.

У схемі використовується стандартний термометр опору для вимірювання температури гарячої води. Сигнал від термометра (4 – 20 мА) подається на блок живлення, а потім на вхід контролера. Контролер видає управляючий сигнал в залежності від відхилення контрольованого параметра. Сигнал з контролера подається на ключ вибору режиму управління (ручний або автоматичний), через який здійснюється вибір режиму регулювання – автоматичного або ручного. У ручному режимі управляється кнопками.

5.3 Принципова електрична схема живлення

На схемі живлення представлена структура підведення електричного струму до системи. Тут детально показані параметри та розташування запобіжників, автоматичних вимикачів та інших елементів, які забезпечують безпеку та правильне функціонування електричної системи. Важливою частиною цієї схеми є точне визначення параметрів електричної мережі, таких як напруга та потужність, а також правильне розташування запобіжних пристроїв для захисту від перенапруги чи перевантаження.

Запобіжники та автоматичні вимикачі розташовані таким чином, щоб забезпечити надійний захист від потенційних аварій або перегріву. Це важливо для запобігання пошкоджень обладнання та забезпечення безпеки для персоналу, який працює з електричною системою. Крім того, на схемі можуть бути показані розподільні коробки, вимикачі, реле, а також будь-які інші електричні компоненти, необхідні для правильного функціонування системи.

Ця частина схеми є важливою для забезпечення безпеки та ефективності роботи електричної системи в цілому, тому вона детально розробляється з урахуванням всіх потрібних технічних вимог і стандартів.

5.4 Принципова електрична схема

Схема керування електроприводом торцювальної пили, що складається з електродвигуна пили та двигуна подачі дошки на вихідну позицію, забезпечує взаємне блокування двигунів.

Схема забезпечує виконання наступних операцій:

- вимкнення пили оператором;
- вимкнення подачі пили оператором та автоматично;
- вимкнення подачі дошки автоматичне;
- зупинка оператором усіх електродвигунів.

5.5 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів

Схема зовнішніх з’єднань – це схема на якій зображені електричні та трубні зв’язки, які прокладаються поза щитом КВПіА. Дана схема розробляється на основі рішень, прийнятих у ФСА, ПЕС, ПСЖ та МКС та після визначення місць встановлення щитів та пультів управління, первинних приладів, регулюючих органів та місцевих приладів. У верхній частині схеми розміщуються згруповані за параметрами або системами регулювання монтажні символи приймачів, регулюючих органів та виконавчих механізмів. Над ними розміщуються пояснювальні записи, в яких вказуються найменування, контрольований параметр, місце встановлення, номер позиції згідно функціональної схеми автоматизації. Електричні та трубні проводки зображені вертикальними лініями з мінімальним числом вигинів. Їм присвоюється маркування у вигляді наскрізних арабських порядкових цифр

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

6.1 Безпека та екологічність проєкту

Впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи інтелектуального управління процесом копчення має важливе значення з точки зору безпеки праці. Особлива увага приділяється електричній безпеці, тепловій безпеці та аварійному вимкненню, а також не можна забувати про безпеку для здоров’я працівників цеху копчення. Система розроблена з урахуванням екологічних аспектів. Важливо зосередитися на раціональному використанні енергії, контролю ресурсів та використанні екологічно чистих матеріалів. Реалізація проєкту спрямована на мінімізацію впливу на навколишнє середовище та ефективне використання ресурсів.

6.2 Шкідливі і небезпечні фактори

Об’єктом проєктування є сучасний цех гарячого копчення, яка складається із різноманітного обладнання, зв’язаних в єдине ціле загальною технологічною схемою виробництва копченої продукції з різноманітної сировини. Такі підприємства значно впливають на навколишнє середовище. Ця дія визначається викидом в атмосферу продуктів технологічних процесів, продуктів згорання палива, що містять шкідливі гази і дрібні частинки золи, видаленням шлаків і забруднених стічних вод.

Найбільш чутливими до вмісту SO_2 в повітрі є рослини і люди. При наявності SO_2 і вологи в повітрі утворюються гарячої води кислот (H_2SO_3 і H_2SO_4), які викликають прискорення корозії металу, поступове тріскання бетону, подразнення дихальних шляхів людини.

Оксид азоту NO_2 має різко виражені подразнюючі дії на слизові оболонки (очі, дихальні шляхи). Він погано розчинний в рідких середовищах, тому здатний проникати в легені.

Оксиди азоту можуть утворюватися при згорянні палива за рахунок окислення азоту, який міститься в повітрі, що подається в топку. Основними способами подавлення утворення оксидів азоту в топках котла є:

– зниження надлишку повітря в топці;

– зниження теплової напруги в топці;

– рециркуляція димових газів в топку та ін.

Крім оксидів сірки та азоту можуть утворюватися інші шкідливі речовини. В приміщенні котельні може утворюватися чадний газ – CO, який дуже шкідливий для людини. Не дозволяється довге перебування людей в котельній, так як вони можуть бути уражені тепловим випромінюванням [34].

При роботі в коптильному цеху працівники стикаються з різними небезпечними чинниками, які вимагають особливої уваги та відповідних заходів безпеки.

Усі небезпечні й шкідливі виробничі фактори діляться на наступні групи:

– фізичні;

– хімічні;

– психофізіологічні;

У цеху гарячого копчення можуть негативно діяти наступні фізичні шкідливі й небезпечні фактори.

Підвищена температура в робочій зоні викликана процесами горіння палива та тепловиділенням від коптильної печі, нагрітих котлів та трубопроводів (40^{o}C). Вплив підвищеної температури може бути відчутним на різних рівнях. Фізіологічний стрес, що виникає при роботі в умовах підвищеної температури, може призвести до загальної слабкості та втомленості працівників. Важливо враховувати, що висока температура може

негативно вплинути на концентрацію та продуктивність. Однак найбільш серйозним наслідком впливу високої температури є можливість теплового удару. Довготривале перебування в умовах підвищеної температури та високої вологості може призвести до серйозних порушень здоров'я, включаючи сильну втомлюваність, головний біль, головокружіння та, навіть, втрату свідомості. Для забезпечення безпеки та здоров'я працівників, які працюють в цехах гарячого копчення, необхідно вживати відповідні заходи безпеки. Вони включають в себе регулярні перерви та встановлення систем вентиляції та кондиціонування.

Підвищений рівень шуму обумовлений процесом спалювання палива, сам процес горіння викликає появу низькочастотного звуку. Постійний шум може викликати відчуття дискомфорту та негативно вплинути на психологічний стан. Нерідко працівники можуть почувати стрес, особливо при тривалій роботі в умовах підвищеного шуму. Це, в свою чергу, може призвести до погіршення концентрації та загального емоційного стану працівників. Шум може призвести до тимчасового чи навіть постійного пошкодження слуху, а також до нервозності і зайвої дратівливості, швидкої стомлюваності та інших психічних факторів. Регулярні вимірювання рівнів шуму, встановлення засобів зменшення шуму, носіння засобів індивідуального захисту та навчання працівників правилам безпеки є важливими кроками у забезпеченні безпечних та комфортних умов праці.

Підвищена напруга живлення електроустаткування (для забезпечення освітленості робочого місця, а також приведення виконавчих механізмів у рух). Цеха гарячого копчення за ступенем електробезпеки відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою. У цехах гарячого копчення частіше використовується трифазне живлення, напруга 380В. Ця напруга є небезпечною для людини. У разі потрапляння людини під таку напругу виникає небезпека ураження електричним струмом.

Вражаюча дія електричного струму залежить від наступних факторів:

– значення і тривалості протікання струму через тіло людини;

– роду і частоти струму,

– індивідуальних властивостей організму людини.

Пороговий відчутний струм – це мінімальне значення струму, що викликає відчутне роздратування.

Значення порогового відчутного струму наступні:

– постійний струм – (5 - 8) мА;

– змінний (50 Гц) струм - (0,6- 1,5) мА.

Пороговий неминучий струм – це мінімальне значення струму, що викликає судорожне скорочення м'язів.

Значення цього струму:

– постійний струм – (50- 80) мА;

– змінний (50 Гц) струм – (10- 15) мА.

Пороговий фібриляційний струм - це мінімальне значення струму, що викликає фібриляцію серця, тобто порушення роботи серцевого м'яза.

Значення цього струму:

– постійний – 300 мА;

– змінний (50 Гц) – (50- 70) мА.

Смертельним вважається змінний струм більше 100 мА.

Згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.038: 2008 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів встановлені норми гранично допустимих для людини значень напруг дотику U і струмів.

Норми призначені для проєктування способів і засобів захисту людей від ураження електричним струмом.

При звичайному (неаварійному) режимі роботи U = 2В, I = 0,3 мА.

Оскільки електропривод живиться від мереж з ізольованою нейтраллю, то для забезпечення безпеки передбачаються заземлюючі пристрої. До частин, що підлягають заземленню, відносяться корпус електричних двигунів,

трансформаторів, електроагрегатів, світильників, металеві конструкції розподільних пристроїв, кабельні конструкції, каркаси шаф, сталеві труби електропроводки та інші металеві конструкції, пов'язані з установкою електрообладнання. Опір заземлювального пристрою трансформатора і автоматичного вимикача на стороні змінного струму повинен бути не більше $Rз = 250 / I_з$, де $I_з$ - струм замикання на землю. Опір кожного з заземлюючих пристроїв решти устаткування не повинен перевищувати 4 Ом. Як штучні заземлювачі застосовують прямокутні і круглі стрижні, кутову сталь, сталеві труби.

Оскільки стан ізоляції значною мірою визначає величину струму замикання на землю, необхідно проводити випробування підвищеною напругою і контроль опору ізоляції, щоб запобігти ураженню електричним струмом.

Дотик до струмоведучих частин завжди є небезпечним в мережі напругою 380 В. Недоступність струмоведучих частин забезпечується за допомогою кожухів і кришок, сітчастих огорож, розташування струмоведучих частин на недоступній висоті.

– Щоб забезпечити безпечну експлуатацію апаратури системи управління, для її живлення служить напруга 10,15 В, одержана від випрямної установки, яка з'єднується з мережею живлення через понижуючий трансформатор.

Ураження при впливі електричного струму може мати наступний характер:

– опік шкірних покривів (теплова дія електричного струму);

– опік очей (внаслідок електричної дуги);

– параліч м'язів всіх органів при проходженні електричного струму через організм людини (призводить до падіння, зупинки серця, припинення дихання, клінічної смерті);

– зміна хімічного складу крові при проходженні електричного струму;

– нервово паралітичну дію (шок).

Відкриті частини устаткування, що обертаються й рухаються. Важливою складовою роботи цеху є використання відкритих частин устаткування, що обертаються та рухаються. Ці механізми не тільки полегшують та автоматизують процеси, але й вимагають додаткових заходів безпеки. Прикладом є система автоматизованого поливу. Вона включає в себе рухомі елементи, такі як розпилювачі та поливальні голови. Правильна робота цих механізмів дозволяє забезпечити рослини необхідною кількістю вологи. Проте, важливо враховувати, що неправильна експлуатація може призвести до розпилення води в непотрібних напрямках або навіть до пошкодження самого устаткування. Для забезпечення безпеки працівників та надійності роботи механізмів, необхідно дотримуватися правил експлуатації, регулярно проводити їх обслуговування та навчати працівників правилам безпеки при роботі з цим устаткуванням.

До хімічних шкідливих і небезпечних факторів, що постійно діють на робітника відносяться наступні:

Загальнотехнічні:

– оксид вуглецю (CO) – здатний справляти безпосередній токсичний вплив на клітки, порушуючи тканинний дихання і зменшуючи споживання тканинами O_2;

– двуокис азоту, токсична дія NO_2 має виражену дразливу й пропалюючу дію на дихальні шляхи, особливо глибокі, що приводить до розвитку токсичного набряку легенів; пригнічує аеробне й стимулює анаеробне окиснення в легеневій тканині, не виключена можливість загальної дії, у тому числі за рахунок продуктів клітинного розпаду, що всмоктуються в кров з поверхні легень;

– пил, до складу якого входить кристалічний діоксид кремнію. Типове захворювання, що виникає під дією кремнемістких пилів – силікоз [23].

По ступеню впливу на організм людини залежно від ГДК шкідливі речовини підрозділяються на 4 класи небезпеки: I – Надзвичайно небезпечні, II – високошкідливі, III – помірковано небезпечні, IV – малонебезпечні.

У результаті впливу несприятливих факторів виробничого середовища можливі нещасні випадки й професійні захворювання.

До психофізичних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на робітників протягом робочої зміни можна віднести наступні:

– нервово – емоційні перевантаження – для всіх робітників;

– фізичні перевантаження – для слюсарів КВПіА;

– розумова напруга.

Для печей і опалювання використовується природний газ. При високих концентраціях природний газ впливає на організм людини, тому що при наявності природного газу в повітрі, знижується зміст у ньому кисню (O_2). Кількісне визначення змісту природного газу в повітрі проводиться по змісту в ньому метану (CH_4). Зміст метану в повітрі робочої зони не повинен перевищувати 0,5 % за обсягом.

Межі запалення (вибуховості) газу в суміші з повітрям (% газу суміші) при темп. +20°С : нижня межа 5 – 100 Па; верхня межа 15 – 100 Па.

Показником, який ураховує різноякісний вплив усіх елементів умов праці, на сьогоднішній час прийнятий показник важкості праці. Важкість праці характеризує сукупний вплив усіх елементів, що становлять умови праці, на працездатність людини, її здоров'я, життєдіяльність і відновлення робочої сили й застосоване як до розумової, так і до фізичної праці.

Фактичний стан умов праці оцінюється на основі даних атестації робочих місць або спеціальних інструментальних вимірів факторів виробничого середовища, які відбиваються в карті умов праці на робочому місці.

Оцінка факторів виробництва для робочого оператора КВПіА цеху гарячого копчення наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас – шкідливі й небезпечні умови праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
			1а ступінь	2а ступінь	3я ступінь	
Шкідливі хімічні речовини, мг/м 2-й клас небезпеки: Сірчаний газ SO_2 Окис вуглецю CO Оксиди азоту NO_2	 10,000 2 20	 7.99 2.09 8	 1,045			 89 89 89
Пил, переважно фіброгенної дії мг/м^3 Кремнію діоксид кристалічний (граніт, шамот, слюда, сирець, вуглецевий пил) при змісті в пилу від 10 до 70 %	4,000	9.28			2.32 р	89
Шум, дБ	80	92		2		89
Мікроклімат у приміщенні в теплий період - температура повітря, $^{\circ}$C - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, %	 21-28 0,1-0,3 60≤	 40 0,33 56	 1,1		 12	 89 89 89
Рабочая поза - пребівание в наклонном положении до 30 град.		26,4	26,4			
Тяжесть и напряженность труда	Важка III - го ступеню, напружена					

6.3 Охорона праці

Під час розробки підрозділу були використані такі нормативно – правові документи:

– Закон України «Про охорону праці» [25];

– Наказ №627 від 22.03.2012 від Міністерства надзвичайних ситуацій

України «Про затвердження Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин» [26].

– НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [27];

– НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажнорозвантажувальних робіт» [28];

– НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» [29];

– НПАОП 0.00-3.07-09 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам загальних професій різних галузей промисловості» [30];

– НПАОП 0.00-1.22-08 «Правила будови і безпечної експлуатації навантажувачів»; та інші [31].

Заходи по забезпеченню вимог безпеки до технологічних процесів.

Виробничі процеси повинні здійснюватись у відповідності з вимогами нормативно-технічної документації, затвердженої у встановленому порядку. Проєктом передбачені такі заходи по забезпеченню безпеки:

– планування вибухонебезпеки процесів та класів приміщень згідно ПУЕ;

– розміщення устаткування забезпечує зручність обслуговування та безпечну евакуацію людей у випадку пожеж чи аварійних ситуацій;

– забезпечення в приміщеннях, на постійних місцях і в робочій зоні (під час проведення основних і ремонтних / допоміжних/ робіт) нормативних метеорологічних умов;

– забезпечення оптимальної освітленості;

– забезпечення нормального температурного режиму.

Контроль вимог безпеки.

Керівник підприємства несе персональну відповідальність за виконання

вимог правил техніки безпеки і виробничої санітарії згідно з чинним законодавством. Керівник підприємства призначає відповідальних за пожежну безпеку приміщень, технологічного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Накази про призначення цих працівників видаються після перевірки в установленому порядку знань ними відповідних нормативних актів щодо охорони праці та пожежної безпеки. Дирекція створює на підприємстві службу охорони праці згідно з Типовим положенням. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства і прирівнюється до основних виробничо-технічних служб.

Організація роботи з охорони праці на підприємстві, права та обов'язки посадових осіб та працівників повинні бути викладені в нормативних актах, розроблених згідно з Порядком опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві.

Дирекція підприємства зобов’язана:

– створити на робочих місцях цеху умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити додержання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці;

– здійснювати постійний контроль за додержанням працівниками технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт у відповідності до вимог щодо охорони праці.

Заходи по захисту персоналу від травмування, по безпечній евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах:

– забезпечення працівників всіма діючими нормативними документами в галузі охорони праці та пожежної безпеки;

– забезпечення проведення постійного оперативного контролю за станом і утриманням обладнання згідно діючих положень і вилучення

випадків допущення в експлуатацію несправного або такого, що не відповідає нормативним документам обладнання;

– підвищення якості навчання та інструктажу по охороні праці, а також виключення випадків допуску до роботи непідготовлених і не проінструктованих працівників;

– підвищення відповідальності працівників за додержанням виробничої дисципліни та вимог усіх нормативних документів в галузі охорони праці та пожежної безпеки;

– забезпечення працюючих на виробничих дільницях спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту.

Для попередження механічних травм застосовуються захисні пристрої (кожухи, кришки та інші), які установлюються між небезпечним виробничим обладнанням і працюючим.

На дільниці повинна бути опрацьована інструкція затверджена дирекцією підприємства, вивчена в системі виробничого навчання та вивішена на видному місці.

Евакуаційні шляхи забезпечують безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщеннях, через евакуаційні виходи. На шляхах евакуації не дозволяється встановлювати виробниче устаткування, розміщувати готову продукцію, матеріали, тощо.

Двері на шляхах евакуації відкриваються у напрямку виходу з приміщення. До керування вантажопідіймальним та транспортним обладнанням допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і одержали посвідчення на право керування машинами.

Працівники забезпечуються необхідними санітарними і побутовими приміщеннями.Усі виробничі приміщення повинні бути забезпечені аптечками, укомплектованими засобами першої медичної допомоги.

Не дозволяється застосування праці жінок в роботах, передбачених «Переліком важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами

праці», на яких забороняється застосування праці жінок.

Не дозволяється залучення жінок до підіймання і переміщення речей, маса яких перевищує встановлені для них граничні норми.

Не дозволяється допуск осіб віком до вісімнадцяти років до робіт, передбачених переліком робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх. Установлені контейнери – сміттєзбірники з кришками на окремій площадці. Очистка сміттєзбірників повинна проводитись не рідше одного разу в день.

Миття, профілактична дезінфекція і контроль санітарного стану підприємства проводяться у відповідності до встановлених санітарних правил за діючими інструкціями.

6.4 Вимоги до обладнання

Опалення та вентиляція коптильних цехів разом з іншими системами повинні забезпечувати в них параметри мікроклімату (температуру, тиск, відносну вологість), встановлені вимогами норм технологічного проектування цехів гарячого копчення. Також важливою віхою є можливість освітлення рослин за технологічною картою, що може бути з успіхом впроваджено до системи дистанційного керування. З подорожанням газу, що є економічно продуктивнішим паливом для України, необхідно замислюватися над ступенем енергозатрат [23].

Розроблена система регулювання температури:

– відповідати точнісним вимогам до обладнання вимірів;

– здійснювати точні вимірювання;

– відображати показники на дисплеї;

– зберігати останні показники у внутрішній пам’яті;

– відправляти данні вимірювань на хмарні сервіси;

– мати змогу управління вимірюваннями.

Обладнання коптильного цеху грає важливу роль у створенні оптимальних умов для вирощування рослин, забезпеченні ефективного використання ресурсів і досягненні високого врожаю, тому має відповідати наступним загальним вимогам:

– системи опалення: для підтримки оптимальної температури може включати в себе системи опалення газом, електричні обігрівачі, геотермальні системи або інші джерела тепла;

– системи вентиляції: дозволяє керувати рівнем вологості, температурою і обміном повітря;

– освітлення: в приміщенні повинна бути система освітлення для забезпечення комфортної роботи, особливо в зимовий період або в областях з обмеженим сонячним світлом, світлодіодні (LED) освітлення стає все популярнішим вибором для харчової промисловості;

– автоматизація та контроль: коптильні цеха використовують автоматизовані системи для керування температурою, вологою, освітленням, це допомагає забезпечити стабільні умови для комфортної роботи;

– системи контролю якості повітря: включають в себе моніторинг рівнів CO_2, вологості, температури і інших параметрів для забезпечення оптимальних умов для комфортної роботи;

– системи безпеки: сигналізація, системи пожежогасіння і інші засоби безпеки;

– матеріали та конструкція: повинні бути відповідними для забезпечення довговічності і ефективності.

Обладнання цеху гарячого копчення може варіюватися в залежності від конкретних потреб та типу культур, що вирощуються, але дотримання цих загальних вимог сприяє успішному функціонуванню цеху гарячого копчення.

6.5 Заходи з електробезпеки

Електропостачання цеху гарячого копчення винонно відповідати наступним нормам:

– ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення» [32];

– ДБН В.2.5-23:2010 «Проєктування електрообладнання об’єктів цивільного призначення» [33].

У приміщеннях цеху гарячого копчення використовуються наступні допоміжні засоби техніки безпеки.

Електрозахисні пристрої

Відповідно до ПУЕ приміщення цеху гарячого копчення належить до категорії особливо небезпечних приміщень – наявність струмопровідних підлог, підвищена вологість. Території розміщення зовнішніх електроустановок за ступенем небезпеки ураження електричним струмом прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

У цеху гарячого копчення використовується напруга 220В/380В (по ПУЕ правила діють до 1000 В), частота 50 Гц.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

– забезпечення неприступності струмоведучих частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику;

– електричний поділ мережі;

– усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;

– застосування малих напруг;

– захист від випадкового дотику до струмоведучих частин застосуванням кожухів, огороджень, подвійної ізоляції;

– контроль і профілактика ушкодженої ізоляції;

– застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і запобіжних пристосувань.

До захисних засобів від ураження електричним струмом відносять:

– різний інструмент (ізолюючі оперативні й вимірювальні штанги, що ізолюють і токовимірювальні кліщі й ін.);

– частини одягу (гумові діелектричні рукавички, боти, калоші, брезентові рукавиці; запобіжні пояси, що страхують канати, захисні окуляри, протигази);

– допоміжні пристосування (ізолюючі майданчики, підставки, ковпаки, килимки, накладки, тимчасові огородження);

– покажчики напруги.

– слесарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками – призначений для роботи з напругою в електроустановках до 1000В.

Попереджувальні засоби

Попереджувальні плакати діляться на застережливі, забороняючи, й нагадуючи. Застережливі (постійні) плакати («Обережно! Електрична напруга!») укріпляють на стінах, огородженнях. Заборонний (переносний) плакат («Не включати, працюють люди!») вивішується на ключах і рукоятках керування. Дозволяючий (переносний) плакат («Працювати тут!») установлюється на місці робіт. Нагадуючий (переносний) плакат («Заземлене») установлюється на ключах і рукоятках керування.

Механічні неструмові частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і струмоведучими частинами можуть опинитися під напругою. У таких випадках дотик до неструмопровідних частин рівнозначний дотику до струмопровідних частин.

Комутація щитів виконується відповідно з МСН-205-69 ізольованими поліхлорвініловими дротами з лакованою обмоткою.

Мінімальний допустимий переріз дротів в ланцюгу з напругою до 60В – не менше 0,2 мм^2, в ланцюгах з напругою вище 60В – не менше 1 мм^2.

Дроти групуються в щити, по 4 дроти на щит. Джгути кабелів вкладають в перфоровані шафи без кріплення.

В даному проєкті використано кабелі із зовнішнім покриттям типу БТ, а також неброньовані кабелі і кабелі з поліхлорвініловою плівкою.

Усунення небезпеки ураження електричним струмом при переході напруги на не струмопровідні частини електроустановки у мережах з ізольованою нейтраллю здійснюється за допомогою захисного заземлення. Захисне заземлення – це з’єднання металічних не струмопровідних частин електроустановок із землею заземлюючими провідниками і заземлювачами для створення між цими частинами і землею малого опору.

6.6 Пожежна безпека

У коптильному цеху існує небезпека виникнення пожежі через використання електрообладнання, систем опалення та вентиляції, тому застосовуються заходи щодо попередження пожежонебезпечних ситуацій.

Виробництво відноситься до категорії В.

Будівля цеху відноситься до III ступеня вогнестійкості, тобто всі основні несучі конструкції, виконуються вогнетривкими, але застосовуються сталеві незахищені від вогню несучі ферми і внутрішні перегородки, виконані з важкоспалимих матеріалів. За класифікацією пожежонебезпечних приміщень цех гарячого копчення належить до зони класу П - Та, як приміщення, що містить тверді горючі речовини, не здатні переходити в зважений стан.

У цеху гарячого копчення застосовуються такі горючі матеріали (речовини): природний газ – 460 °С, біомаса. Суміш природного газу і повітря в певному співвідношенні є вибухонебезпечною, окремі компоненти газу токсичні. Суміші газів з повітрям спалахують і нерідко вибухають не тільки від відкритого вогню (факела, палаючого сірника чи свічки, цигарки і т. п.), але і від іскор, що висікаються при ударах або терті металевих предметів.

У виробничому приміщенні обладнані протипожежні кутки, забезпечені ящиком з піском, ємностями з водою, пожежно-інвентарними щитами з набором інвентарю: лопат, багрів, гаків, сокир та вогнегасниками.

Ефективність та своєчасність евакуації людей при пожежі досягається наявними шляхами евакуації: кількість, протяжність і ширина яких задовольняє нормативним вимогам, а також евакуаційних виходів, якими служать наявні в цеху гарячого копчення виробничі виходи.

Щоб уникнути пожеж необхідно дотримуватись таких правил:

– забороняється залишати на робочих місцях промаслене ганчір'я та інші самозаймисті матеріали;

– необхідно стежити за справністю електропроводки цеху гарячого копчення, справністю переносних ламп;

– у цеху гарячого копчення повинна бути передбачена спеціальна комора для зберігання легкозаймистих рідин;

– цех гарячого копчення повинна бути оснащена протипожежними пристроями: вогнегасниками, брандспойтами і шлангами, ящиками з піском, лопатами і баграми, встановленими на спеціальних щитах. Вогнегасники вуглекислотні типу ОУ-2, ОУ-3 призначені для гасіння загорянь речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорянь електроустановок, що знаходяться під напругою не більше 1000 В, рідких та газоподібних речовин (клас В, С);

– всі основні ділянки цеху гарячого копчення повинні мати чергове освітлення, кнопкову сигналізацію для виклику пожежної команди.

Висновки. У цій частині була розглянута організація праці в цеху гарячого копчення. Проаналізувавши умови праці, виділили такі чинники, як виробничий шум, вібрація, висока температура технологічних процесів, температура повітря, вентиляція та освітлення, які перевищують гранично допустимі рівні, встановлені документами, які суттєво впливають на здоров'я персоналу.

7 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Метою техніко-економічного обґрунтування автоматизованої системи управління є кількісне та якісне обґрунтування економічної доцільності створення або розвитку САР температури в робочих камерах, а також визначення організаційно-економічних умов її ефективного функціонування.

Зміст техніко-економічного обґрунтування полягає в наступному:

– розрахувати і проаналізувати за окремими статтями витрати, необхідні для створення чи розвитку САР;

– зіставити витрати на створення і функціонування САР з результатами, отриманими при її впровадженні.

– на основі розрахунків техніко-економічних показників, що характеризують результати функціонування створюваної САР, і порівнюючи їх із зіставними показниками варіанту, обраного за базу для порівняння (аналога), дати кількісну та якісну оцінку економічної доцільності створення або розвитку аватоматизованої системи.

Основними факторами, що визначають економічну ефективність САР є:

– збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей, сировини, матеріалів, палива та трудових ресурсів;

– підвищення продуктивності праці виробничих робітників, внаслідок скорочення втрат робочого часу і простоїв обладнання [35].

Економічні показники визначаються за діючими на момент розрахунку оптових цін і тарифними ставками.

7.1 Розрахунок капітальних вкладень

У запропонованому проєкті проводиться закупівля контролера і його модулів, первинних перетворювачів, вторинних приладів, датчиків та іншого обладнання.

Вартісні показники закуповуваного устаткування занесені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Необхідне обладнання на реалізацію проєкту

Найменування	Ціна за од., грн	Кіл.	Сума, грн.
ТТ-0,6-40/5	5000	1	5000
Э-365-1.5-40А-40/5	1800	1	1980
ПНС-3	12000	1	1320
LAY5-BD33-3	8400	1	92400
АРВВ-22N	5200	2	11440
NTC10K/B3950	2100	1	2310
ТК-6	4600	2	10120
ДК-50	3000	13	42900
Сафір 22ДД	6000	5	3300
БИК-1	1600	1	1760
ДМ 1001У2	1200	1	1320
AD220DS	760	1	836
БПІ-452	38000	1	38000
МІК-52Н-161	567000	1	623700
Сума			1124926

Одноразові витрати на створення САР визначаються за формулою:

$$К^{А} = К_{П}^{А} + К_{К}^{А} \quad (7.1)$$

де $К_{П}^{А}$ – довиробничі витрати, грн..;

$К_{К}^{А}$ – капітальні витрати, грн.

$$К^{А} = 5280 + 1124926 = 1130206 \text{ грн.}$$

Довиробничі витрати на розробку КІС розраховуються за формулою:

$$К_{П}^{А} = К_{ПР}^{А} + К_{ПО}^{А} + К_{ИО}^{А} \quad (7.2)$$

де – $К_{ПР}^{А}$ витрати на проєктування КІС, грн.;

$К_{ПО}^{А}$– витрати на розробку програмного забезпечення, грн..;

$К_{ИО}^{А}$– витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних КІС), грн..

$$К_{П}^{А} = 0 + 1980 + 3300 = 5280 \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$К_{К}^{А} = К_{КТС}^{А} + К_{монт}^{А}, \quad (7.3)$$

де $К_{КТС}^{А}$– кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн..;

$К_{МОНТ}^{А}$– витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн.. (10% від вартості КТЗ).

$$К_{К}^{А} = 1124926 + (1124926 \cdot 0{,}1) = 1237418{,}6 \text{ грн.}$$

7.2 Амортизаційні відрахування

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_{А} = \frac{К_{К}^{А} \cdot 0{,}1}{100}, \quad (7.4)$$

де $З_А$ – норма амортизації, % (10%).

$$З_А = \frac{1237418,6 \cdot 0,1}{100} = 1237,42 \text{ грн.}$$

$$З_{мат} = 1237418,6 \cdot 0,2 = 247483,72 \text{ грн.;}$$

$$З_{рем} = 1237418,6 \cdot 0,7 = 866193,02 \text{ грн.}$$

7.3 Експлуатаційні витрати

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування КІС здійснюється за формулою:

$$З_{експ} = З_{зп} + З_{ел} + З_А + З_{мат} + З_{рем}, \quad (7.5)$$

де $З_{ЗП}$– річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування КІС з відрахуваннями на соціальне страхування, грн.;

$З_{ел}$ – річна вартість електроенергії, споживаною КІС, грн.;

$З_А$ – річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$З_{мат}$ – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування КІС (2% від вартості КТЗ), грн.;

$З_{рем}$– річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування САР залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби складають 22% (22% - ЄСВ).

Служба експлуатації контрольно-вимірювальних приладів і автоматики виконує наступні функції: метрологічний нагляд; технічне обслуговування; ремонт і настройку контрольно-вимірювальних приладів і приладів автоматичного управління. Крім того, вона впроваджує нові засоби і системи автоматики (табл.7.2).

Таблиця 7.2 – Штатний розклад служби КВП і А

Робочі в промисловій теплиці	Кількість працюючих	Розряд робіт
Інженер-конструктор з ремонту і обслуговування обладнання	1	4
Інженер з ремонту і обслуговуванню обладнання	2	5
Інженер з ремонту і обслуговуванню обладнання (старший)	2	6
Слюсар КВП і А	1	7

Число фахівців які повинні забезпечити безперервну роботу САР коптильного цеху протягом зміни – 3 людини, 2 – кількість бригад.

Штатна чисельність робочих:

$$2 \cdot 3 = 6 \text{ чол.}$$

Списочна чисельність робочих знаходиться за формулою:

$$Ч_{сп} = Ч_{шт} \cdot К_{сп}, \quad (7.6)$$

де $Ч_{шт}$ – штатначисельністьробочих,чол.;

$К_{сп}$= 1,16 – коеффіцієнтсписочності:

$Т_{ном}$ = 273,75 – номінальний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні;

$Т_{эф}$ = 235,75 – ефективний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні.

$$К_{сп} = 273,75/235,75 = 1,16.$$

$$Ч_{сп} = 6 \cdot 1,16 = 7 \text{ чол.}$$

Заробітна плата по тарифу:

$$З_{зп} = С_{ч} \cdot Т_{еф} \cdot Ч_{сп}, \quad (7.7)$$

де $З_{зп}$ – заробітна плата за тарифом, грн.;

$Т_{еф}$ – число відпрацьованих чоловіко-годин;

Отже, 12 фахівців працюють по 12 годин, 16 змін за місяць відпрацьовує 1 робітник.

$$12 \cdot 16 = 192 \frac{год}{міс}$$

$$Т_{еф} = 192 \cdot 365 = 70080 \frac{чол}{год} \text{ в рік}$$

Таблиця 7.3 – Тарифні ставки і заробітна плата

Розряд	Кількість, чол.	Тарифна ставка	Зарплата по тарифу, грн
4	1	8	3924480
5	2	8,7	3048480
6	2	9,3	2606976
7	1	10	2102400
Всього	6	—	11682336

Відрахування на соціальні потреби складають 22%, отже:

$З_{зп}$ = 11682336 + 22% = 14252449,9 грн.

Річна вартість електроенергії визначається за формулою:

$$З_{ел} = W \cdot T_{еф} \cdot Ц_{е}, \quad (7.8)$$

де W– встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$Ц_{е}$ – вартість 1 кВт/рік електроенергії, грн..

Час роботи КТЗ наведено в табл. 7.4.

Фактичний час роботи теплиці за рік і продуктивність його в одиницю часу:

$$T_{еф} = T_{кал} - (T_{пп} + T_{кр} + T_{ппр}), \quad (7.9)$$

де $T_{еф}$ – річний фонд робочого часу (КТЗ), год.

Таблиця 7.4 – Час роботи КТЗ

Показники	Час роботи КТЗ	
	Години	Доба
Календарний час	8760	365
Планово-попереджувальні роботи	480	20
Капітальні ремонти	0	0
Номінальний час	8 280	345
Поточні роботи	780	32,5
Фактичний час	7 500	312,5
Середня продуктивність за годину, т/г	3,4	
Продуктивність теплиці за рік, т/рік	10	

$$T_{еф} = 8760 - (480 + 0 + 780) = 7500 \text{ год.}$$

W – 172,8 Вт;

$Ц_е$ – 1,68 грн.

$$З_{ел} = 0{,}1728 \cdot 7500 \cdot 1{,}68 = 2177{,}28 \text{ грн.}$$

$$З_{експ} = 142524 + 2177{,}28 + 652{,}48 + 130496 + 456736 = 732585{,}76 \text{ грн.}$$

7.4 Визначення річного економічного ефекту

Запропонована система дозволяє реалізувати збільшення продуктивності полуниці на 5 % за рахунок контролювання і регулювання параметрів мікроклімату за допомогою САР.

Основними показниками економічної ефективності САР є:

– річна економія у зв'язку з функціонуванням САР;

– річний економічний ефект;

– ефективність витрат на створення і впровадження САР.

Річна економія (Е) від функціонування САР використовується для розрахунку річного економічного ефекту.

Річний економічний ефект ($Е_{рік}$):

$$Е_{рік} = В^{Б} - З_{експ}, \quad (7.10)$$

де $З_{експ}$ – річні витрати на експлуатацію КІС.

$В^{Б}$ – виручка від реалізації продукції до впровадження КІС, грн..

Продуктивність промислової теплиці 10 тонн полуниці на рік. Ціна 1 кг полуниці – 518 грн.

$$В^{Б} = 5180000 \text{ грн./рік}$$

Річна економія:

$$Е = В^{Б} + 1{,}5\% = 5180000 + 77700 = 5257700 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$Е_{рік} = 5257700 - 732585,76 \ = 4525114,24 \text{ грн}$$

7.5 Визначення терміну окупності

Термін окупності капітальних витрат (Т) визначаються за формулою:

$$Т = \frac{К_К^А}{Е_{рік}} \quad (7.11)$$

$$Т = \frac{1237418,6}{4525114,24} = 0,3 \text{ року}$$

Рентабельність капітальних витрат $Е_р$ на створення КІС:

$$Е_р = \frac{Е_{рік}}{К_К^А}, \quad (7.12)$$

$$Е_р = \frac{4525114,24}{1237418,6} = 3,7$$

Результати розрахунку економічної ефективності наведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. виміру	Рівень показника
Вартість КТЗ	грн.	1124926
Одноразові витрати на створення САР	грн.	1130206
До виробничі витрати на розробку САР	грн.	5280
Капітальні витрати	грн.	1237418,6
Час роботи КТЗ	годин	7500
Продуктивність теплиці за рік	т/рік	10

Річні витрати на заробітну плату спеціалістів	грн.	14252449,9
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	1124,93
Річні експлуатаційні витрати САР	грн.	732585,76
Річна економія	грн.	5257700
Річний економічний ефект	грн..	4525114,24
Термін окупності витрат	рік	0,42
Рентабельність капітальних вкладень		3,7

Висновки. Отже, рентабельність капітальних вкладень дорівнює 3,7 – це вказує на те, що проект приносить прибуток, що перевищує витрати. Термін окупності капітальних витрат протягом 0,3 року доводить економічну доцільність створення САР температури в робочих камерах

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра було успішно спроєктовано автоматизовану систему регулювання температури в робочих камерах копчення, зосередившись на автоматизації лінії ламінування.

В роботі здійснено аналіз технологічного процесу гарячого копчення, наведена технологічна схема технологічної установки гарачого копчення. Проведено аналіз регламентованих параметрів ТП та визначені основні задачі проектування САР. Розроблена САР температури в камерах копчення: обрані засоби вимірювальної техніки, складена замовна специфікація приладів і апаратури системи з позначенням класу точності вказаного викладачем вимірювального каналу ІВС.

У роботі детально розроблені схеми автоматизації, що візуалізують взаємодію компонентів системи та логіку її функціонування. Особливу увагу приділено розділу надійності системи, де були проведені розрахунки та аналіз показників безвідмовної роботи, що підтверджує здатність запропонованої АСУ ТП працювати стабільно та ефективно протягом тривалого часу.

Проєкт охоплює всі ключові аспекти створення сучасної АСУ ТП, включаючи вибір та обґрунтування всіх необхідних технічних засобів автоматизації, таких як датчики, контролери, виконавчі механізми та прилади керування.

Розроблена САР на основі ПЛК дозволяє усунути ручне втручання при експлуатації коптильної печі, а також швидко проводити будь-яку модифікацію і легше впроваджувати будь-які зміни в майбутньому. Проєкт готовий до впровадження на виробництві, після тестування системи та внесення необхідних змін у часові параметри програми.

Термін окупності капітальних витрат протягом 0,3 року доводить економічну доцільність створення САР температури в робочих камерах.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України : офіц. текст. Київ : КМ, 2013. 96 с.

2. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII Голос України. 2017. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.

3. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Вид. офіц. Київ. 1998. 45 с. (Інформація та документація).

4. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель. : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с.

5. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. К. : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Інформація та документація).

6. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Автоматизація технологічних процесів. зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.

7. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Інформація та документація).

8. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Чинний від 2002-01-01]. Київ : Мінпраці України, 2001. 45 с. (Інформація та документація).

9. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2014-12-30]. Київ : МВС України, 2014. 91 с. (Інформація та документація).

10. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [Чинний з 1997-10-06]. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с. (Інформація та документація).

11. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [Чинний з 1998-01-09]. Київ : Мінпраці України, 1998. 89 с. (Інформація та документація).

12. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [Чинний від 2018-05-18]. Київ : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. (Інформація та документація).

13. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний з 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Інформація та документація).

14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 106 с. (Інформація та документація).

15. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. (Інформація та документація).

16. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [Чинний з 01.01.2016]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с. (Інформація та документація).

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Інформація та документація).

18. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Інформація та документація).

19. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 191 с. (Інформація та документація).

20. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [Чинний від 2018-02-23]. Київ : МВС України, 2018. 23 с. (Інформація та

документація).

21. Авраменко В. С., Авраменко А. С. Проектування інформаційних систем : навч. посібник. Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2017. 434 с.

22. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: справочник/ Под ред. Тимофеева Б.Б. Киев : Техника, 1983. 351 с.

23. Вимоги до ергономіки та технічної естетики. URL: http://wikipage.com.ua/1x400f.html (дата звернення: 13.02.2024).

24. Вимоги до системи. URL: https://mydocx.ru/2-120435.html (дата звернення: 13.11.2022).

25. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с.

26. Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука – 2020» : у 5 т. / Запорізький національний університет. – Запоріжжя : ЗНУ, 2020. Т.5. 280 с.

27. Зінченко Ю. М., Барішенко О. М. Теорія автоматичного управління : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 35 с.

28. Ніколаєнко А. М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 84 с.

29. Манько О. О. Методичні вказівки та завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни «Основи проектування систем автоматизації» за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології» для студентів заочної форми навчання. Рівне, 2012. 40 с.

30. Манько О. О., Кутя В. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічної роботи з дисципліни «Основи проектування систем автоматизації» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології». Рівне, 2010. 31 с.

31. Металургійна теплотехніка : збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Дніпро : «ПП Грек О.С.», 2020. 364 с.

32. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації: методичні вказівки до курсового проекту для студентів спеціальності 151 «Автоматизація так комп’ютерно-інтегровані технології» / ред. А. М. Ніколаєнко. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 34 с.

33. Мочалін В. Н., Кочнев Н. В. Моделювання та дослідження систем автотичних управління з використанням ПЕОМ : нав. посіб. Череповець : ЧГІІ, 2005. 178 с.

34. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В., Зеркалов Д. В., Сабарно Р. В., Полукаров О. І., Коз’яков В. С., Мітюк Л. О. Основи охорони праці : підручник. 2-ге вид. Київ: Основа, 2006. 448 с.

35. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР : метод. вказ. до практ. зан. / уклад. В.Г. Трегуб. Київ : НУХТ, 2008. 67 с.

36. Ніколаєнко А.М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 203с.

37. Солодовников В.В., Коньков В.Г. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Київ: Вища школа, 2021. 255 с.

38. Полянський Г.О. Методичні вказання к розрахунку надійності систем автоматизованого керування. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 24с.

39. Пейсхахов А.Н., Кучер А.М. «Материаловедение и технология конструкционных материалов» : учебник. Изд-во Михайлова., 2004. 407 с

40. Проектування систем керування : конспект лекцій для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами»; уклад. М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленький, Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 279 с.

41. Промислові мікропроцесорні мережі. URL: http://um.co.ua/8/8-11/8-110801.html (дата звернення: 15.02.2024).

42. Рішан О. Й. Метрологія, технологічні вимірювання та прилади: Курс лекцій для студентів спеціальностей: 7.092501 «Автоматизоване управління технологічними процесами» та 7.092502 «Комп'ютерно-інтегровані

технологічні процеси і виробництва» ден. та заочн. форм. навчан. Київ : НУХТ, 2007. 162 с.

43. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації : навч. посіб. Київ : НМКВО, 2015. 80 с.

44. Емпіріко-теотетичні методи дослідження систем управління. URL: http://examen.od.ua/upravlen/page117.html (дата звернення 22.02.24).

45. Вимоги до системи. URL: https://mydocx.ru/2-120435.html (дата звернення: 13.03.2024).

46. Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. 444 с.

47. Belichovska K., Belichovska D., Pejkovski Z. Smoke and smoked fish production. Meat Technology. 2019. 60(1). P. 37–43. doi:10.18485/meattech.2019.60.1.6.

48. Doe P., Sikorski Z., Haard N., Olley J., Pan B. S. Basic Principles. Fish Drying & Smoking. Production and quality. Lancaster: Tachnomic Publishing Co. 2017. 13–45. doi:10.1201/9780203756003-2.

49. Moneim E. Sulieman A., A. Mustafa W., Shommo S. A. M. Assessment of the quality of smoked fish obtained from white Nile River. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2018. 7. P. 20–25.