

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Гречена Олексія Сергійовича
(ПІБ)
академічної групи 123М-23-1
(шифр)
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)
на тему Обґрунтування структури і параметрів IoT-системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики «Житомирські Ласощі»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Ткаченко С.М.			
розділів:				
синтез системи	доц. Бешта Д.О.			
розробка програмного забезпечення	ас. Панферова Я.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри
Інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

_____ Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

"__" _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра

студенту Гречен О.С. академічної групи 123М-23-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
за освітньо-професійною програмою 123 «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему: «Обґрунтування структури і параметрів IoT-системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики «Житомирські Ласощі»»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17.10.2024р. № 1388-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформульовано наукове завдання, конкретизован предмет та мета досліджень	11.10.2024
Теоретичний	Обґрунтування теоретичної бази розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	25.10.2024
Синтез системи	Розробка системи контролю мікрокліматом	15.11.2024
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення для контролю мікрокліматом	29.11.2024
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів	06.12.2024

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 06.09.2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 26.12.2024 р.

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Гречен О.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 67 с., 22 рис., 6 табл., 16 джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: мікроклімат в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

Мета: розробити програмно-технічне рішення систем контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” для підвищення стабільності умов виробництва та якості продукції.

У вступі показано актуальність, розкрито мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, ідею роботи та методи дослідження.

У розділі «Стан питання і постановка задачі» розглянуто принципи роботи об'єкту дослідження. Сформульовано мету, основну задачу, робочі задачі і ідею роботи.

У теоретичному розділі проведено аналіз методів керування обладнанням по забезпеченню показників мікроклімату

У розділі «Синтез системи керування» розроблені схема автоматизації і принципова схема системи.

У розділі «Розробка програмного забезпечення» розроблено програмне забезпечення системи контролю мікрокліматом.

У результаті експериментальних досліджень шляхом було підтверджено за допомогою виконання контрольного прикладу працездатність керування обладнанням і програмного забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах.

МІКРОКЛІМАТ, ВИРОБНИЧІ ЗОНИ, КОНДИТЕРСЬКА ФАБРИКА.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	6
Вступ	7
1 Стан питання і постановка задачі	9
1.1 Огляд галузі та умов застосування	9
1.2 Огляд роботи виробничого цеху кондитерської фабрики	10
1.3 Огляд і характеристика об'єкту, для якого проводиться розробка	13
1.4 Аналіз призначення і методів контролю та керування мікрокліматом ...	15
1.5 Обґрунтування напряму досліджень	21
1.6 Постановка задачі	23
Висновок	24
2 Теоретичний розділ	26
2.1 Аналіз методів керування обладнанням по забезпеченню показників мікроклімату	26
2.2 Обґрунтування загального алгоритму контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах	28
2.2.1 Аналіз і обґрунтування роботи вентиляційної системи	30
2.2.2 Аналіз охолодження та обігріву виробничих зон	31
2.2.3 Аналіз осушення виробничих зон	32
2.2.4 Аналіз фільтрації повітря в виробничих зонах	33
2.3 Синтез функціональної структури системи контролю мікрокліматом мікрокліматом в виробничих зонах	35
Висновок	35
3 Синтез системи	37
3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах	37
3.2 Розробка принципової схеми комплексу технічних засобів	40

	5
3.2.1 Аналіз входів та виходів системи	40
3.2.2 Обґрунтування елементної бази системи	44
3.2.3 Реалізація принципової схеми системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах	50
Висновок	52
4 Розробка програмного забезпечення	53
4.1 Призначення і сфера застосування програмного забезпечення	53
4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми	53
4.3 Опис розробленої програми	55
4.3.1 Загальна інформармація	55
4.3.2 Функціональне призначення	55
4.3.3 Опис логічної структури програми	56
4.3.4 Використані технічні засоби	58
4.3.5 Виклик та завантаження	59
4.3.6 Вхідні та вихідні дані	59
Висновок	59
5 Експериментальний розділ	60
5.1 Формулювання вимог до експерименту	60
5.2 Підготовка експерименту	60
5.3 Програма й методика експерименту з протоколу випробувань	61
5.3.1 Підготовчі дії	61
5.3.2 Перевірка працездатності керування обладнанням	62
5.4 Аналіз результатів експериментів	63
Висновок	64
Висновки	65
Перелік посилань	66
Додаток А Програмне забезпечення. Текст програми контролеру	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

IoT – англ. Internet of Thing, Інтернет речей;

PLC – англ. Programmable Logic Controller, програмований логічний контролер;

HMI – англ. Human Machine Interface, людино-машинний інтерфейс;

TFT – англ. Thin Film Transistor, тонкоплівковий транзистор;

USB – англ. Universal Serial Bus, універсальна послідовна шина;

CPU – англ. Central Processor Unit, модуль центрального процесора.

ВСТУП

Забезпечення стабільного мікроклімату в виробничих зонах є одним із ключових факторів для підтримки високої якості продукції в харчовій промисловості, зокрема на кондитерських фабриках. Нестабільні умови температури та вологості можуть негативно вплинути на властивості продуктів, таких як шоколад, карамель та інші солодощі, що призводить до зниження якості, втрат сировини та підвищення виробничих витрат. Одним із сучасних рішень для ефективного контролю мікроклімату є впровадження систем на основі Інтернету речей (IoT), які дозволяють автоматизувати процеси моніторингу і управління параметрами навколишнього середовища.

Світові тенденції свідчать про зростаючу інтеграцію IoT у виробництво, зокрема в харчову промисловість. Автоматизація за допомогою сенсорних мереж, прогнозування умов на основі машинного навчання та використання хмарних технологій для управління кліматом є ключовими трендами. Крім того, енергоефективність та зниження витрат на обслуговування також є пріоритетними напрямками. Відомі фірми, такі як Bosch та Emerson, розробляють інтелектуальні системи управління мікрокліматом з акцентом на адаптивне регулювання.

Актуальність роботи визначається потребою кондитерських фабрик у підтримці стабільних умов виробництва для забезпечення якості продукції та енергоефективності. Впровадження IoT-системи контролю мікроклімату дозволить не лише забезпечити сталість параметрів, але й значно знизити витрати на енергоносії, підвищити автоматизацію процесів та забезпечити інтеграцію з іншими системами управління виробництвом.

Метою роботи є розробити програмно-технічне рішення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” для підвищення стабільності умов виробництва та якості продукції.

Об’єкт дослідження – мікроклімат в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

Предмет дослідження – методи контролю та керування для обґрунтування структури та параметрів IoT-системи мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”

Методи дослідження: огляд мікроклімату в виробничих зонах як об’єкту, для якого проводиться розробка системи; аналіз методів контролю та керування мікрокліматом; синтез схеми функціональної структури системи; на основі схеми функціональної структури синтез схеми функціональної автоматизації системи мікроклімату; аналіз по функціональній схемі автоматизації входів і виходів контролю й керування та синтез технічного рішення у вигляді принципової схеми системи; розробка програмного забезпечення системи до експериментальних досліджень.

Ідея роботи – розробка та впровадження IoT-системи для автоматизованого моніторингу, контролю та керування мікрокліматом в режимі реального часу в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Огляд галузі та умов застосування

Кондитерська промисловість є однією з ключових галузей харчової індустрії в Україні, що характеризується високими вимогами до стабільності виробничих умов. Сучасні дослідження показують, що підтримка чітко визначених параметрів мікроклімату в виробничих зонах є важливою умовою для забезпечення якості кондитерських виробів. Відповідно до наукових досліджень, такі параметри, як температура, вологість та рівень CO₂, мають безпосередній вплив на хімічну та фізичну структуру продукту, визначаючи його стабільність і термін зберігання.

Контроль мікроклімату є визначальним фактором для підтримання стабільних умов в виробничих зонах кондитерських підприємств. Згідно з дослідженнями у сфері харчової промисловості, параметри середовища безпосередньо впливають на хімічну стабільність, смакові характеристики та зовнішній вигляд продуктів. Зокрема, виявлено, що коливання вологості повітря призводять до змін у текстурі виробів, що у свою чергу знижує їх привабливість для споживача та скорочує термін зберігання.

На основі цих даних промислові підприємства все частіше розглядають автоматизацію систем контролю мікроклімату як важливу інвестицію, що забезпечує стабільність виробничого процесу та сприяє зниженню витрат на енергоресурси. Зокрема, результати численних наукових експериментів підтверджують, що автоматизовані IoT-рішення знижують витрати на контроль та регулювання мікроклімату на 15-25% завдяки більш точному регулюванню та адаптації до зовнішніх факторів.

Для забезпечення стабільної якості продукції на кондитерській фабриці “Житомирські Ласощі” необхідно врахувати специфіку кожної виробничої зони, що має різні вимоги до мікроклімату. Дослідження показують, що автоматизована система моніторингу та контролю може значно знизити кількість браку та покращити енергоефективність.

Використання IoT-рішень на фабриці дозволить інтегрувати дані з різних виробничих зон для адаптивного управління мікрокліматом, що підвищить надійність процесу та забезпечить відповідність якості продуктів встановленим стандартам.

Інтеграція IoT у системи моніторингу мікроклімату на підприємствах харчової промисловості є одним із ключових напрямків цифровізації. IoT-системи дозволяють забезпечувати безперервний контроль параметрів середовища через використання мережі датчиків, що вимірюють температуру, вологість, рівень CO₂. Дані, зібрані з сенсорів, надходять на центральний контролер, який забезпечує адаптивне регулювання мікроклімату на основі встановлених нормативів.

Актуальною задачею даного дослідження є розробка методів і засобів для обґрунтування структури та параметрів IoT-системи контролю мікроклімату, що дозволить оптимізувати виробничий процес на кондитерській фабриці “Житомирські Ласощі”. Враховуючи особливості виробництва, ця задача включає розробку механізмів адаптивного контролю мікроклімату в режимі реального часу, що дозволить стабілізувати параметри середовища на різних етапах виготовлення продукції. Таке рішення сприятиме мінімізації витрат на контроль якості, зниженню браку та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Для розробки системи контролю мікрокліматом потрібно зробити огляд роботи виробничого цеху кондитерської фабрики.

1.2 Огляд роботи виробничого цеху кондитерської фабрики

Кондитерська фабрика “Житомирські Ласощі”, має 7 цехів для виробництва продукції, але в рамках проведення досліджень стосовно умов мікроклімату, буде розглянуто цех виробництва без цукрової продукції [1].

Виробництво кондитерських виробів без цукру має підвищені вимоги до підтримання стабільного мікроклімату в цеху, оскільки такі продукти мають інші фізико-хімічні властивості порівняно зі звичайними виробами.

Для підтримання належної якості кінцевого продукту важливо дотримуватися певних температурних і вологісних параметрів.

Вироби без цукру потребують суворого контролю наступних параметрів:

- Температура повітря: оптимальний діапазон становить 18–22°C. Надмірне підвищення температури може призвести до розм'якшення продукту, а надмірне зниження – до крихкості та втрати привабливої текстури.

- Вологість повітря: має бути в межах 50–60%. Занадто низька вологість призводить до пересушування, яке змінює структуру виробів і може вплинути на їх смакові якості. Занадто висока вологість, навпаки, сприяє поглинанню вологи виробами, що негативно впливає на текстуру та знижує термін зберігання.

- Рівень CO₂: оптимальний рівень – до 600 ppm. Надмірне накопичення CO₂ може вплинути на хімічні реакції в продуктах і прискорити їх псування.

На рисунку 1.1 зображено план виробничого цеху без цукрової продукції

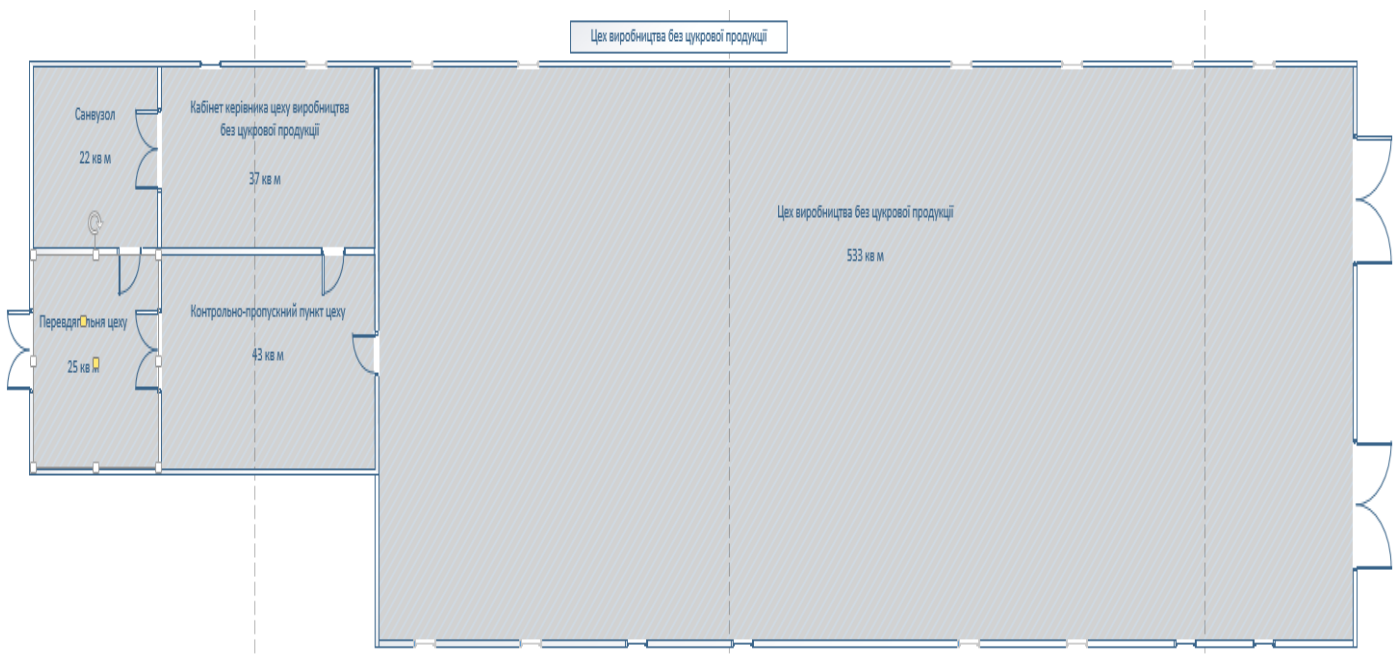


Рисунок 1.1 – Цех виробництва без цукрової продукції.

З метою дотримання високих стандартів гігієни кондитерські фабрики в кожному виробничому є кімнати для перевдягання, санвузли вони входять до системи заходів щодо санітарної безпеки персоналу.

Очищення та дезінфекція – обов'язкові процедури, які знижують ризик мікробного забруднення продукції та підвищують безпеку роботи.

– Дезінфекція рук: На вході до виробничих зон усі працівники проходять дезінфекцію рук за допомогою спеціальних безконтактних пристроїв із використанням антисептичних засобів.

– Поверхні, обладнання та інвентар в виробничих зонах обробляються дезінфікуючими засобами, дозволеними для використання в харчовій промисловості, не рідше ніж кожні 8 годин. Це стосується всіх контактних поверхонь, робочих столів, конвейерів та обладнання, які використовуються в процесі виробництва.

– Кварцування повітря в зонах обробки сировини проводиться щодня під час перерв або після завершення зміни. Це допомагає знищити можливі патогени та забезпечити чистоту повітря.

– Одяг для роботи у чистих приміщеннях: Персонал зобов'язаний використовувати спеціальний робочий одяг, що включає халати, шапочки та рукавички, які знижують ризик потрапляння частинок шкіри, волосся або інших забруднень в виробничі приміщення.

– Виробничі зони завжди захищені від шкідників, таких як гризуни та комахи. Системи контролю за шкідниками впровадженні і підтримуються на регулярній основі.

– Використання пестицидів і хімічних засобів контролю завжди мінімізоване в безпосередній близькості до виробничих процесів.

– Дезінфекція взуття: Спеціальні коврики або пристрої для очищення та дезінфекції взуття встановлені на входах до цехів. Це важливий захід для запобігання занесення бруду та бактерій із зовнішніх зон в виробничу область.

В цілому на рисунку 1.1 можна побачити що виробничі приміщення кондитерських фабрик поділяються на різні зони для забезпечення належного рівня гігієни та мінімізації ризику забруднення продукції.

– Санітарно-пропускні пункти: На підприємстві передбачено спеціальні пункти, де працівники змінюють одяг, проходять процедури очищення і дезінфекції перед входом в виробничу зону.

– Санітарні кімнати: Обладнані мийками, дезінфекторами, змінним одягом та іншими необхідними засобами, ці приміщення використовуються для гігієнічних процедур персоналу. Це важливий аспект, оскільки регулярне очищення рук та інструментів під час роботи запобігає поширенню мікроорганізмів та забруднень.

– Система вентиляції та фільтрації: Для підтримання оптимального мікроклімату та запобігання перехресному забрудненню в цеху застосовують сучасні системи вентиляції. Вони забезпечують постійний обмін повітря та видалення забруднень, включаючи пил та аерозольні частинки.

Завдяки комплексному підходу до гігієни, мікроклімат в виробничих цехах фабрики покращується та створюються більш сприятливі умови для безпечного та якісного виготовлення продукції.

Далі розглянемо як об'єкт впровадження мікроклімат в виробничих зонах.

1.3 Огляд і характеристика об'єкту, для якого проводиться розробка

Мікроклімат в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” є ключовим фактором для забезпечення якості продукції, збереження фізико-хімічних властивостей інгредієнтів, а також безпечних і комфортних умов для працівників. Мікроклімат включає сукупність параметрів, які необхідно підтримувати на певному рівні для

стабільної роботи виробничого процесу та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

Основні параметри мікроклімату:

– Температура: Температурний режим є одним з основних параметрів мікроклімату. Для кондитерських виробництв температура в діапазоні 18–22°C є оптимальною. Це допомагає запобігти розплавленню, втраті текстури і структури продукту. Рівень температури також впливає на процеси дозрівання і змішування інгредієнтів, тому його контроль є критично важливим на всіх етапах виробництва.

– Вологість: Рівень вологості повітря на фабриці, зазвичай, підтримується в межах 50–60%. Це важливо для збереження якості продукції, особливо якщо мова йде про безцукрову продукцію, яка є більш чутливою до коливань вологості. Низька вологість може спричинити пересушування виробів, тоді як висока – до накопичення вологи, що може спричинити псування чи зміну текстури.

– Концентрація CO₂ та кисню: Важливим аспектом мікроклімату є підтримка рівнів CO₂ та кисню. Рівень вуглекислого газу контролюється для запобігання накопиченню, що може негативно впливати на якість виробів та здоров'я працівників. Стандартний рівень CO₂ до 600 ppm, а кисню 19.5–21%. Дефіцит кисню чи надлишок CO₂ може впливати на властивості кондитерських виробів та безпеку праці.

– Чистота повітря: Забезпечення чистоти повітря є важливим елементом, оскільки від цього залежить санітарний стан виробництва. Повітря повинне бути максимально очищене від пилу, мікроорганізмів та аерозольних частинок. Для цього застосовуються фільтри та системи вентиляції, що забезпечують фільтрацію і циркуляцію повітря. Зокрема, в кондитерській галузі застосовуються HEPA-фільтри, які здатні видаляти до 99,97% часток пилу.

Після дослідження параметрів мікроклімату в виробничих зонах, можна сказати що дуже багато параметрів є важливими та впливають на вихідний кондитерський вироб. Тому далі з метою подальшого дослідження мікроклімату в виробничих зонах буде проведено подальший аналіз призначення і методів контролю та керування мікрокліматом.

1.4 Аналіз призначення і методів контролю та керування мікрокліматом

Виробничий мікроклімат регулюється за допомогою комплексу обладнання, яке підтримує оптимальні параметри температури, вологості, якості повітря, а також контролює рівні кисню та вуглекислого газу.

Основне обладнання яке використовується в виробничих зонах на кондитерській фабриці “Житомирські Ласощі” для контролю мікроклімату:

– Системи вентиляції і кондиціонування:

Вентиляція використовується приточно-витяжна з модульною установкою Systemair Geniox 14 для контролю чистоти повітря та вологості.

Живлення електромережі для роботи 380 В;

Фільтри використовуються класу F7;

Виробництво по повітрю до 50000 м³/год (13.8 м³/с);

Має реверсивний тепловий насос, вентилятори та заслінки з приводом.

Також є рекуперація.

Канали воздуховодів системи вентиляції використовуються прямокутні з нержавіючої сталі [2].



Рисунок 1.2 – Зображення приточно-витяжної модульної установки Systemair Geniox 14

Для охолодження виробничих зон використовується промисловий чиллер Carrier AquaForce 30XW.

Живлення електромережі для роботи 380 В;

Холодоагент R - 134a HFC, що не містить хлору;

Температура робочої рідини на виході регулюється безпосередньо з точністю до 0,5°f (0,3°c) [3].



Рисунок 1.3 – Зображення промислового чиллеру Carrier AquaForce 30XW

Для опалення використовується промисловий котел Bosch Uni 3000 F .

Живлення електромережі для роботи 380 В;

Потужність котла до 1850 кВт.

Камера згоряння має оптимізовану геометрію , яка забезпечує ідеальне згоряння і найкращу тепловіддачу.

Котел може працювати як на мазуті, так і на газі. При цьому можливий робочий тиск до 6 бар і максимальна безпечна температура до 120 °C [5].



Рисунок 1.4 – Зображення промислового котла Bosch Uni 3000 F

Радіатори використовуються з технологією двоканального обігріву Kermi Therm X2 Profil-K.

Вентиль налаштований на теплову потужність радіатора за допомогою заводських предустановок значення kv;

Заглушки і воздухопускные клапани вмонтовані і загерметизовані;

Макс. робочий тиск: 10 бар;

Макс. робоча температура: 110 ° C;

Сертифікація по DIN EN ISO 9001:2008 [4.]



Рисунок 1.5 – Зображення радіатору Kermi Therm X2 Profil-K

– Осушувачі повітря:

Для осушення повітря використовується адсорбційний роторний осушувач повітря DT Group MDC3000.

Живлення електромережі для роботи 380 В;

Осушування - 388,8 л/добу;

Виробництво - 3000 м3/год;

Вивід конденсату через дренажну трубку;

Потужність - 25500 Вт;

Рівень шуму - 70 - дБА;

Висока ефективність м'якого силікагелевого ротора [13].



Рисунок 1.6 – Зображення осушувача DT Group MDC3000

– Фільтри повітря і очищувачі:

За очистку повітря відповідає циклонний фільтр Donaldson Torit Cyclone Dust Collector.

Живлення електромережі для роботи 230 В;

TEFC мотор;

Основа барабана об'ємом 208,2 л / 55 галонів;

Однофазні двигуни частотою 50 Гц;

Вибухозахищені двигуни;

Вибухозахищений клапан;

Сталеві колеса вентилятора [14].



Рисунок 1.7 – Зображення циклонного фільтра Donaldson Torit Cyclone Dust Collector

– Датчики температури, вологості, CO₂:

За температуру та вологість відповідає промисловий датчик ПВТ100.

Точність вимірювань відносної вологості / температури : 3,5% RH / 0,5 °С.

Діапазон робочих температур: від -40 до + 80 °С.

Діапазон вимірювань відносної вологості RH 0...100 %RH

Комбінований вихідний сигнал: два канали 4 ... 20 мА + RS-485

Абсолютна похибка вимірювання вологості

±3,0% - в діапазоні RH = 20...80 %

±3,5% - поза діапазоном RH = 20...80 %

Абсолютна похибка вимірювання температури

±0,5 ° з-в діапазоні RH = 20...80 %

±0,7 °С-поза діапазоном RH = 20...80 %

Повторюваність ±0,1 %RH / ±0,1 °С

Стабільність ±0,25% RH / 0,02 °С на год



Рисунок 1.7 – Зображення датчику ПВТ100

Для вмісту CO₂ встановлений датчик ПКГ 100-CO₂.

Точність вимірювання: основна наведена похибка не більше 15%. Вимірювана концентрація: від 400 до 5000 ppm.

Комбінований вихідний сигнал: два канали з 4...20 мА + RS-485

Напруга живлення постійного струму 11 ... 30 В

Споживана потужність, не більше 2 Вт

Реєстрований газ Діоксид вуглецю (CO₂)



Рисунок 1.8 – Зображення датчику ПКГ 100-CO₂

Далі розглянемо методи керування мікрокліматом взагалі:

Основні методи керування мікрокліматом:

– Програмовані логічні контролери (PLC).

Системи управління на основі PLC дозволяють програмувати алгоритми контролю кліматичних параметрів. Цей метод забезпечує гнучке і точне керування обладнанням.

PLC можуть контролювати вентиляцію, кондиціонування, зволоження. Оператор може задавати межі для різних параметрів, а контролери забезпечать підтримання показників у встановлених межах.

PLC також інтегруються з датчиками і виконавчими механізмами, такими як вентилятори та клапани, і можуть забезпечувати чітке регулювання без затримок.

– Модульне управління на базі SCADA-систем.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системи забезпечують моніторинг і управління мікрокліматом на віддаленому рівні. Вони дозволяють оператору отримувати візуалізацію всіх даних у реальному часі, що зручно для великих об'єктів.

SCADA-системи не тільки відстежують параметри, але й зберігають історичні дані, що дозволяє аналізувати ефективність клімат-контролю та коригувати налаштування для підтримки стабільності мікроклімату.

Завдяки інтеграції з IoT-системами, SCADA також може об'єднувати дані з кількох зон і забезпечувати оптимальний розподіл ресурсів для економії енергії.

– Пропорційно-інтегрально-диференційне (PID) регулювання.

Цей метод базується на алгоритмах PID-контролю, які широко застосовуються для підтримання стабільного рівня температури і вологості.

PID-регулятори автоматично коригують параметри, реагуючи на зміни в реальному часі. Наприклад, якщо температура підвищується, система з PID-контролем автоматично збільшує потужність охолоджувача.

PID-контролери забезпечують стабільну роботу навіть при непередбачуваних змінах, дозволяючи точно дотримуватись встановлених параметрів без різких стрибків, що підвищує ефективність роботи обладнання.

Завдяки комбінації цих методів контролю і керування мікрокліматом процеси виробництва в цехах кондитерської фабрики можуть підтримуватися на високому рівні стабільності та якості.

Для обґрунтування структури та параметрів IoT-системи контролю мікрокліматом необхідно визначити напрям подальших досліджень.

1.5 Обґрунтування напрямку досліджень

Для забезпечення ефективного контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” потрібна інтеграція сучасних програмно-технічних рішень, що враховують специфіку вимог до температури, вологості та інших параметрів повітряного середовища. На основі аналізу існуючих методів контролю мікроклімату було виявлено низку обмежень та недоліків, серед яких основними є:

На даний момент кожна підсистема, така як вентиляція, кондиціонування чи осушення, працює автономно, що ускладнює узгодження параметрів мікроклімату між різними зонами виробництва.

Відсутність єдиного координаційного центру може призводити до перевитрати енергії, дисбалансу температури та вологості.

Обмеження швидкості реакції на зміни параметрів, існуючі системи контролю та регулювання не завжди можуть оперативно адаптуватися до змін в умовах виробничих зон, особливо в періоди інтенсивного виробництва.

Відсутність адаптивності, традиційні методи мають фіксовані налаштування та недостатньо враховують специфіку різних зон фабрики, що може призводити до порушень мікрокліматичних умов.

Складність централізованого управління, існуючі підходи обмежують можливості інтеграції всіх компонентів системи в єдину систему контролю, що ускладнює моніторинг і налаштування параметрів у реальному часі.

З огляду на ці недоліки, актуальним напрямом дослідження є розробка IoT-системи контролю мікроклімату, яка забезпечуватиме:

Підвищення точності та адаптивності регулювання, використання адаптивних алгоритмів дозволить забезпечити автоматичну корекцію параметрів мікроклімату на основі даних, що надходять від сенсорів у режимі реального часу. Такі алгоритми будуть здатні реагувати на зміни умов у приміщеннях і швидко відновлювати оптимальні параметри, забезпечуючи стабільність середовища.

Синтез всіх підсистем в єдину платформу який дозволить автоматично координувати їхню роботу, забезпечуючи стабільність і економічність.

Розробка методів прогностного керування, запропонована система включатиме елементи прогностного керування, що дозволять враховувати історичні та поточні дані для передбачення можливих відхилень і автоматичного коригування параметрів. Це сприятиме попередженню коливань температури та вологості, підвищуючи якість кінцевої продукції та знижуючи ризики.

Гнучка адаптація до виробничих потреб, система буде розроблена з урахуванням різноманітності виробничих процесів, що потребують різних умов на різних етапах виробництва. Це дозволить автоматично адаптувати мікроклімат до специфіки кожного етапу, оптимізуючи режими роботи та підтримуючи відповідні санітарно-гігієнічні норми.

Запропоновані напрями досліджень дадуть можливість побудувати ефективну, адаптивну і централізовану систему IoT-контролю мікроклімату. Це рішення дозволить підвищити рівень автоматизації та точність підтримки мікроклімату в умовах кондитерського виробництва, забезпечуючи стабільність середовища і відповідність вимогам безпеки та якості продукції.

1.6 Постановка задачі

Забезпечення стабільних і оптимальних умов мікроклімату в виробничих зонах кондитерської фабрики має важливе значення для підтримання якості продукції, ефективності технологічних процесів і здоров'я працівників. Для кондитерських підприємств, таких як Житомирська кондитерська фабрика “Житомирські Ласощі”, критичними є параметри температури, вологості та чистоти повітря, оскільки їх коливання можуть призвести до дефектів продукції та порушень технології виробництва. Тому існує потреба в автоматизованій системі для безперервного моніторингу та коригування цих параметрів у реальному часі, що дозволить забезпечити стабільність умов мікроклімату в виробничих зонах.

Метою роботи є розробити програмно-технічне рішення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” для підвищення стабільності умов виробництва та якості продукції.

Розроблена система повинна бути більш стабільною та синтезована в одну мережу приладів, що дозволить забезпечити постійний контроль за

умовами мікроклімату, надаючи можливість своєчасно реагувати на будь-які зміни. Це сприятиме точному і швидкому регулюванню параметрів, що є критично важливим для стабільності технологічних процесів.

Основною задачею цієї магістерської кваліфікаційної роботи є розробка і обґрунтування структури та параметрів IoT-системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики "Житомирські Ласощі".

Для вирішення основної задачі необхідно вирішити наступні підзадачі:

- провести аналіз існуючого обладнання та обрати відповідне згідно досліджень методів та керування мікрокліматом для синтезу в систему контролю мікроклімату в виробничих зонах;
- розробити технічне рішення для системи контролю мікроклімату;
- розробити програмне забезпечення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах кондитерської фабрики;
- провести експериментальні дослідження системи контролю мікроклімату в виробничих зонах кондитерської фабрики.

ВИСНОВОК

Об'єкт дослідження – мікроклімат в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики "Житомирські Ласощі".

Предмет дослідження – методи контролю та керування для обґрунтування структури та параметрів IoT-системи мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики "Житомирські Ласощі"

Актуальність проблеми обумовлена зростаючими вимогами до якості та стабільності умов виробництва на кондитерських фабриках, де мікроклімат є одним з основних факторів, що впливає на кінцеву якість продукції. У таких умовах виробничі процеси потребують точного контролю параметрів мікроклімату у виробничих зонах кондитерської

фабрики, оскільки навіть незначні зміни можуть призвести до зниження якості продукції або порушення технологічного процесу.

Метою роботи є розробити програмно-технічне рішення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” для підвищення стабільності умов виробництва та якості продукції.

Ідея роботи – розробка та впровадження IoT-системи для автоматизованого моніторингу, контролю та керування мікрокліматом в режимі реального часу в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

Основною задачею – розробка і обґрунтування структури та параметрів IoT-системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

Методи дослідження: огляд мікроклімату в виробничих зонах як об’єкту, для якого проводиться розробка системи, аналіз методів контролю та керування мікрокліматом, розробка програмного забезпечення до експериментальних досліджень.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз методів керування обладнанням по забезпеченню показників мікроклімату

Забезпечення стабільних параметрів мікроклімату на кондитерській фабриці “Житомирські Ласощі” досягається за допомогою інтеграції та роботи комплексу обладнання, який підтримує оптимальні значення температури, вологості, чистоти повітря та вуглекислого газу. Кожен компонент цієї системи виконує свою роль у досягненні відповідних показників мікроклімату, важливих для якості виробництва та безпеки праці.

Для забезпечення оптимальної температури і вологості у виробничих зонах використовується модульна приточно-витяжна установка вентиляції Systemair Geniox 14, канали воздуховодів системи вентиляції використовуються прямокутні з нержавіючої сталі.. Вона фільтрує повітря, видаляє зайву вологу та регулює повітряні потоки, що дозволяє підтримувати стабільний рівень вологості та чистоти. Робота цієї системи інтегрована з автоматичним контролем, який адаптує параметри вентиляції залежно від змін умов у приміщенні. Промисловий чиллер Carrier AquaForce 30XW відповідає за охолодження приміщень у теплий період, підтримуючи стабільний температурний режим. Це сприяє збереженню продуктів у відповідних умовах, що є важливим для якості та безпеки продукції.

У холодний період забезпечення температури досягається за рахунок роботи промислового котла Bosch Uni 3000 F та радіаторів Kermi Therm X2 Profil-K. Двоканальний обігрів у радіаторах Kermi дозволяє досягти ефективного розподілу тепла по всьому приміщенню, що забезпечує рівномірний нагрів. Температура підтримується автоматично, що дає змогу оперативно реагувати на зовнішні зміни та підтримувати оптимальні умови без значних витрат на енергію.

Для контролю рівня вологості застосовується адсорбційний роторний осушувач MDC3000. Цей осушувач дозволяє досягати дуже низьких показників вологості завдяки спеціальному роторному адсорбенту, що ефективно поглинає вологу. Його робота забезпечує підтримання сухого середовища, що особливо важливо у виробництві продукції, чутливої до підвищеної вологості. Автоматичний режим роботи осушувача дозволяє забезпечувати стабільний рівень вологості навіть за змін температури або при підвищеній вологості зовнішнього повітря.

Для видалення пилу та інших частинок із повітря використовується циклонний фільтр Donaldson Torit Cyclone Dust Collector, який очищує повітря за допомогою відцентрової сили. Завдяки цьому забезпечується чистота повітря в приміщенні, що знижує ризик забруднення продукції та сприяє безпечним умовам праці для персоналу. Циклонний фільтр функціонує автоматично, гарантуючи стабільне очищення навіть за великого рівня забруднення.

Стабільний моніторинг і автоматичне регулювання мікроклімату забезпечується датчиками:

Датчик ПВТ100 слідкує за температурою та вологістю у приміщеннях. За допомогою автоматичного контролю можна налаштувати вентиляцію, кондиціонування чи осушувачі залежно від показників цього датчика.

Датчик ПКГ 100-CO₂ вимірює рівень вуглекислого газу (CO₂), забезпечуючи автоматичне коригування вентиляції у разі підвищення його концентрації.

Для більш докладного огляду роботи системи контролю мікрокліматом, треба провести аналіз роботи системи при якому будуть досягатися певні показники мікроклімату.

2.2 Обґрунтування загального алгоритму контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах

Розглянемо загальну роботу системи контролю мікрокліматом у виробничих зонах.

1. Збір і моніторинг даних

На першому етапі система здійснює збір інформації про стан мікроклімату за допомогою різноманітних датчиків. Датчики температури та вологості, датчики CO₂, а також монітори чистоти повітря постійно вимірюють відповідні параметри.

Датчики температури та вологості (ПВТ100) вимірюють температуру та вологість у приміщенні. Вони передають дані в систему, де можна контролювати ці параметри в реальному часі.

Датчик CO₂ (ПКГ 100-CO₂) визначає концентрацію вуглекислого газу, що є важливим для підтримки належної якості повітря та оптимальних умов для працівників.

2. Обробка та аналіз отриманих даних

Після отримання даних від датчиків, система проводить їх аналіз з метою порівняння з заданими значеннями.

Температура та вологість повинні бути в межах допустимих значень для забезпечення комфортних умов для працівників та технологічних процесів.

Рівень CO₂ не повинен перевищувати встановлені норми, оскільки високий вміст CO₂ може вплинути на ефективність роботи та безпеку.

Алгоритм обробки даних передбачає перевірку на порушення встановлених меж. У разі перевищення порогових значень система може виконувати низку дій для корекції ситуації.

3. Керування системами охолодження, обігріву, вентиляції та осушення

На основі оброблених даних система приймає рішення щодо роботи систем охолодження, опалення, вентиляції та осушення.

Охолодження: Якщо температура в приміщенні перевищує встановлену норму, система охолодження (чиллер) включається для зниження температури. У разі досягнення заданої температури система автоматично вимикає чиллер для запобігання переохолодженню.

Обігрів: Якщо температура падає нижче заданої норми, система опалення включає котел для підвищення температури до оптимальних значень.

Вентиляція: При високому рівні CO₂ або забрудненості повітря система вентиляції активує відповідні вентилятори для покращення циркуляції повітря. Також, у разі високої вологості, система включає осушувач для забезпечення нормальної вологості в приміщенні.

Осушення: Якщо рівень вологості перевищує норму, осушувач повітря вмикається для підтримки оптимальних умов. Осушення проводиться шляхом адсорбції вологи з повітря, а потім виведення конденсату через дренажну систему.

4. Алгоритм реагування на аварійні ситуації

У разі досягнення критичних значень параметрів надмірно високий рівень CO₂ або температури, система має алгоритм реагування для запобігання аварійним ситуаціям:

Якщо концентрація CO₂ перевищує небезпечні рівні, система повинна негайно активувати режим екстреної вентиляції для очищення повітря.

У разі перегріву або переохолодження системи охолодження або опалення, алгоритм передбачає автоматичне вимкнення відповідної техніки для запобігання пошкодженню обладнання.

Далі потрібно розглянути роботу виконавчих пристроїв та провести розрахунки для подальшого дослідження та розробки системи контролю мікрокліматом у виробничих зонах кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”

2.2.1 Аналіз і обґрунтування роботи вентиляційної системи

Система вентиляції у виробничій зоні кондитерської фабрики забезпечує оптимальні умови мікроклімату шляхом керування потоками повітря, підтриманням чистоти, температури та вологості.

Принцип роботи вентиляційної системи:

Подача повітря: свіже повітря із зовнішнього середовища проходить через фільтри класу F7, які затримують пил та забруднення. Це гарантує, що у приміщення подається очищене повітря, відповідне до вимог харчового виробництва.

Обробка повітря: перед подачею у виробничу зону, повітря проходить через теплообмінник реверсивного теплового насоса. У холодний період повітря підігрівається, а в теплий — охолоджується. Це дозволяє підтримувати стабільну температуру незалежно від зовнішніх умов.

Рекуперація тепла: тепле повітря, яке витягується з приміщення, передає тепло через пластинчастий або роторний рекуператор свіжому припливному повітрю. Це знижує витрати енергії на нагрів або охолодження.

Розподіл повітря: через систему повітропроводів прямокутного перерізу з нержавіючої сталі свіже оброблене повітря рівномірно подається до зони виробництва. Заслінки з електроприводом забезпечують можливість регулювання потоків повітря в різних частинах приміщення.

Витяжка повітря: відпрацьоване повітря з високим вмістом вологості, тепла або забруднень витягується через витяжні канали. Цей процес синхронізується з припливом повітря для підтримання балансу тиску.

Розрахунок кратності повітрообміну

Кратність повітрообміну — це відношення об'єму повітря, що проходить через приміщення за годину, до об'єму самого приміщення.

Вхідні дані:

Площа приміщення: $S = 533 \text{ м}^2$

Висота приміщення: $h = 4 \text{ м}$

Продуктивність вентиляції: $Q = 50\,000 \text{ м}^3/\text{год}$

Об'єм приміщення:

$$V = S \cdot h = 533 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 2132 \text{ м}^3. \quad (2.1)$$

Кратність повітрообміну:

$$n = \frac{Q}{V} = \frac{50\,000 \text{ м}^3/\text{год}}{2132 \text{ м}^3} \approx 23,45 \text{ разів/год}. \quad (2.2)$$

Отримане значення вказує, що повітря у приміщенні замінюється приблизно 23 рази за годину, що відповідає високим вимогам до вентиляції у виробничих зонах, зокрема для забезпечення чистоти повітря та оптимального мікроклімату.

2.2.2 Аналіз охолодження та обігріву виробничих зон

Розглянемо окремо охолодження виробничих зон.

Принцип роботи:

Чиллер охолоджує воду до необхідної температури;

Охолоджена вода циркулює по теплообмінниках, забезпечуючи відведення надлишкового тепла з приміщення;

Гаряча вода повертається в чиллер для повторного охолодження, що створює замкнений цикл охолодження.

Розрахунок потужності охолодження

Об'єм приміщення:

$$V = S \cdot h = 533 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 2132 \text{ м}^3. \quad (2.3)$$

Середнє теплове навантаження для виробничих зон приймається на рівні 80 Вт/м^2 :

$$Q_{\text{охл}} = S \cdot 80 \text{ Вт/м}^2 = 533 \text{ м}^2 \cdot 80 \text{ Вт/м}^2 = 42640 \text{ Вт} (42,64 \text{ кВт}). \quad (2.4)$$

Чиллер Carrier AquaForce 30XW має достатню потужність для забезпечення такого теплового навантаження.

Розглянемо окремо обігрів виробничих зон.

Принцип роботи системи опалення:

Котел нагріває теплоносій до заданої температури;

Нагріта вода циркулює через радіатори Kermi Therm X2 Profil-K, забезпечуючи ефективний двоканальний обігрів приміщення;

Завдяки оптимізованій геометрії камери згоряння котел забезпечує максимальну тепловіддачу.

Розрахунок потужності опалення

Тепловтрати приміщення можна оцінити за формулою:

$$Q_{\text{опал}} = V \cdot \Delta T \cdot k, \quad (2.5)$$

де:

$V = 2132 \text{ м}^3$ - об'єм приміщення,

$\Delta T = 20^\circ\text{C}$ - різниця між внутрішньою (20°C) та зовнішньою температурою (-10°C)

$k = 0,7 \text{ Вт/м}^3 / ^\circ\text{C}$ - середній коефіцієнт теплопередачі.

Потужність опалення:

$$Q_{\text{опал}} = 2132 \text{ м}^3 \cdot 20^\circ\text{C} \cdot 0,7 \text{ Вт/м}^3 / ^\circ\text{C} = 29\,848 \text{ Вт} (29,85 \text{ кВт}).$$

Котел Bosch Uni 3000 F має значно більшу потужність, ніж необхідно для забезпечення тепlopостачання, що гарантує запас енергії у пікові періоди.

2.2.3 Аналіз осушення виробничих зон

Розглянемо окремо осушення виробничих зон

Принцип роботи:

Осушувач працює на основі адсорбції: вологе повітря проходить через ротор, покритий силікагелем, який поглинає вологу.

Потім у процесі регенерації зібрана волога виводиться через дренажну систему.

Сухе повітря повертається в приміщення, забезпечуючи стабільний рівень вологості. Такий метод осушення забезпечує високу ефективність навіть за низьких температур, що є критично важливим для виробничих зон.

Розрахунок продуктивності осушувача для приміщення

Вхідні дані:

Площа приміщення: $S = 533 \text{ м}^2$

Висота приміщення: $h = 4 \text{ м}$

Об'єм приміщення:

$$V = S \cdot h = 533 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 2132 \text{ м}^3. \quad (2.6)$$

Продуктивність осушувача за повітрям:

Продуктивність осушення: $Q = 3000 \text{ м}^3/\text{год}$

Розрахунок кратності осушення: $P = 388.8 \text{ л/добу}$

Кратність осушення визначається як відношення об'єму повітря, обробленого осушувачем, до об'єму приміщення:

$$n = \frac{Q}{V} = \frac{3000 \text{ м}^3/\text{год}}{2132 \text{ м}^3} \approx 1.41 \text{ рази/год}. \quad (2.7)$$

Це означає, що осушувач здатний обробити об'єм повітря приміщення приблизно 1,41 рази за годину.

Розрахунок вологості, що видаляється

Для перевірки достатності продуктивності осушувача врахуємо щільність водяної пари в повітрі. Припустимо, що:

Початкова вологість у приміщенні становить 75%.

Необхідна вологість — 50%.

Об'єм водяної пари, який потрібно видалити:

$$W = V \cdot (w_{\text{поч}} - w_{\text{потр}}), \quad (2.8)$$

де $w_{\text{поч}}$ і $w_{\text{потр}}$ - вміст водяної пари в 1 м^3 при відповідній вологості.

За умови, що температури у приміщенні $\sim 20^\circ\text{C}$, орієнтовно видалення вологи складає до 350 л/добу, що входить у діапазон можливостей осушувача DT Group MDC3000 (388,8 л/добу).

2.2.4 Аналіз фільтрації повітря в виробничих зонах

Розглянемо окремо фільтрацію повітря в виробничих зонах.

Принцип роботи:

Циклонний фільтр працює на основі відцентрової сили: забруднене повітря спрямовується у циклонну камеру, де завдяки закрученню частинки пилу відокремлюються від повітряного потоку та осідають у збірний барабан. Очищене повітря випускається назад у приміщення або виводиться назовні.

Система обладнана вибухозахищеними компонентами, що підвищує її безпеку у виробничих умовах. Завдяки цьому фільтр може ефективно працювати у зонах, де є ризик загоряння через пилоповітряну суміш.

Розрахунок параметрів фільтрації

Вхідні дані:

Площа приміщення: $S = 533 \text{ м}^2$

Висота приміщення: $h = 4 \text{ м}$

Об'єм приміщення:

$$V = S \cdot h = 533 \text{ м}^2 \cdot 4 \text{ м} = 2132 \text{ м}^3. \quad (2.9)$$

Типове значення повітрообміну для виробничих зон із високими вимогами до чистоти 10-20 разів на годину.

Продуктивність фільтра: розраховується залежно від необхідної кратності повітрообміну.

Розрахунок необхідної продуктивності

Для забезпечення оптимальної роботи системи фільтрації:

$$Q_{\text{потр}} = n \cdot V, \quad (2.10)$$

де n кратність повітрообміну (прийmemo як середнє значення $n = 15$).

$$Q_{\text{потр}} = 15 \cdot 2132 \text{ м}^3 = 31980 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Циклонний фільтр Donaldson Torit Cyclone Dust Collector має достатню продуктивність для таких параметрів, оскільки забезпечує обробку до 35000 м³/год.

2.3 Синтез функціональної структури системи контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах

Функціональна структура системи контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах показана на рисунку 2.1

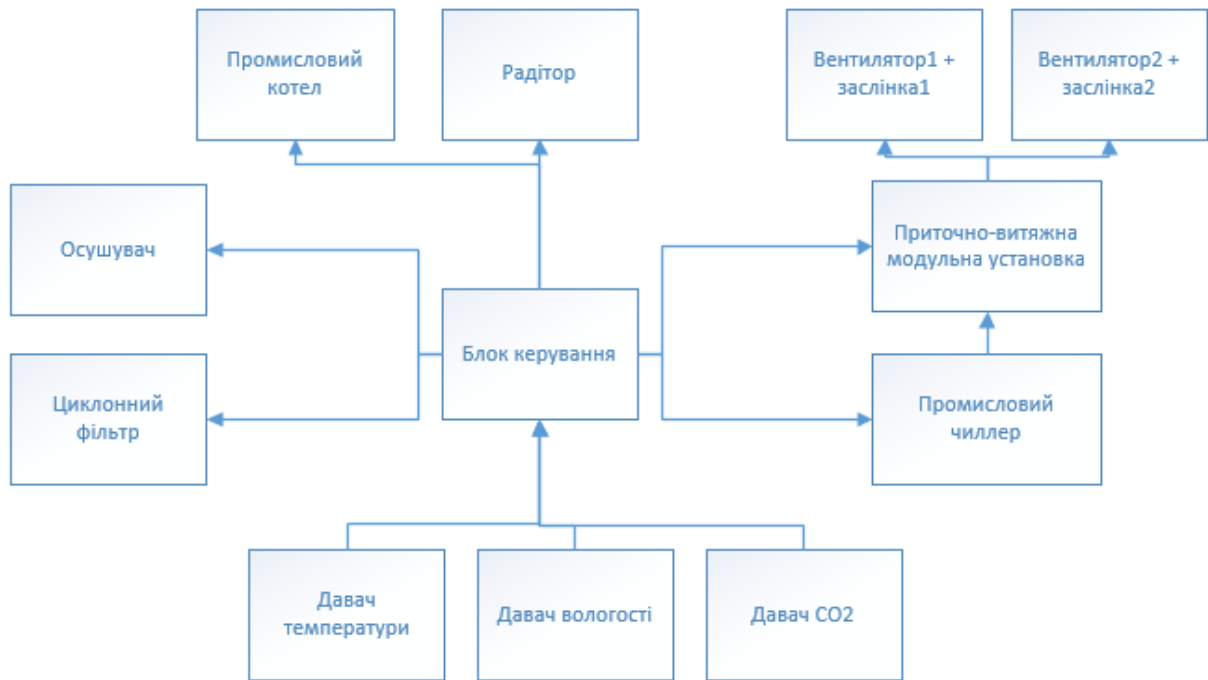


Рисунок 2.1 – Система контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах

На рисунку 2.1 показано схему функціональної структури системи контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах. Вона включає датчі, виконавчі пристрої, блок керування.

ВИСНОВОК

У результаті аналізу алгоритму контролю та керування мікрокліматом та роботи виконавчих пристроїв можна зробити висновок що всі виконавчі прилади та датчі за показниками підходять для подальшої розробки синтезу в одну цілу IoT-систему. Дослідження та розрахунки в результаті

привели до синтезу функціональної структури системи контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах.

На основі отриманих результатів створено концептуальну основу для розробки апаратного та програмного забезпечення, що дозволить забезпечити ефективне та енергоощадне керування мікрокліматом. Впровадження такої системи сприятиме підвищенню якості продукції, створенню комфортних умов праці для персоналу та зниженню експлуатаційних витрат у довгостроковій перспективі.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ

3.1 Розробка функціональної схеми автоматизації системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах

Для розробки функціональної схеми системи автоматизації контролю мікрокліматом в виробничих зонах було прийнято рішення додати контролер для синтезу усіх виконавчих механізмів в одну цілу IoT-систему.

В цілому інші вимоги до обладнання, функціональної схеми автоматизації і схеми структурної обладнання наступні:

1. Комплекс технічних засобів для реалізації програмного забезпечення системи контролю та керування має бути реалізований з використанням промислової елементної бази;

2. Контролер повинен мати можливість масштабування для підключення додаткових датчиків і виконавчих механізмів у разі розширення виробничих зон;

3. Усі компоненти системи мають відповідати вимогам стандартів промислової безпеки.

4. Розроблена функціональна структура передбачає додання до технічно-програмного рішення додаткової пускової апаратури дозволу подання керуючого сигналу обладнання. Тому доцільно додатково обґрунтувати контактори дозволу.

Розроблена функціональна схема автоматизації системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах показана на рисунку 3.1

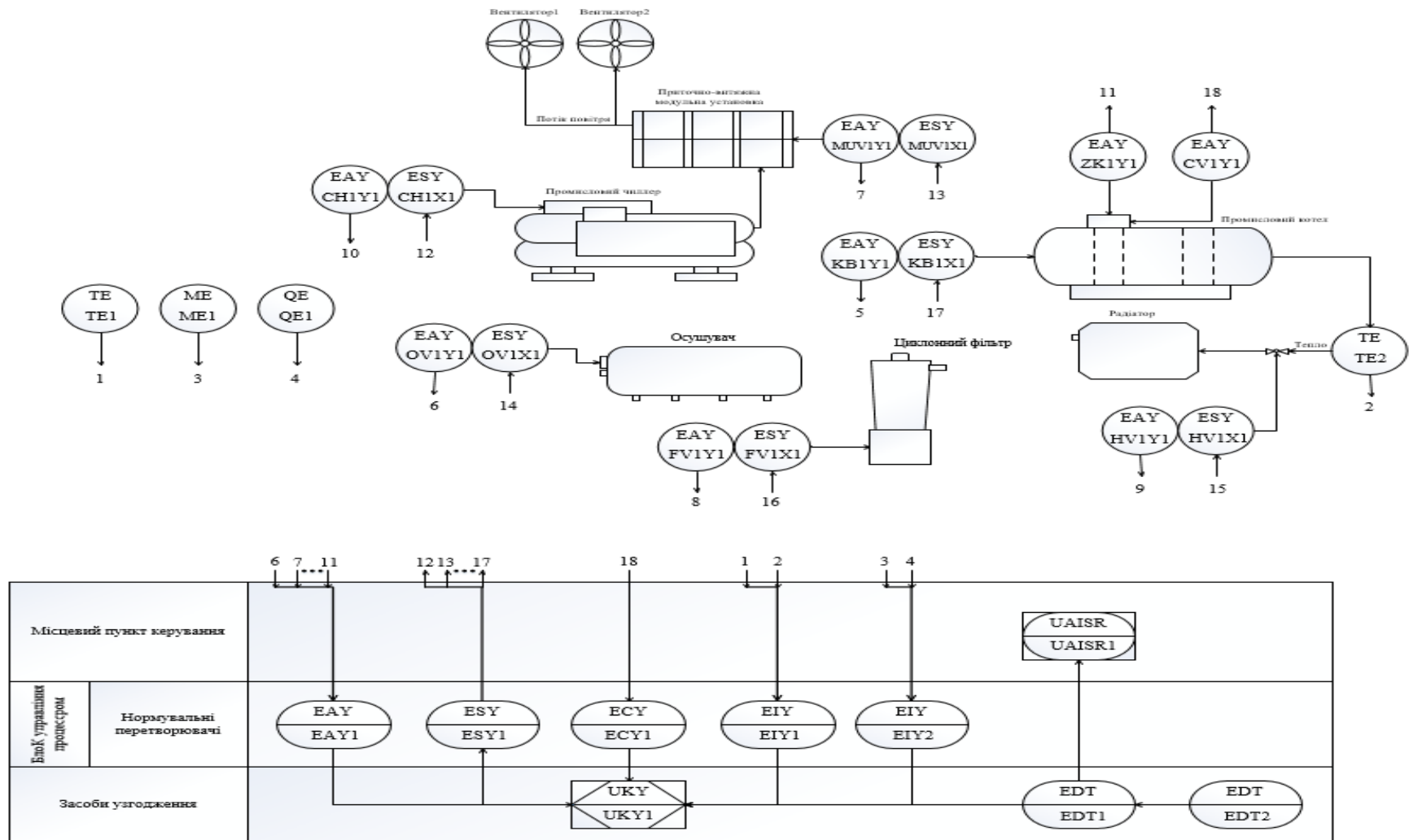


Рисунок 3.1 – Функціональна схема автоматизації системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах

У результаті, функціональна схема автоматизації системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах виглядатиме, як показано на рисунку

3.1. Позначення на рисунку:

TE1, TE2 – давач температури з виходом Pt100;

ME1 – давач вологості з виходом 0...20 мА;

QE1 – давач CO₂ з виходом 0...20 мА;

EAY1 – зворотний зв'язок від контактора;

ESY1 – подання сигналів дозволу на керування;

ESY1 – модуль управління за допомогою аналогового сигналу;

EIY1 – прийом сигналів вимірювання температури;

EIY2 – прийом сигналів вимірювання вологості та CO₂;

EDT1 – комутатор підмережі;

EDT2 – шлюз підмережі;

UKY1 – центральний процесор ПЛК;

UAISR – інтерфейс HMI.

Всі інші позначення ідентифікаторів занесені в таблиці 3.1.

Розроблена функціональна схема автоматизації дозволяє перейти до розробки принципової схеми системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах.

3.2 Розробка принципової схеми комплексу технічних засобів

3.2.1 Аналіз входів та виходів системи

Для обґрунтування комплексу технічних засобів системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах, необхідно провести аналіз, класифікацію входів та виходів системи.

У результаті аналізу схеми на рисунку 3.1, отримано перелік вхідних та вихідних сигналів представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік вхідних та вихідних сигналів системи мікроклімату

№ п/п	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/Отримувач	Форма представлення (розрядність, точність)		Затримка введ./вив., сек.
							Зовнішня	Внутрішня	
1.	Температура в приміщенні	TE1	Вхід	Вимір.	Аналоговий	Давач ПВТ100	Pt100	16 біт	до 5 с
2.	Вологість в приміщенні	ME1	Вхід	Вимір.	Аналоговий	Давач ПВТ100	0...20мА	16 біт	до 5 с
3.	Вміст CO2 в приміщенні	QE1	Вхід	Вимір.	Аналоговий	Давач ПКГ 100-CO2	0...20мА	16 біт	до 5 с
Промисловий котел Bosch Uni 3000 F									
4.	Котел включити	KB1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС котла	24 В	1 біт	до 0.5 с
5.	Запалення котлу	ZK1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС котла	24 В	1 біт	до 0.5 с
6.	Котел працює	KB1X1	Вхід	Контр.	НР	АС котла	24 В	1 біт	до 0.5 с
7.	Температура на виході	TE2	Вхід	Кер.	Аналоговий	Давач ПВТ100	Pt100	16 біт	до 5 с
8.	Ступінь відкриття заслінки	CV1Y1	Вихід	Кер.	Аналоговий	АС котла	0...10 В	1 біт	До 0.5 с

Продовження таблиця 3.1

№ п/ п	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (розрядність, точність)		Затримка введ./вив., сек.
							Зовнішня	Внутрішня	
Радітор Kermi Therm X2 Profil-K.									
9.	Заслінку включити	HV1 Y1	Вихід	Кер.	НР	Регульований клапан	24 В	1 біт	до 0.5 с
10.	Заслінка працює	HV1 X1	Вхід	Контр.	НР	Регульований клапан	24 В	1 біт	до 0.5 с
Приточно-витяжна модульна установка Systemair Geniox 14									
11.	Модульну установку включити	MUV 1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС модульної установки	24 В	1 біт	до 0.5 с
12.	Модульна установка працює	MUV 1X1	Вхід	Контр.	НР	АС модульної установки	24 В	1 біт	до 0.5 с

Продовження таблиця 3.1

№ п/ п	Найменування інформації	Іденти фікато р	Напр. вх./вих.	Функ- ція	Вигляд	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (розрядність, точність)		Затримка введ./вив., сек.
							Зовнішня	Внутрішня	
Осушувач DT Group MDC3000									
13.	Осушувач включити	OV1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС осушувача	24 В	1 біт	до 0.5 с
14.	Осушувач працює	OV1X1	Вхід	Контр.	НР	АС осушувача	24 В	1 біт	до 0.5 с
Промисловий чиллер Carrier AquaForce 30XW									
15.	Чиллер включити	CH1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС чиллера	24 В	1 біт	до 0.5 с
16.	Чиллер працює	CH1X1	Вхід	Контр.	НР	АС чиллера	24 В	1 біт	до 0.5 с
Циклонний фільтр Donaldson Torit Cyclone Dust Collector									
17.	Фільтр включити	FV1Y1	Вихід	Кер.	НР	АС циклонного фільтру	24 В	1 біт	до 0.5 с
18.	Фільтр працює	FV1X1	Вхід	Контр.	НР	АС циклонного фільтру	24 В	1 біт	до 0.5 с

Таблиця 3.2 – Зведена таблиця входів та виходів системи контролю мікрокліматом

№ п/п	Обладнання	Опис входів чи виходів	Кількість
		Сигнали Pt100	
1.	Температура у виробничому цеху	Давач температури	2
		Сигнали датчиків 0...20мА	
2.	Вологоість у виробничому цеху	Давач вологості	1
3.	Вміст CO ₂ в приміщенні	Давач CO ₂	1
		Дискретні входи	
4.	Промисловий котел	Давачі “сухий контакт”	2
5.	Радітор	Давачі “сухий контакт”	1
6.	Приточно-витяжна модульна установки	Давачі “сухий контакт”	1
7.	Осушувач	Давачі “сухий контакт”	1
8.	Промисловий чиллер	Давачі “сухий контакт”	1
9.	Циклонний фільтр	Давачі “сухий контакт”	1
	РАЗОМ		7
		Дискретні виходи	
10.	Промисловий котел	Давачі “сухий контакт”	1
11.	Радітор	Давачі “сухий контакт”	1
12.	Приточно-витяжна модульна установки	Давачі “сухий контакт”	1
13.	Осушувач	Давачі “сухий контакт”	1
14.	Промисловий чиллер	Давачі “сухий контакт”	1
15.	Циклонний фільтр	Давачі “сухий контакт”	1
	РАЗОМ		6
		Аналогові входи	4
		Аналогові виходи	1
	РАЗОМ		5
		Вихід на суміжні системи	
16.		PROFINET	1

3.2.2 Обґрунтування елементної бази системи

Зважаючи на умови щодо інтерфейсу оператора потрібно розпочати з панелі НМІ.

Обираємо панель КТР900 Basic PN з характеристиками:

- роздільна здатність 800 x 480 пікселів;

- кольорів 64К;
- матриця керування TFT;
- механічних функціональних клавіш 8;
- Profinet 1 порт;
- USB 1 порт;
- напруга живлення 24 В постійного струму;
- споживаний струм 450 мА [6].



Рисунок 3.2 – HMI-панель KTP900 Basic PN

В якості CPU виберемо контролер CPU 1214C AC/DC/Rly .

Контролер CPU 1212C AC/DC/Rly SCALANCE S615, показаний на рисунку 3.3 має характеристики:

- вбудованих дискретних входів 14, на 24 В постійного струму;
- вбудованих дискретних виходів 10, реле до 2 А;
- вбудованих аналогових входів 2 шт., 0...10 В постійного струму;
- вхідний опір аналогових входів до 10 кОм;
- живлення від джерела 85-264 В змінного струму при 47-63 Гц;
- пам'ять програм та даних 150 КБ [7].



Рисунок 3.3 – Контролер CPU 1214C AC/DC/Rly серії S7-1200

Далі обираємо модулі для аналогових входів:



Рисунок 3.4 – Модуль SM 1231 AI4 X RTD

Модуль 1231 AI4 X RTD, показаний на рисунку 3.4 має характеристики:

- вбудованих 4 аналогових входів 0...20 мА;
- споживаний струм 80 мА;
- розрядність АЦП 15 біт.

Модуль SM 1231 AI4 X HF, він візуально схожий з модулем на рисунку 3.4. Він має характеристики:

- вбудованих 4 аналогових входів 0...20 мА;
- споживаний струм 80 мА;
- розрядність АЦП 15 біт [8].

Далі був обраний 1 модуль для аналогових виходів SB 1232:



Рисунок 3.5 – Модуль SB 1232

Модуль SB 1232, показана на рисунку 3.5 має характеристики:

- вбудований 1 аналоговий вихід 0...20 мА;
- споживаний струм 35 мА;
- розрядність АЦП 12 біт [10].

В якості комутатора був обраний SCALANCE X204-2



Рисунок 3.6 – Комутатор SCALANCE X204-2

Комутатор SCALANCE X204-2, показаний на рисунку 3.6 має характеристики:

- 4 порта RJ45 зі швидкістю 10/100 Мбіт
- 2 порта BFOC зі швидкістю 100 Мбіт
- напруга живлення 24 В;
- споживання 265 мА постійного струму [11].

В якості шлюза використаємо SIMATIC PN/PN Coupler:



Рисунок 3.7 – Шлюз SIMATIC PN/PN Coupler

Шлюз SIMATIC PN/PN Coupler, показаний на рисунку 3.7 має характеристики:

- Інтерфейс PROFITNET
- Має 2 порта зліва та 2 порта справа
- Вбудований комутатор;
- швидкість каналу 100 Мбіт.
- напруга живлення 24 В;
- споживання 300 мА постійного струм [12].

Визначимо струм, який потрібно забезпечити для датчиків і периферії промислового контролера.

Струм, споживаний, комутатором, шлюзом, контролером, модулем SM 1231 AI4 X RTD , модулем SM 1231 AI4 X HF, модулем модулем SB 1232, семи дискретними входами, 4 давачами, п'ятьма аналоговими входами/виходами 0...20 мА в складі:

Таблиця 3.3 – Розрахунок струму споживання

№	Найменування	Атрибут	Кількість, шт.	Результуючий струм, мА
1.	HMI KTP900 Basic PN	450 мА	1	450 мА
2.	Модуль SM 1231 AI4 X RTD	80 мА	1	80 мА
3.	Модуль SM 1231 AI4 X HF	80 мА	1	80 мА
4.	Модуль SB 1232	200 мА	1	35 мА
5.	SCALANCE X204-2	265 мА	1	265 мА
6.	SIMATIC PN/PN Coupler	300 мА	1	300 мА
7.	Дискретний вхід CPU	4 мА	7	28 мА
8.	Аналогові виходи	10 мА	1	10 мА
	РАЗОМ			1248 мА

Виходячи з розрахованого необхідного струму споживання 1248 мА. Обираємо джерело живлення РМ1207, яке може дати до 2,5 А постійного струму напругою 24 В [9].



Рисунок 3.8 – Джерело живлення РМ1207

На основі обраної елементної бази можливо побудувати принципову схему системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах.

3.2.3 Реалізація принципової схеми системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах

На основі обраної елементної бази, опису входів та виходів системи, реалізовано принципову схему системи контролю мікрокліматом, представлену на рисунку 3.9:

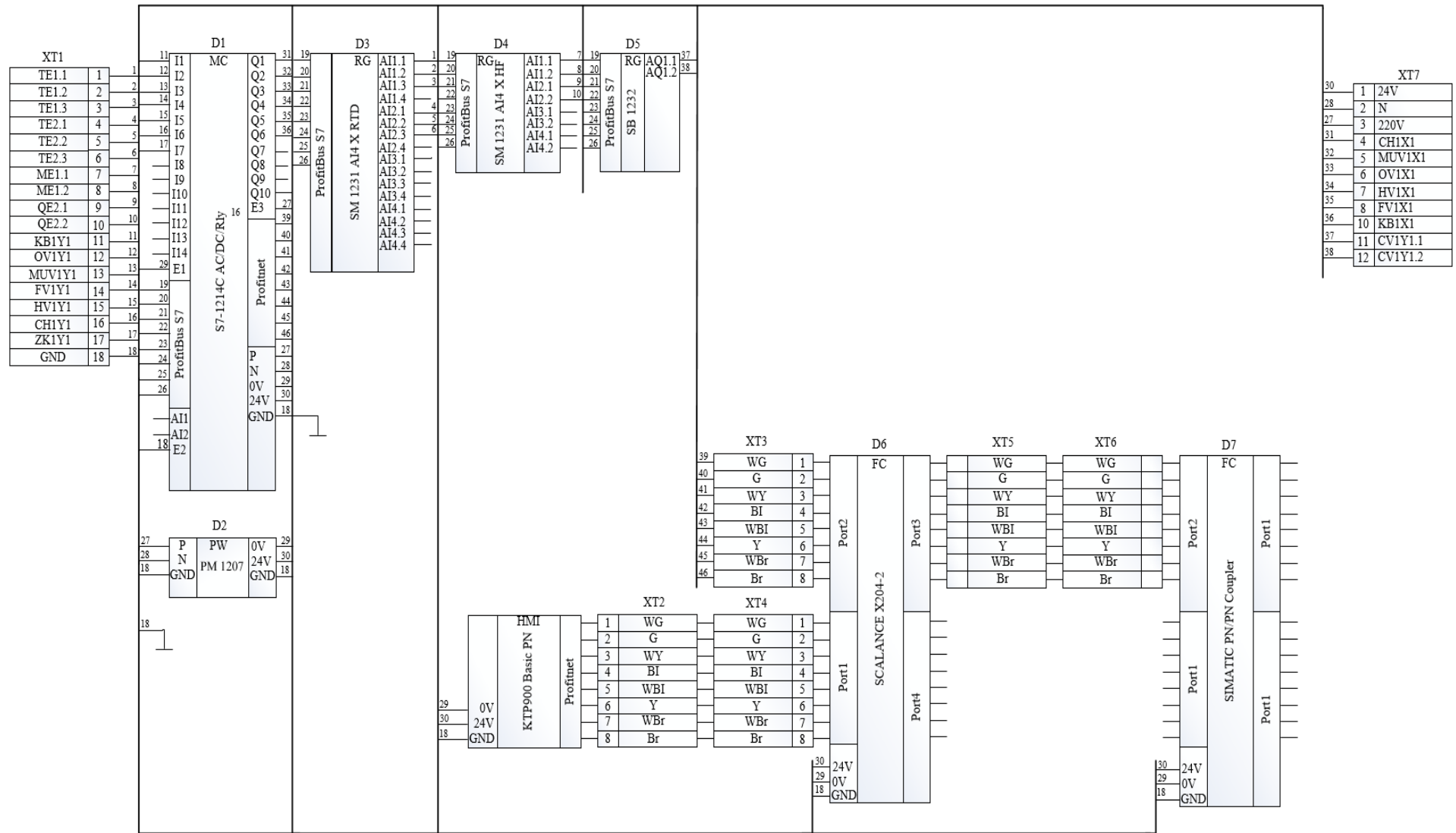


Рисунок 3.9 – Принципова схема системи контролю мікроклімату в виробничих зонах

ВИСНОВОК

На основі огляду технічних рішень для контролю й керування мікрокліматом в виробничих зонах складено функціональну схему автоматизації, а також проаналізовано входи й виходи системи контролю мікроклімату в виробничих зонах.

Реалізовано принципову схему системи контролю мікроклімату в виробничих зонах. Отриманий результат дозволяє перейти до розробки програмного забезпечення системи.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Призначення і сфера застосування програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення призначене для автоматичного контролю параметрів мікроклімату у виробничих зонах. За допомогою датчиків температури, вологості та концентрації CO₂ система здійснює постійний моніторинг зазначених показників і забезпечує їх підтримання в оптимальних межах.

У системі передбачено використання рецептів із базовими налаштуваннями для температури, вологості, концентрації CO₂ та швидкості циркуляції повітря. Ці рецепти можуть бути створені, відредаговані та збережені через НМІ-монітор або робоче місце оператора.

Запуск і завершення роботи системи здійснюється за командою оператора через НМІ-монітор або робоче місце оператора. У разі ввімкнення живлення програмне забезпечення автоматично переходить у робочий режим, забезпечуючи постійний контроль та управління параметрами мікроклімату.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

Програмне забезпечення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах, розподілена між контролером та НМІ-панеллю системи, повинна виконувати наступні функції:

- аутентифікація оператора автоматизованого робочого місця системи контролю мікроклімату в виробничій зоні при вході в систему;
- ведення і огляд записів бази даних рецептів;
- отримання та обробка сигналів з давачів температури, вологості, вмісту CO₂;
- подачу команд на запуск, зупинку для осушувача, котла, модульної установки, чиллера, циклонному фільтру, заслінку радіатору;

- зчитування поточних налаштувань з контролера для створення запису бази даних рецептів.

Періодичність обміну даними з НМІ-панеллю через PROFINET не більше 500 мс.

Схема функціональної структури та математичні розрахунки викладені у розділі 2 кваліфікаційної роботи.

Періодичність обміну даними через зовнішній шлюз не регламентується.

Обмін через PROFINET виконується у фоновому режимі.

Ініціалізація контролера й НМІ виконується після подачі живлення.

Програмне забезпечення має надавати доступ до база даних протоколів з боку регламентованої підмережі підприємства.

Вхідні дані для програмного забезпечення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах:

- керуючи впливи автоматизованого робочого місця оператора на запуск та зупинку регулюючих пристроїв;

- сигнали давачів температури, вологості, вмісту CO₂ в виробничий зоні.

- сигнали стану регулюючих пристроїв.

Вихідні дані для програмного забезпечення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах:

- дані температури, вологості, вмісту CO₂ в виробничий зоні;

- дані стану регулюючих пристроїв.

Технічні та програмні засоби для розробки програмного забезпечення обумовлені системним довідником контролерів S7-1200. Мова програмування – LAD для PLC Simatic, а також засоби візуалізації WinCC7. Середовище розробки – програма Siemens TIA Portal V15 для Windows 10. Технічні засоби – комп'ютер x64, UTP-кабель Ethernet для підключення через комутатор або порт WiFi підключення через роутер.

4.3 Опис розробленої програми

4.3.1 Загальна інформація

Програма створена в межах проекту MicroclimatControl для роботи у середовищі Siemens TIA Portal V15. Її структура представлена організаційними та функціональними блоками, окремими функціями, загальним блоком даних і таблицею тегів.

Для завантаження програми у контролер використовується середовище TIA Portal V15, а сама програма зберігається в енергонезалежній пам'яті пристрою. Її виконання забезпечується вбудованим інтерпретатором, який працює на контролері S7-1214C AC/DC/Rly та панелі оператора KTP900. Запуск програми відбувається автоматично після подачі живлення.

Програму розроблено на мові LAD для контролерів PLC Simatic.

4.3.2 Функціональне призначення

Програмне забезпечення виконує функції автоматизованого контролю і управління параметрами мікроклімату у виробничих зонах.

Постійне вимірювання температури, вологості та концентрації CO₂ у виробничих приміщеннях.

Аналіз стану мікроклімату за показниками, отриманими від датчиків.

Регулювання роботи чиллера для охолодження повітря.

Керування осушувачем для зменшення рівня вологості.

Автоматичне регулювання потужності промислового котла для підтримки заданої температури.

Плавне регулювання швидкості вентиляційної установки для забезпечення циркуляції повітря.

Активування циклонного фільтра для очищення повітря від пилу і частинок.

Ведення журналу дій оператора і стану системи для забезпечення відстеження роботи обладнання та оперативного аналізу.

Автоматичний запуск процесу управління при ввімкненні живлення системи.

Зупинка та початок роботи системи за командою оператора через НМІ-монітор.

Програма не містить базу даних рецептів та база даних протоколів.

Програма не містить інтерфейсу автоматизованого робочого місця оператора.

Програма не керує каналом зв'язку мережі PROFINET з суміжними системами.

4.3.3 Опис логічної структури програми

Логічна структура програми відповідає схемі функціональної структури, розробленої у розділі 2 цієї пояснювальної записки.

Програма користувача розміщена в пам'яті програм контролера S7-1214C AC/DC/Rly.

Робота програми може бути описана схемою алгоритму контролера, показаною на рисунку 4.1.

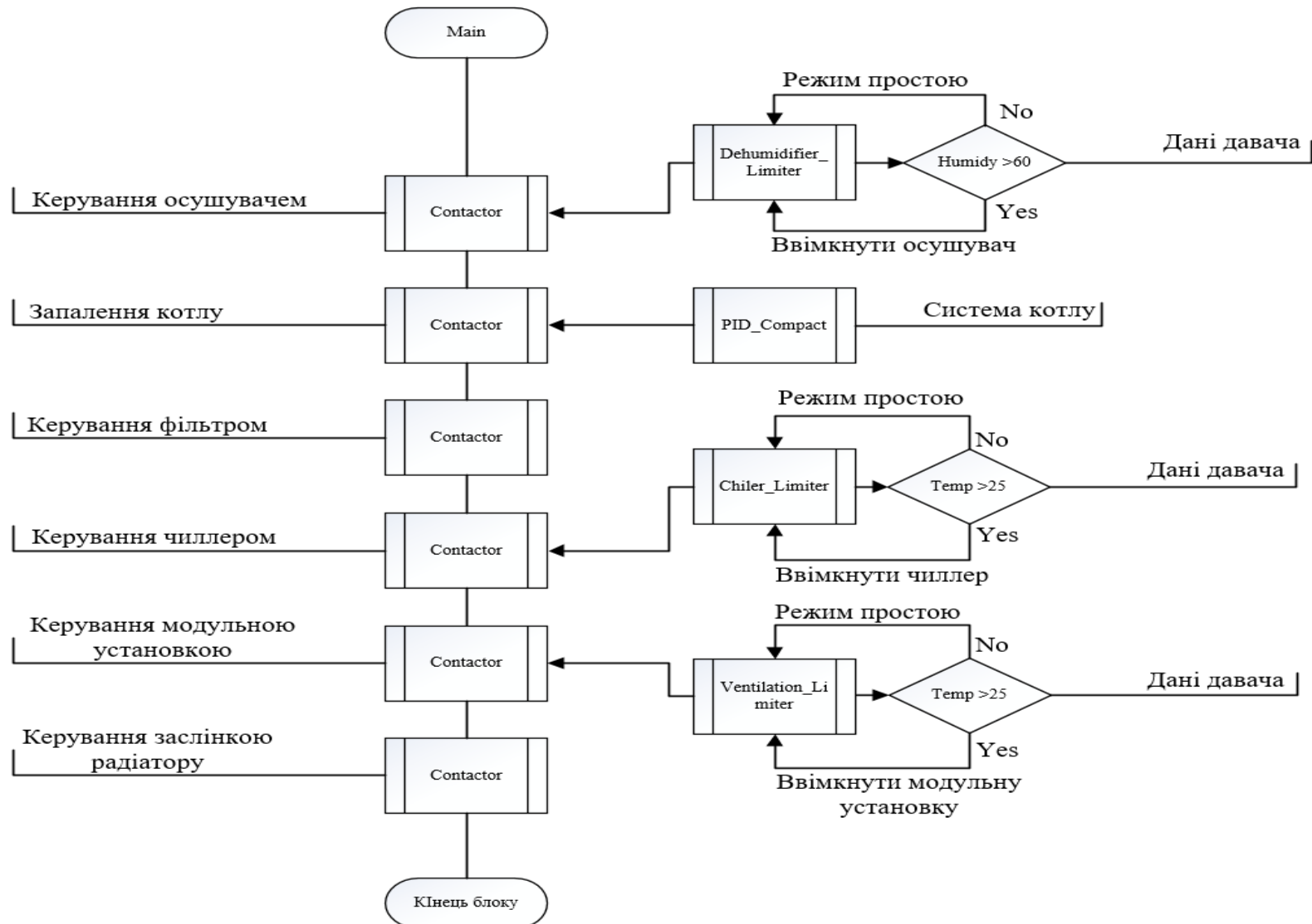


Рисунок 4.1 – Схема алгоритму контролера системи контролю мікроклімату в виробничих зонах

Контролер S7-1214C AC/DC/Rly містить:

- організаційний блок Main;
- функціональні блоки Contactor;
- функціональні блок Dehumidifier_Limiter і його екземплярний блок Dehumidifier_Limiter_DB;
- функціональні блок Chiler_Limiter і його екземплярний блок Chiler_Limiter_DB;
- функціональні блок Ventilation_Limiter і його екземплярний блок Ventilation_Limiter_DB;
- таблицю тегів IO Tag Table.

Організаційний блок Main викликає функціональні блоки Contactor, Dehumidifier_Limiter, Chiler_Limiter, Ventilation_Limiter.

Функціональні блок Ventilation_Limiter відповідає за сигнали на включення або простої модульної установки від даних давача температури.

Функціональні блок Dehumidifier_Limiter відповідає за сигнали на включення або простої осушувача від даних давача вологості.

Функціональні блок Chiler_Limiter відповідає за сигнали на включення або простої чиллеру від даних давача температури.

Таблиця тегів IO Tag Table містить теги образу фізичних входів і виходів, виділених для подачі й приймання сигналів від обладнання системи контролю мікроклімату в виробничих зонах. Через цей образ операційна система контролера подає й приймає фізичні сигнали.

4.3.4 Використані технічні засоби

Для виконання програми необхідні: контролер CPU 1214C AC/DC/Rly – 1 шт.; модуль аналогового введення SM 1231 AI4 X RTD – 1 шт.; модуль аналогового введення SM 1231 AI4 X HF – 1 шт.; модуль аналогового виведення SB 1332 – 1 шт.; комутатор SCALANCE X204-2 – 1 шт.; шлюз SIMATIC PN/PN Coupler – 1шт.; HMI-панель KTP 900 Basic PN – 1 шт.; джерело живлення PM1207 – 1 шт.

4.3.5 Виклик та завантаження

Відповідні модулі програми завантажуються до енергонезалежної пам'яті контролера Simatic S7-1214C AC/DC/Rly з ПК засобами Siemens TIA Portal V15 через кабель Ethernet, де знаходяться в енергонезалежній пам'яті. Початковий проект знаходиться на окремому носії.

Виклик програми на виконання відбувається після ввімкнення живлення обладнання системи контролю мікроклімату у виробничих зонах.

Вхідна точка в програмі – організаційний блок Main.

4.3.6 Вхідні та вихідні дані

Вхідні та вихідні дані згідно стандартів Siemens є частиною програмного коду та представлені у Додатку А.

ВИСНОВОК

Для вирішення задачі розробки програмного забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах кондитерської фабрики було розроблено алгоритм роботи контролера системи та написано програму на мові LAD Step 7 для контролерів Simatic S7-1214C AC/DC/Rly у середовищі TIA Portal V15.

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Формулювання вимог до експерименту

Мета експерименту – дослідним шляхом перевірити роботу системи контролю мікроклімату в виробничих зонах.

В якості задачі, необхідно виконати контрольний приклад для включення приладів та реагування на дані з давачів

5.2 Підготовка до експерименту

Для проведення досліджень буде використано:

- персональний комп'ютер з встановленим середовищем розробки й відлагодження Siemens TIA Portal V15;

- проєкт MicroclimatControl, завантажений в середовище Siemens TIA Portal V15, який включає відлагоджене програмне забезпечення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах в складі контролера S7-1214C AC/DC/Rly та додаткових модулів введення і виведення, специфікація яких представлена у таблиці 5.1;

- програмний симулятор промислового контролера S7-PLCSim V15.1, встановлений на той же ПК.

Таблиця 5.1 – Специфікація КТЗ Siemens, використовувана у проєкті MicroclimatControl

№	Найменування	Кіль.	Примітки
1.	Контролер CPU 1214C AC/DC/Rly	1	
2.	Модуль SM 1231 AI4 X RTD	1	
3.	Модуль SM 1231 AI4 X HF	1	
4.	Модуль SM 1232	1	

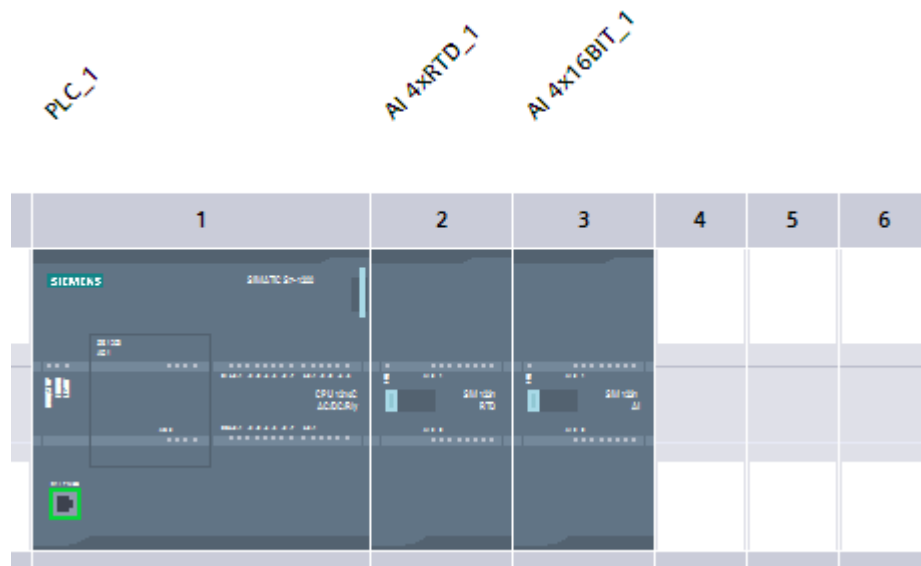


Рисунок 5.1 – Система контролю мікроклімату в проєкті

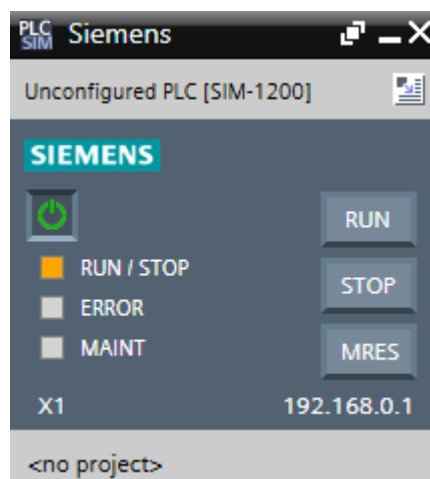


Рисунок 5.2 – Симулятор S7-PLCSim V15.1

5.3 Програма й методика експерименту з протоколу випробувань

Програма й методика експерименту у вигляді контрольного прикладу, суміщеного з протоколом випробувань відповідно.

5.3.1 Підготовчі операції

1. Відкрити Siemens TIA Portal V15 і завантажити у нього проєкт MicroclimatControl

2. Запустити програмний симулятор S7-PLCSim V15.1 і на вікні, що з'явилося, натиснути кнопку «ввімкнення живлення». Дочекатись, поки кнопка стане зеленою.

3. У середовищі TIA Portal у браузерному вікні Project tree у папці Online access\PLCSIM\ натиснути пункт меню Update accessible devices. Дочекатись появи у цій же папці підпапки з назвою S7-1200 CPU.

4. Відкомпілювати й завантажити проєкт у симулятор. Перевести симулятор у режим RUN. Переконались, що зображення діоду RUN/STOP на діалоговому вікні S7-PLCSim стало зеленим.

5.3.2 Перевірка працездатності керування обладнанням

Таблиця 5.2 – Контрольний приклад і протокол випробувань працездатності керування обладнанням

№ п/п	Дія	Результат
1.	З НМІ активувати команду Dehumidifier_on	Команда виконана успішно
2.	З НМІ активувати команду Chiler_on	Команда виконана успішно
3.	З НМІ активувати команду Filter_on	Команда виконана успішно
4.	З НМІ активувати команду Flap_on	Команда виконана успішно
5.	З НМІ активувати команду Boiler_on	Команда виконана успішно
6.	З НМІ активувати команду Ventilation_on	Команда виконана успішно

Таблиця 5.3 – Контрольний приклад і протокол випробувань команд скидання помилок

№ п/п	Дія	Результат
1.	З НМІ активувати команду Dehumidifier_reset	Команда виконана успішно
2.	З НМІ активувати команду Chiler_reset	Команда виконана успішно
3.	З НМІ активувати команду Filter_reset	Команда виконана успішно
4.	З НМІ активувати команду Flap_reset	Команда виконана успішно
5.	З НМІ активувати команду Boiler_reset	Команда виконана успішно
6.	З НМІ активувати команду Ventilation_reset	Команда виконана успішно

5.4 Аналіз результатів експериментів

За результатами виконання контрольного прикладу було виявлено повну відповідність отриманих результатів заявленим у таблицях 5.2 та 5.3. Це підтверджує працездатність керування обладнанням і програмного забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах.

ВИСНОВОК

У результаті експериментальних досліджень було підтверджено за допомогою виконання контрольного прикладу працездатність керування обладнанням і програмного забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра вирішено завдання обґрунтування схеми функціональної структури, комплексу технічних засобів, алгоритмів контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах кондитерської фабрики.

Основні висновки та результати роботи полягають у наступному:

1. Обґрунтовано методи контролю та методи керування системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах;
2. Розроблено технічне рішення для системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах на основі комплексу технічних засобів Simatic S7-1200;
3. Розроблено програмне забезпечення системи контролю мікрокліматом з використанням мови LAD в середовищі Tia Portal V15;
4. Проведено експериментальні дослідження програмного забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах, які підтвердили працездатність системи;

Таким чином, задача, поставлена у даній кваліфікаційній роботі вирішена у повному обсязі.

Мета даної магістерської роботи – розробити програмно-технічне рішення системи контролю мікроклімату в виробничих зонах Житомирської кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі” для підвищення стабільності умов виробництва та якості продукції – досягнута.

Запропоноване програмно-технічне рішення може бути застосовано для контролю та керування мікрокліматом в виробничих зонах кондитерської фабрики “Житомирські Ласощі”.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кондитерська фабрика «Житомирські ласощі». Режим доступу:
<https://www.lasosshi.com.ua/uk/>
2. Systemair Geniox 14. Режим доступу:
[https://shop.systemair.com/upload/assets/INSTALLATION_OPERATION
AND MAINTENANCE INSTRUCTION GENIOX EN A014.PDF?bcf96842](https://shop.systemair.com/upload/assets/INSTALLATION_OPERATION_AND_MAINTENANCE_INSTRUCTION_GENIOX_EN_A014.PDF?bcf96842)
3. Carrier AquaForce 30XW. Режим доступу:
<https://www.carrier.com/commercial/en/ae/products/marine/chillers/30xw/>
4. Kermi Therm X2 Profil-K. Режим доступу:
[https://www.kermi.com/klimat-v-pomeshchenii/produkcija/stalnye-
panelnye-radiatory/panelnye-radiatory-therm-x2/](https://www.kermi.com/klimat-v-pomeshchenii/produkcija/stalnye-panelnye-radiatory/panelnye-radiatory-therm-x2/)
5. Bosch Uni 3000 F. Режим доступу:
https://www.buderus-bg.com/resources/files/Prospect_Uni3000F_EN.pdf
6. Siemens. Basic Panels, Comfort Panels, Unified Basic Panels, Unified Comfort Panels, Industrial Thin Client, Industrial Flat Panels, Classic Panels. Режим доступу:
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/
109797241/att_1066673/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/109797241/att_1066673/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf)
7. Siemens. S7-1200 Programmable controller System Manual, V4.5 05/2021, A5E02486680-AO. Режим доступу:
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/109797241/att_1066673/v1
/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/241/109797241/att_1066673/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf)
8. Siemens. SM 1231 RTD specifications. Режим доступу:
[https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=61290177035&
dl=sk&lc=en-BY](https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=61290177035&dl=sk&lc=en-BY)
9. Siemens. PM1207. Режим доступу:
[https://support.industry.siemens.com/cs/pd/399209?pdti=td&dl=en&lc=en-
BY](https://support.industry.siemens.com/cs/pd/399209?pdti=td&dl=en&lc=en-BY)
10. Siemens. SB 1232. Режим доступу: <https://mall.industry.siemens>

[.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7232-4HA30-0XB0](https://mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7232-4HA30-0XB0)

11. Siemens. SCALANCE X204-2. Режим доступу:

<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/457423?pdtdi=pi&dl=en&lc=en->

[UA](#)

12. Siemens. PN/PN Coupler. Режим доступу:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/88737127/pn-pn->

[coupler-getting-started?dti=0&lc=en-TR](#)

13. DT Group MDC3000. Режим доступу:

<https://dtgroup.su/product/osushiteli-vozdukha/dt-group->

[mdc3000/?ysclid=m51t9tgjwx403774919](#)

14. Donaldson Torit Cyclone Dust Collector: Режим доступу:

<https://www.donaldson.com/en-us/industrial-dust-fume->

[mist/equipment/dust-collectors/cyclone/](#)

15. ДСТУ 2853-94 Програмні засоби ЕОМ. Підготовлення і проведення випробувань.

16. ДСТУ 2851-94 Програмні засоби ЕОМ. Документування результатів випробувань.

ДОДАТОК А
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. ТЕКСТ ПРОГРАМИ
КОНКТРОЛЕРУ

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ТЕКСТ ПРОГРАМИ КОНТРОЛЕРУ**

Текст програми

804.02070743.24005-01 12 01

Листів

АНОТАЦІЯ

Даний документ містить програмне забезпечення системи контролю мікрокліматом в виробничих зонах. Текст програми реалізовано мовою LAD для PLC Simatic.

Середовище розробки та налагодження – Siemens TIA Portal V15, сумісне з комп'ютерами x64 у середовищі операційної системи Windows 10.

ЗМІСТ

1. Таблиця тегів маркерної пам'яті IO Tag Table
2. Організаційний блок Main
3. Функціональний блок Contactor
4. Функціональний блок Chiller_Limiter
5. Функціональний блок Dehumidifier_Limiter
6. Функціональний блок Ventilation_Limiter