

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Грибан Роман Вячеславович

УДК 621.22/2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування варіанту та електричної схеми системи автоматизованого
керування мікрокліматом кондитерського цеха
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело .

Грибан Р.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Цивенкова Наталія Михайлівна
(прізвище, ім'я, по-батькові)
к.т.н., доцент кафедри ЕАВтаІЕ
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Грибан Р.В. Обґрунтування варіанту та електричної схеми системи автоматизованого керування мікрокліматом кондитерського цеха. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню системи управління параметрами мікроклімату, яка може бути впроваджена в промислових приміщеннях. Область застосування: система управління параметрами мікроклімату може застосовуватися в промислових підприємствах з виробництва товарів, складських приміщеннях, офісних приміщеннях, об'єктах житлово-комунальної сфери. Запропоновано заходи для покращення роботи системи, обране основне обладнання, що є її складниками.

Результати дослідження мають практичне значення для кондитерського цеху та інших виробничих приміщень, до яких ставляться відповідні вимоги.

Ключові слова: мікроклімат, система управління, контролер, вологість, температура.

ABSTRACT

Griban R.V. Justification of the variant and electrical circuit of the automated microclimate control system of the confectionery shop. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics - Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work is devoted to the study of the microclimate parameter control system, which can be implemented in industrial premises. Scope: the microclimate parameter control system can be used in industrial enterprises for the production of goods, warehouses, office premises, and housing and communal facilities. Measures are proposed to improve the system, the main equipment that is its components is selected.

The results of the study have practical significance for the confectionery shop and other production premises to which the relevant requirements apply.

Keywords: microclimate, control system, controller, humidity, temperature.

Позначення та скорочення

В даній роботі застосовані наступні позначення та скорочення:

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АС – автоматизована система;

АСУ – автоматизована система управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ФСА – функціональна схема автоматизації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ.....	7
1.1 Призначення та цілі створення системи.....	7
1.2 Вимоги до автоматики та систем забезпечення	7
1.3. Фактори , які визначають функціонування системи.....	9
Висновки по розділу 1.....	10
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	11
2.1 Сприйняття мікроклімату в приміщеннях і управління попитом	11
2.2 Аналітика даних про навколишнє середовище для моніторингу внутрішнього середовища офісних будівель у жаркому і вологому кліматі ...	12
Висновки до розділу 2.....	14
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	15
3.1 Опис технологічного процесу.....	15
3.2 Розробка структурної схеми.....	16
3.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	16
3.4 Вибір засобів реалізації АС	17
3.5 Схема виробничого приміщення	32
3.6. Розробка алгоритмів управління.....	32
Висновки по розділу 3.....	34
ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЖЕРЕЛ.....	37
ДОДАТКИ.....	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Стан здоров'я людини, її працездатність значною мірою залежать від мікроклімату в приміщенні. Не маючи можливості ефективно впливати на кліматоутворюючі процеси, що протікають в атмосфері, люди мають якісні системи управління факторами повітряного середовища всередині виробничих приміщень. Мікроклімат приміщень — це клімат внутрішнього середовища даних приміщень, який визначається спільно діючими на організм людини температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь. Фактори, що впливають на мікроклімат, можна розділити на дві групи: нерегульовані (комплекс кліматоутворюючих факторів даної місцевості) і регульовані (особливості та якість будівництва будівель і споруд, інтенсивність теплового випромінювання від нагрівальних приладів, кратність повітрообміну, кількість людей в приміщенні і ін.).

Об'єктом дослідження електрична схема системи автоматизації керування параметрами мікроклімату кондитерського цеха.

Мета роботи – обґрунтувати варіант та електричну схему системи автоматизованого керування мікрокліматом кондитерського цеха.

Методи дослідження: при виконанні кваліфікаційної роботи були використані методи релейного захисту, методи автоматизації виробництва, методи теоретичних основ електротехніки, а також методи математичного моделювання.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Грибан Р.В. Аналітика даних про навколишнє середовище для моніторингу внутрішнього середовища офісних будівель у жаркому і вологому кліматі Студентські читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. Ч. 2.

2. Грибан Р.В. Управління мікрокліматом кондитерського цеху. Наукові читання – 2025: збірник тез доповідей науково-практичної конференції за

підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 38 сторінок, 147 рисунків, 10 таблиць, список використаних джерел та додатки.

РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

1.1 Призначення та цілі створення системи

Автоматизована система підтримки параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні призначена для: – контролю стану основного і допоміжного технологічного обладнання; – управління виконавчими механізмами, як в автоматичному, так і в автоматизованому режимі; – визначення аварійних ситуацій в роботі датчиків і обладнання; – підтримання параметрів мікроклімату на заданому рівні, шляхом обігріву або охолодження, зволоження або осушення, а також вентиляції повітря в приміщенні; – візуального представлення інформації про стан технологічного процесу. Цілі створення автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП): – підвищення якості роботи системи; – забезпечення економічної витрати ресурсів; – забезпечення контролю технологічних параметрів процесу; – скорочення числа аварій технологічного обладнання.

1.2 Вимоги до автоматики та систем забезпечення

Вимоги до автоматики

АСУ ТП підтримки параметрів мікроклімату в приміщенні повинна забезпечити наступне:

1. Вимірювання: – температури повітря у виробничому приміщенні; – вологості повітря у виробничому приміщенні; – рівня запиленості повітря у виробничому приміщенні; – температури теплоносія в трубопроводі; – температури пристрою обігріву; – витрати теплоносія; – рівня води в резервуарі пристрою осушення.
2. Управління: – клапаном запірно-регулюючим системи обігріву; – клапаном запірно-регулюючим системи охолодження; – пристроєм зволоження; – пристроєм осушення; – пристроєм вентиляції.

3. Індикацію: – вимірюваних параметрів на дисплеї автоматизованого робочого місця (АРМ); – аварійних ситуацій на дисплеї АРМ.
4. Сигналізацію: – підвищення рівня води в резервуарі системи осушення вище критичного рівня; – порушення роботи датчиків.

Вимоги до технічного забезпечення

Обладнання на об'єкті має бути стійким до впливу температур (0 – 50) °С і вологості не менше 80 % при 35 °С. Електричні ланцюги повинні бути екрановані. Контролери повинні мати необхідні інтерфейси передачі даних на верхній рівень АСУ ТП.

Вимоги до інформаційного забезпечення

Інформаційне забезпечення має включати в себе: – структуру процесу збору, обробки, передачі інформації в автоматичній системі (АС); – склад, структуру і способи організації даних в АС; – порядок інформаційного обміну між компонентами і складовими частинами АС; – інформацію по візуальному представленню даних і результатам моніторингу.

Вимоги до програмного забезпечення Програмне забезпечення повинно: – забезпечувати управління виконавчими механізмами; – мати можливість створювати і вести базу даних за параметрами системи; – забезпечити реалізацію необхідних алгоритмів контролю, регулювання, і відображення інформації.

Вимоги до метрологічного забезпечення Метрологічне забезпечення має охоплювати всі стадії створення системи та її експлуатацію. У вимірювальні канали системи входять: датчики, перетворювачі, контролери, які пройшли державну перевірку на відповідність їх нормативно-технічній документації. В процесі експлуатації повинна проводитися періодична перевірка вимірювальних каналів системи і метрологічних характеристик.

1.3. Фактори , які визначають функціонування системи

Фактори можуть бути зовнішні та конструктивні. Конструктивні визначаються вже існуючими технічними рішеннями.

Першим зовнішнім чинником є *кліматичний*, він встановлює з собою температуру, вологість, кут падіння сонячного світла та тривалість його падіння, вміст CO₂ в повітрі.

Другим чинником є *сезонний*, він встановлює зміни протягом року, від гижчої температури влітку до підвищення температури та функціонування опалення в холодний період року.

Структура чинників подана на рис. 1.1.



Рисунок 1.1. Фактори, що впливають на роботу системи регулювання мікроклімату

Також вплив може мати локація, чи вона нижче чи вище чим середня висота регіону, також чи є поряд водойма.

Об'єктом управління є виробниче приміщення довжиною 25 м, шириною 12 м, висотою 4 м. Огороджувальна конструкція являє собою цегляну стіну.

Висновки по розділу 1

При тривалому і систематичному перебуванні людини в оптимальних мікрокліматичних умовах зберігається нормальний функціональний і тепловий стан організму без напруги механізмів терморегуляції. При цьому відчувається тепловий комфорт (стан задоволення зовнішнім середовищем), забезпечується високий рівень працездатності. Такі умови кращі на робочих місцях.

Конструктивні чинники - це ті які визначає існуюча чи спроектована конструкція, а саме:

- Конструктивні навантаження;
- Тепловтрати;

Межі навантаження на певний конструктивний елемент, тобто наприклад балка, на яку можна встановити необхідне обладнання, має номінальні навантаження, які не слід перевищувати.

Тепловтрати є фактором, який найбільше впливає мікрокліматичні параметри, такі як температура повітря, вологість. Тому попередньо перед проектуванням системи мікроклімату рекомендовано провести енергоаудит тепловтрат приміщення, яке обладнується такою системою.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Сприйняття мікроклімату в приміщеннях і управління попитом

Викиди, пов'язані з будівлями, виросли до 28% від глобальних викидів вуглекислого газу, пов'язаних з енергетикою, з урахуванням непрямих викидів від первинного виробництва електроенергії. Перехід від енергетичних систем, заснованих в основному на викопному паливі, до 100% відновлюваних джерел енергії, являє собою проблему інтеграції більш нестабільного енергопостачання. Це мотивує впровадження стратегій управління з боку попиту для створення більшої енергетичної гнучкості в будівлях за рахунок перемикавання навантаження, скорочення піків і заповнення западин. Один з підходів – використовувати теплову інерцію будівель для зберігання енергії. Опалення приміщень становить основну частку від загального споживання енергії житлової площі і пов'язаних з ним викидів вуглекислого газу. Підхід, який часто пропонують поліпшити як екологічні, так і економічні показники енергетичної системи, – це управління попитом. У цій статті оцінюється теплове сприйняття мешканцями 33 багатоквартирних будинків, підключених до централізованого теплопостачання в Швеції. Учасники записували свої теплові відчуття і теплове задоволення в щоденниках. Загальна мета дослідження, представленого в цьому документі, полягала в тому, щоб краще зрозуміти сприйняття температурних умов всередині будинку та управління попитом на опалення житлових приміщень з точки зору мешканців. У таблиці 1 представлена схема управління зсувами навантаження під час випробування. Від'ємне число вказує на зниження потужності, а додатне число вказує на збільшення потужності. Схема управління, що застосовувалася під час випробування, являє собою випробування з метою оцінки функціональних можливостей управління потужністю будівель і аналізу впливу вихідної потужності.

Відношення учасників опитування до опалення і використання енергії в будинку було проаналізовано, його результати показують, що більшість

учасників вважали, що у них недостатньо контролю над опаленням будинку, при цьому 71% або не згодні, або категорично не згодні з цим твердженням. Деякі учасники попросили більш ретельно контролювати температуру в своїх квартирах.

Хоча радіатори зазвичай допускають деяке регулювання, вони, можливо, вже були налаштовані на максимальний нагрів, і учасники не отримували достатньо тепла. Інші учасники хотіли б мати можливість самостійно регулювати температуру в радіаторах. Твердження, що отримало найбільшу кількість балів, це твердження, що важливо економити енергію. У розподіл відповідей щодо того, наскільки учасники були задоволені температурою будинку до випробувань: 44% відповіли, що вони або незадоволені, або дуже незадоволені, тоді як 29% відповіли, що вони або задоволені, або дуже задоволені. При порівнянні відповідей чоловіків і жінок не було виявлено статистично значущої різниці. Учасників також запитали, що вони робили, якщо їм було занадто холодно або занадто тепло вдома протягом двох тижнів випробувань.

2.2 Аналітика даних про навколишнє середовище для моніторингу внутрішнього середовища офісних будівель у жаркому і вологому кліматі

Швидка розробка плат з відкритим вихідним кодом, що включають мікроконтролери на друкованих платах, запропонувала безліч альтернатив у створенні реальних і недорогих платформ для моніторингу та управління навколишнім середовищем в приміщенні. Дані збираються і зберігаються в заздалегідь визначених місцях протягом серії комунікаційних дій між мережею активних датчиків і їх блоками обробки. Однак питання точності та достовірності даних викликає серйозну проблему при отриманні базової інформації. Тому, маючи це на увазі, мета даної статті полягає в тому, щоб підкреслити проникливу тенденцію отримання даних про внутрішнє середовище (температурі та відносній вологості) для офісної будівлі в умовах жаркого і вологого клімату. Параметри в приміщенні контролювалися за

допомогою комбінації одноплатної мікроконтролера з активним датчиком з добре відкаліброваними приладами теплового мікроклімату. Відповідно, було виявлено, що можна проводити випереджаюче коригування, щоб мінімізувати втрати. Параметри, отримані в результаті моніторингу навколишнього середовища в приміщенні, включають температуру і відносну вологість. Вихідні дані були розділені на дві частини: одну, отриману з платформи на базі Arduino, і одну з теплового мікроклімату. Дані зразка, що представляють 20 хвилин, були зібрані протягом двох послідовних днів і були розділені на дві серії: перша серія (S1) з 10.07 до 10.27 і друга серія (S2) з 11.07 до 11.27. Після цього обидва набори даних піддалися кількісному аналізу, щоб отримати уявлення про надійність даних з використанням даних, отриманих з теплового мікроклімату, в якості вихідних. На рис. 2.1. показана структура платформи моніторингу внутрішнього середовища на базі Arduino.

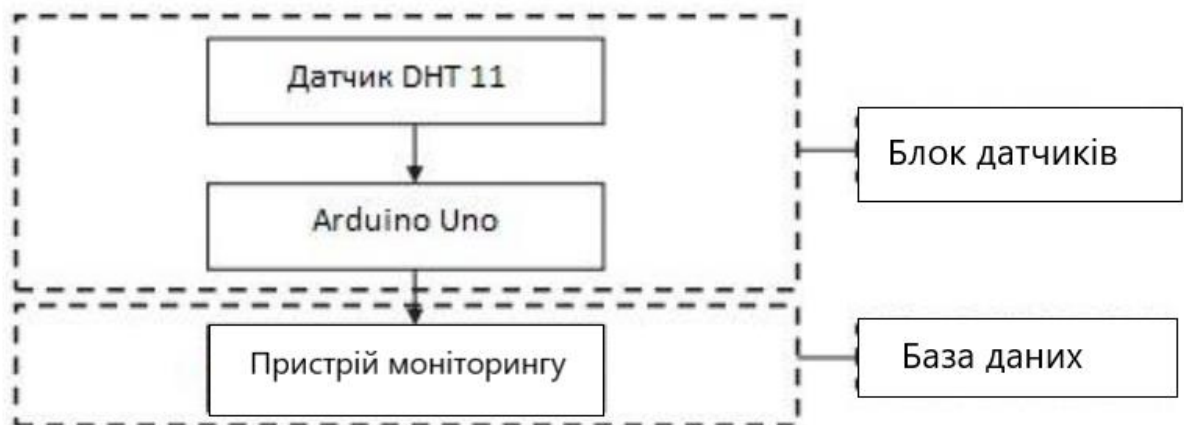


Рисунок 2.1. Структура платформи моніторингу на базі Arduino

У даному прикладі сенсорний блок складається з датчика DHT 11 і плати Arduino Uno (ATmega328P). Зв'язок між модулем датчика DHT11 і платою Arduino була призначена на цифровий висновок через послідовний канал зв'язку. Згідно з технічною специфікацією, наданою виробником, модуль DHT11 може забезпечувати показання вологості в діапазоні від 20% до 90%, а показання температури в діапазоні від нуля до 50 ° C. Однак точність становить $\pm 5\%$ і $\pm 2^\circ \text{C}$ як для вологості, так і для температури відповідно. Набір ескізів

Arduino був налаштований з використанням програмного забезпечення Arduino з відкритим вихідним кодом, інтегрованого середовища розробки (IDE).

Температурний мікроклімат HD32.1 - це вимірювальний прилад, призначений для аналізу мікроклімату в помірних, холодних і жарких середовищах.

Висновки до розділу 2

Був проведений описовий аналіз, в ході якого була визначена така інформація, як середнє значення, стандартне відхилення і асиметрія від середнього значення. Результати аналізу призначені для порівняння показань між платформами на базі Arduino і добре відкаліброваним вимірювальним приладом. Найбільша зміна температури, зареєстрована між двома пристроями, склала $1,6^{\circ}\text{C}$. Щодо стандартного відхилення, то найнижче значення відхилення температури було 0, в той час як максимальне значення було 0,51 від показання. Навпаки, найменше значення для показання відносної вологості було 0,19 %, в той час як максимальне значення становить 0,66 % від відносної вологості. Кінцева мета вилучення даних полягала в тому, щоб перевірити стабільність даних між модулем датчика DHT11 і пристроями теплового мікроклімату. Платформа на базі Arduino і добре відкалібрований вимірювальний прилад порівнювалися помірним статистичним способом. Загальновідомо, що точність всіх вимірювальних пристроїв з часом погіршується через нормальний знос, незважаючи на інші фактори, обидва типи вимірювальних приладів схильні до експериментальних помилок і невизначеностей.

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Опис технологічного процесу

Автоматизована система являє собою систему підтримання заданих параметрів мікроклімату виробничого приміщення (температуру, вологість, вміст твердих частинок в повітрі).

Функціональна схема технологічного процесу показана на рис. 3.1.

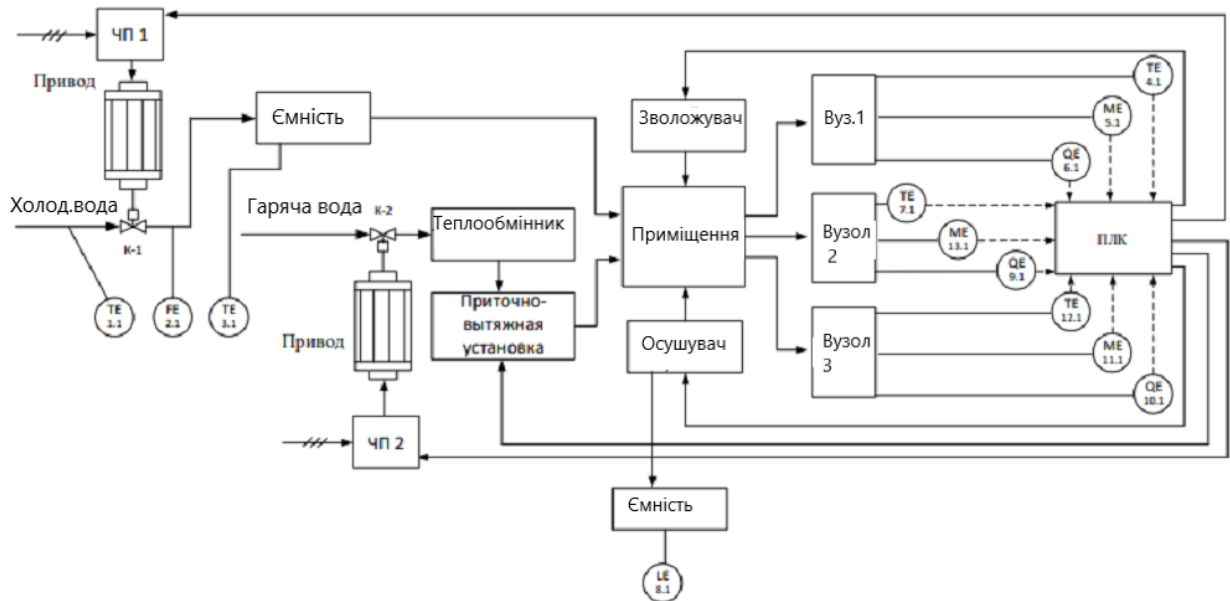


Рисунок 3.1. Функціональна схема технологічного процесу

У приміщенні розташовуються три вузли вимірювання параметрів мікроклімату. Дані з датчиків надходять на мікроконтролер для обробки. З трьох значень параметра розраховується середнє значення, для формування керуючого сигналу. Сигнали управління направлені на частотні перетворювачі для формування частот обертання запірно-регулюючих клапанів для регулювання витрати гарячої та холодної води, за допомогою яких підтримується необхідна температура в приміщенні. Також сигнали управління запускають вентиляцію, пристрій зволоження або осушення. Надлишки води з повітря після осушення надходять в резервуар. При підвищенні допустимого рівня води система сигналізує про необхідність звільнення ємності.

3.2 Розробка структурної схеми

Управління технологічним процесом зводиться до підтримки необхідних параметрів мікроклімату в приміщенні. Структурна схема управління представлена трьома рівнями передачі інформації (рис. 3.2).

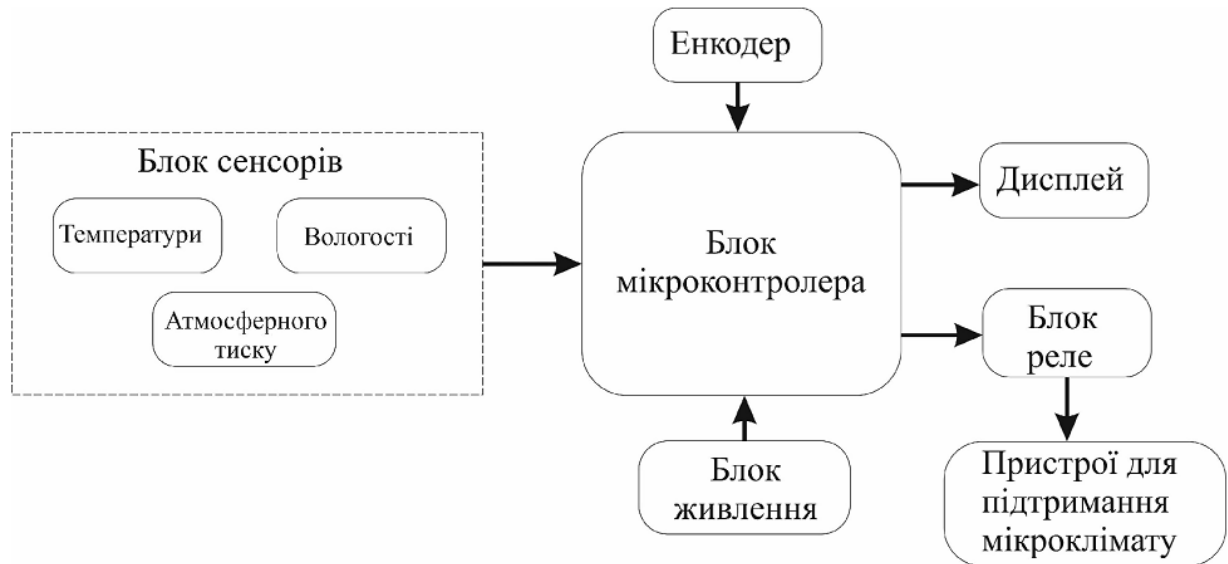


Рисунок 3.2. Структурна схема процесу

Нижній рівень (польовий) складається з первинних датчиків, що здійснює збір інформації про параметри технологічного процесу, і виконавчих пристроїв, які реалізують регулюючий вплив. Виконавчими пристроями є пристрої обігріву, вентиляція, осушувачі повітря, зволожувачі повітря. Середній рівень (контролерний) складається з програмованого логічного контролера (ПЛК), який здійснює: – виконання команд верхнього рівня; – обмін інформацією з верхнім рівнем; – збір і первинну обробку інформації про параметри технологічного процесу; – автоматичне регулювання. Верхній рівень (інформаційно-обчислювальний) складається з комп'ютера, який з'єднаний з ПЛК мережею Ethernet, в якості передавального середовища використовується мідна вита пара.

3.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) показує основні технічні рішення, що приймаються при проектуванні систем автоматизації

технологічного процесу. ФСА є технічним документом, що визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління і регулювання технологічного процесу і оснащення об'єкта управління приладами і засобами автоматизації. Всі елементи систем управління показуються у вигляді умовних зображень і об'єднуються в єдину систему лініями функціонального зв'язку. Обладнання на схемі показується у вигляді умовних зображень. Розроблено функціональні схеми автоматизації згідно ГОСТ 21.208-2013, представлена в додатку А, і згідно стандарту американської спілки приладобудівників ANSI/ISA-5.1-2009, представлена в додатку А.

3.4 Вибір засобів реалізації АС

В якості засобів реалізації системи необхідно вибрати контролерне обладнання, датчики і виконавчі пристрої для підтримки параметрів мікроклімату.

Вибір контролерного обладнання

Таблиця 3.1. Порівняння характеристик контролерів

Критерії вибору	ОВН ПЛК 160	SIEMENS S7300 CPU 314	DVP-SX2
Напруга живлення	220 В, 24 В	24 В	24 В
Дискретні входи	16 штук	16 штук	8 штук
Дискретні виходи	12 штук	16 штук	6 штук
Аналогові входи	8 штук	—	4 штук
Аналогові виходи	4 штук	—	2 штук
Інтерфейси	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-485	RS-232, RS485
Розрядність АЦП	14 біт	—	12 біт
Розрядність ЦАП	12 біт	—	12 біт
Діапазон температур	(-40... +55) С	(0 – 60) С	(0 – 55) С
Ціна	334\$	1475\$	200\$

Проведемо вибір контролера з наступних видів: ОВН ПЛК 160, SIEMENS S7-300 CPU 314, DVP-SX2 (таблиця 2).

Контролер DVP-SX2 має недостатню кількість входів, у зв'язку з цим необхідно використовувати модулі розширення входів. Також контролер може працювати тільки при позитивній температурі, як і SIEMENS S7-300 CPU 314, до того ж контролер фірми SIEMENS має високу вартість і не містить аналогових входів і виходів. Таким чином, будемо використовувати контролер ОВН ПЛК 160 (рис. 3.3).



Рисунок 3.3. Контролер ОВН ПЛК 160

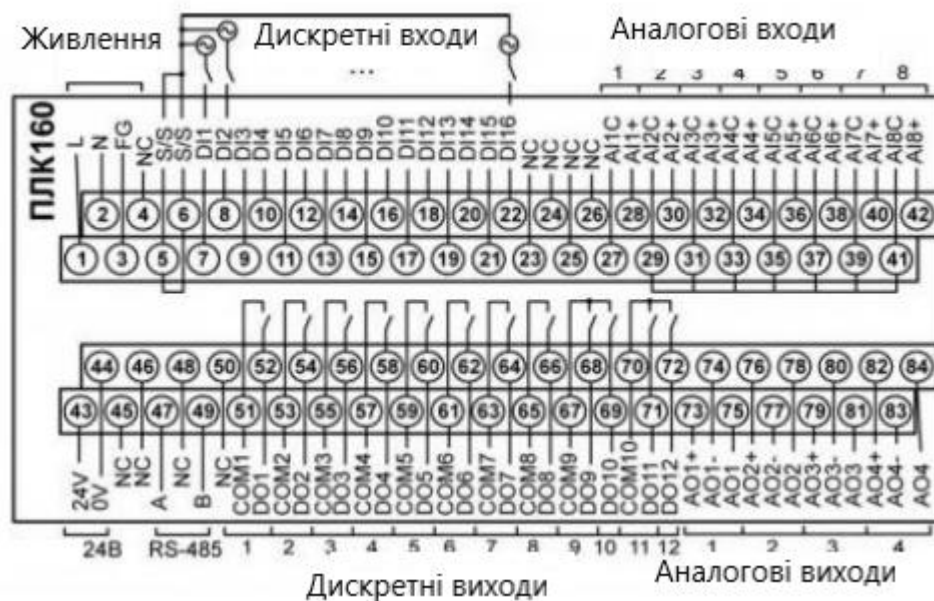


Рисунок 3.4. Розташування контактів для підключення зовнішніх ланцюгів

Програмування контролера здійснюється в середовищі CODESYS з підтримкою п'яти мов програмування. Фірма ОВН займається розробкою контролерів для малих і середніх систем автоматизації, контрольно-вимірювальних приладів, програмних засобів. Продукція компанії використовується в різних галузях промисловості. Схема підключення зовнішніх ланцюгів контролера наведена на рис. 3.4 [8 – 10].

Вибір датчиків

Для системи управління параметрами мікроклімату необхідні датчики температури, вологості повітря і концентрації пилу в повітрі. Також, для моніторингу роботи системи додамо датчики температури води в гарячому трубопроводі і радіаторі і датчик рівня води в пристрої осушення для сигналізації наповнення бака.

Вибір датчика температури і вологості

Таблиця 3.2. Огляд характеристик термогігрометрів

Критерії вибору	IBTM-7/1-Щ	IBTM-7 P-01-T	CEM DT-625
Діапазон меж вимірювань вологості	(0 – 99) %	(2 – 95) %	(0 – 100) %
Границя допустимої похибки вимірювання вологості	± 2 %	—	± 2 %
Границя допустимої похибки вимірювання температури	± 0,2 %	± 0,2 %	± 0,5 %
Напруга живлення	220 В, (6 – 24) В	5 В (USB), 3 В	9 В
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-232, RS485	USB	Відсутній
Наявність дисплея	+	-	+

Проведемо порівняльний аналіз наступних термогігрометрів: IBTM-7/1-Щ, IBTM-7 P-01-T и CEM DT-625. Результати порівняння зведені в таблиці 3.2.

Для вимірювання температури і вологості повітря виберемо термогігрометр ИВТМ-7/1-Щ (рис. 3.5). Даний прилад має широкий діапазон вимірювань температури і вологості і напруги живлення. До того ж, у нього є необхідні інтерфейси зв'язку з комп'ютером і дисплей з елементами управління та індикації. Прилад виконує обробку і реєстрацію даних, а також може управляти виконавчими пристроями.



Рисунок 3.5. Термогігрометр ИВТМ-7/1-Щ

До складу термогігрометрів входять термозонди, резистивний або ємнісний датчик вологості і вимірювальні перетворювачі. Термозонди містять чутливий елемент (мідний, платиновий). Вплив температури змінює опір терморезистора в термозонді. Зміна вологості змінює опір або ємність в гігросчутливому елементі. Вимірювальний перетворювач перетворює напругу з чутливих елементів в струмовий вихідний сигнал [11 – 13].

Вибір датчика концентрації твердих речовин

Проведемо порівняльний аналіз наступних датчика концентрації твердих речовин в повітрі: PlantowerG3 PMS3003 Лазер, RK300-02RS485 и Plantower PMS9003M. Результати порівняння зведені в Додатку Б.

Для вимірювання вмісту пилу в повітрі виберемо датчик RK300-02RS485 (рис. 3.6). Даний датчик має ширший діапазон напруги живлення, меншу похибку вимірювань і містить дисплей виведення показань. До того ж,

може передавати сигнал на контролер по струмовій петлі або рівню напруги, а також по інтерфейсу RS-485. Такі переваги обраного датчика в порівнянні з іншими представленими позначається на його ціні.



Рисунок 3.6. Датчик концентрації твердих речовин в повітрі RK300-02RS485

Принцип дії датчика заснований на ослабленні інтенсивності світлового випромінювання при його проходженні через запилене середовище. Концентрація частинок пилу пропорційна оптичній щільності світла [11].

Вибір датчика витрати

Для вимірювання витрати води проведемо порівняльний аналіз наступних витратомірів: ЕМІС-ВІХРЬ 200, ЕМІС-ДІО 230, ЕМІС-МАГ 270. Результати порівняння зведені в додатку В.

Для вимірювання витрати води вибираємо витратомір ЕМІС-МАГ 270 (рис. 3.7). Витратомір має відповідний діапазон температур і межі вимірювання. На відміну від інших витратомірів, електромагнітний є безконтактним, що полегшує його установку і збільшує термін служби.

Для вимірювання витрати води вибираємо витратомір ЕМІС-МАГ 270 (рис. 15). Витратомір має відповідний діапазон температур і межі вимірювання. На відміну від інших витратомірів, електромагнітний є безконтактним, що полегшує його установку і збільшує термін служби.



Рисунок 3.7. Витратомір EMIC-МАГ 270

Прилад працює за законом електромагнітної індукції. При перетині магнітного поля в рідині індукується електрорушійна сила, пропорційна швидкості руху рідини [7 – 9].

Вибір датчика температури води

Проведемо порівняльний аналіз наступних накладних датчиків температури: VSN-3, RTD-04-PIPE і Eastec E-35. Результати порівняння зведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Огляд характеристик датчиків температури

Критерії вибору	VSN-3	RTD-04-PIPE	Eastec E-35
Діапазон вимірювань меж	-30..+110 °C	(-40..+110) °C	(0 – 99) °C
Похибка	–	± 0,5 °C	–
Діаметр труби	(13 – 92) мм	До 48 мм	–
Вихідний сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Країна виробник	Китай	Китай	Південна Корея
Ціна	23\$	5\$	23\$

Для вимірювання температури радіатора і трубопроводу гарячої води виберемо датчик RTD-04-PIPE.

Вибір датчика рівня води

В якості датчика рівня води в осушувачі повітря буде використовуватися датчик рівня Р35 прямий

Характеристики датчика рівня зведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Характеристики поплавкового датчика рівня Р35

Характеристики	Датчик рівня Р35
Вимірювані середовища	Нейтральні середовища
Температура експлуатації	(мінус 30 – 80) °С
Напруга комутації	До 100 В
Робочий струм	0,5 А
Опір при замиканні	До 100 Ом
Вихідний сигнал	(4 – 20) мА або реле
Ціна	26\$

Всередині поплавкового датчика розміщений круглий магніт. Шток представляє собою полу пластикову трубку з розташованими всередині герконами. Поплавок з закріпленим магнітом завжди розташовується на поверхні рідини. Підходячи до геркона, поле магніта викликає спрацювання його контактів, що є сигналом про заповнення ємності до певного обсягу. При послідовному з'єднанні контактних пар між собою через резистори можна постійно стежити за рівнем води по загальному опорі ланцюга. Стандартний сигнал при цьому змінюється від 4 до 20 мА. Датчик рівня води найчастіше розміщується у верхній частині резервуара [13].

Вибір виконавчих механізмів

Виконавчими пристроями для системи підтримки мікроклімату будуть являтися радіатор і теплообмінник, регулюючі клапана з частотними перетворювачами, пристрої зволоження і осушення з перетворювачами напруги для управління вентиляторами, припливно-витяжна установка.

Вибір радіатора

Для обігріву приміщення будуть використовуватися радіатори з водою в ролі теплоносієм. Радіатори складаються з секцій з внутрішніми каналами, всередині яких циркулює теплоносій. Порівняємо радіатори різних виробників (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5. Порівняння технічних характеристики радіаторів

Критерій вибору	Rifar Alp 500 x 10	Royal Thermo BiLiner 500 x 10	КЗТО РС 1-1000 412
Тепловіддача радіатора	1610 Вт	1710 Вт	650 Вт
Опалювана площа	19,9 м ²	19,9 м ²	6,5 м ²
Об'єм	2 л	2,05 л	3,8 л
Розміри, см	57x81x7.5	57x80x8	104x41x4
Максим. робоча температура	135 °С	110 °С	130 °С
Максимальний робочий тиск	20 бар	30 бар	15 бар
Ціна	71\$	88\$	109\$

З представлених радіаторів виберемо RifarAlp500x10 (рис 3.8.).



Рисунок 3.8. Радіатор Rifar Alp 500 x 10

Даний радіатор має високу тепловіддачу при низькій ціні і низькій витраті води. Радіатор містить 10 секцій. Підключення здійснюється діаметром півдюйма.

Вибір вентиляції

Припливно-витяжна установка STAR — це компактний рекуперативний пристрій призначений для подачі, очищення і видалення відпрацьованого повітря в приміщення невеликих обсягів. Нагрів і зволоження повітря здійснюється без додаткових витрат електроенергії. Відбувається це за рахунок пластинчатого рекуператора мембранного типу, який витягуючи тепло і вологу з утилізованого повітря, передає їх вхідному повітрю з вулиці. Монтаж установки можна здійснювати безпосередньо в обслуговуваному приміщенні і підвісною стелею. Стандартно установки комплектуються приточним і витяжним вентиляторами, приточним і витяжним фільтрами, пластинчатим рекуператором і системою автоматичного управління з пультом дистанційного управління. Інноваційний тип рекуператора дозволяє підігрівати і зволожувати припливне повітря, при цьому спеціальна мембрана рекуператора переносить з витяжного повітря тільки молекули води, залишаючи в ньому всі забруднення. Технічні характеристики установки вентиляції показані в Додатку Г [7].

Зображення припливно-витяжної вентиляції наведено на рис. 3.9 [7].

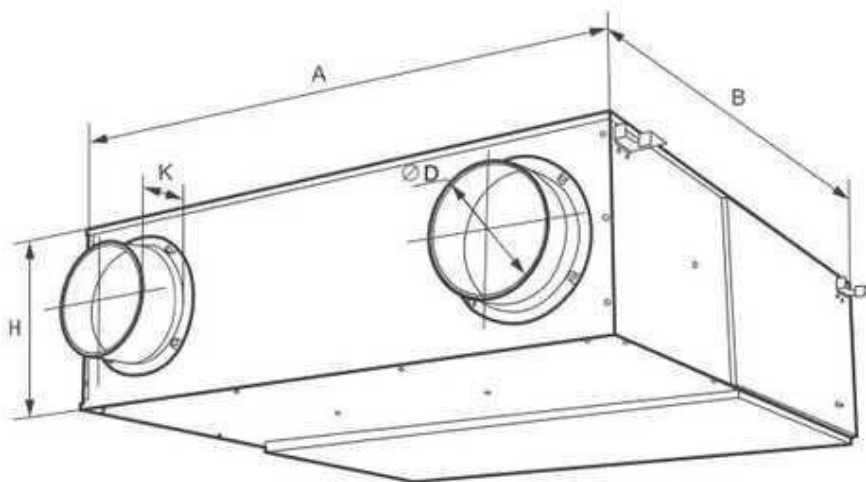


Рисунок 3.9. Установка припливно-витяжна Electrolux EPVS-200

Установка призначена для монтажу безпосередньо до круглих повітроводів. Регулювання швидкості вентиляторів буде проводитися цифровим фазовим регулятором напруги (рис. 3.10).



Рисунок 3.10. Фазовий регулятор напруги (цифровий)

Характеристики регулятора напруги приведені в таблиці 3.6. [8].

Таблиця 3.6. Технічні дані фазового регулятора напруги

Характеристики	Значення
Робоча напруга	220 В
Максимальна потужність	4 кВт
Напруга регулювання	(0 – 220) В
Підключення живлення	Виходи 1 і 2
Підключення регульованого пристрою	Виходи 3 и 4
Ціна	6,8\$

Вибір теплообмінника

Теплообмінники призначені для нагріву або охолодження повітря в каналних системах вентиляції. Нагрівач встановлюється безпосередньо в канал. В якості теплоносія можуть використовуватися як вода, так і незамерзаючі суміші. Проведемо вибір теплообмінника серед: WHR-W

400200-3, WNC 400400-2, WNC 150*150-2. Порівняння представлено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Порівняння технічних характеристик теплообмінників

Критерій вибору	WHR-W 400*200-3	WNC 400*400-2	WNC 150*150-2
Витрата води	0,6 м³/год	1,19 м³/год	0,14 м³/год
Максимальна витрата повітря	—	1600 м³/год	250 м³/год
Мінімальна витрата повітря	—	800 м³/год	150 м³/год
Габаритні розміри, см	29x63x21	44x62x15	19x37x15
Ціна	209\$	105\$	62\$

Вибираємо теплообмінник WNC 150*150-2 (рис. 3.11). Його витрата повітря відповідає витраті повітря припливно-витяжної вентиляції, при цьому у нього менша витрата води і значно нижча ціна.



Рисунок 3.11. Теплообмінник WNC 150x150-2

Теплообмінник може бути встановлений як в прямокутний канал, так і в круглий при установці додаткових перехідників. Корпус виготовляється з оцинкованого сталевих листа. Поверхня теплообмінника виготовляється з

мідних труб, механічно розширених на ребра у вигляді пластин. Пластини мають хвилясту форму, що дозволяє збільшити поверхню теплообміну, а також дозволяє легко стікати конденсату без засмічення теплообмінника. Потужність при максимальній робочій температурі 150°C дорівнює 4 кВт, максимальний тиск 16 бар [9].

Вибір зволожувача повітря

Для зволоження повітря в приміщенні виберемо промисловий зволожувач з наступних: Par-Tuman ГТ-1,6, Сохра Ф3, Par-Tuman ГТ-5,0 (Додаток Д).

З представлених зволожувачів виберемо Par-Tuman ГТ-1,6 (рис. 3.12).



Рисунок 3.12. Зволожувач повітря Par-Tuman ГТ-1,6

Даний зволожувач є ультразвуковим і має низьке енергоспоживання, низьку ціну. Головною перевагою є можливість підключення до водопроводу, що дозволить здійснювати безперебійну роботу апарату. Бак для води в даній моделі відсутній. Так само зволожувач має в своєму складі блок автоматики, що дозволяє експлуатувати зволожувач в автоматичному режимі з урахуванням вологості. Підвищення вологості повітря відбувається за рахунок розпилення дрібних частинок води за допомогою ультразвукової пластини. Через це виходить особливо дрібний водяний туман, без нагріву навколишнього

повітря. Управляє потоком водяного туману вбудований вентилятор YCCFAN (рис. 3.12).

Вибір осушувача повітря

Для осушення повітря в приміщення виберемо промисловий осушувач того ж виробника, що і зволожувача, а саме Par-Tuman PT-60. Характеристики осушувача приведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8. Характеристики осушителя воздуха

Характеристики	Par-Tuman PT-60
Продуктивність	480 м³/год
Осушення	60 л/добу
Ємність бака	5,5 л
Напруга живлення	220 В
Споживана потужність	780 Вт
Габаритні розміри (ВШГ)	0,940,550,52 м
Ціна	650\$

Промисловий осушувач PT-60 Par-Tuman (Пар-Туман) призначений для зниження рівня вологості і, крім того, для часткового очищення повітря від пилу. Модель мобільного підлоги рекомендується для використання у виробничих приміщеннях, басейнах, складах [5]. Регулювання швидкості вентиляторів зволожувача і охолоджувачів буде проводиться за допомогою диммера SR-2006-S (рис. 3.12.).

Для живлення вентиляторів необхідний диммер з вхідним/вихідним напругою 36 В [6].

Вибір регулюючого клапана

Клапан запірно-регулюючий КЗР 25ч945п фланцевий (рис. 26) в комплекті з електроприводом Regada застосовується на центральних і індивідуальних теплових пунктах, в системах гарячого водопостачання, вентиляції, в областях народного господарства. Клапан є запірним пристроєм, а також призначений для автоматичного регулювання техпроцесів.

Характеристики клапанів: – робоче середовище: рідкі і газоподібні середовища; – температура робочого середовища: від мінус 15 °С до плюс 150 °С; – робочий хід плунжера: 50 мм.

Принцип дії КЗР. Регулюється потік робочого середовища шляхом переміщення плунжера відносно сідла, змінюючи тим самим пропускну здатність клапана по сигналу, що надходить на електропривод, який змінює площу відкритого прохідного отвору сідла. Завдяки прокладкам і сальниковому ущільненню здійснюється повна герметичність клапана.

Для вихідного трубопроводу системи опалення з діаметром 20 мм вибираємо клапан КЗР 25ч945пДу15Ру16. Габаритні і приєднувальні розміри показані на рис. 3.13.

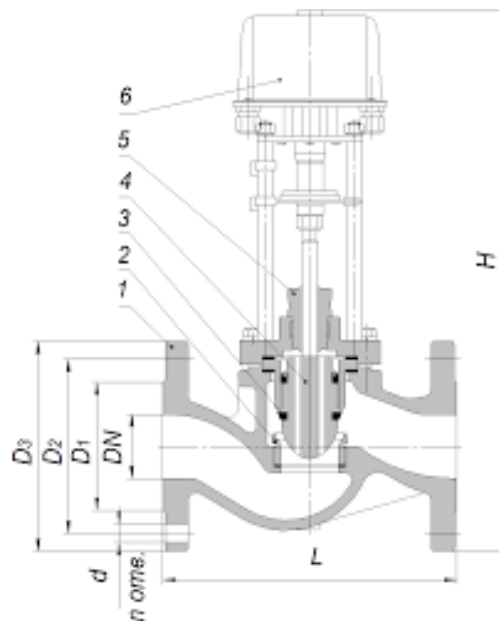


Рисунок 3.13. Габаритне креслення КЗР 25ч945п Ду15 Ру16: D1=46 мм, D2=65 мм, D3=95 мм, L=130 мм, n=4 мм, d=14 мм, H=350 мм

Клапани КЗР 25ч945п комплектуються електроприводом – «Regada» різних типів виконання: в загальнопромисловому, вибухозахищеному, помірному кліматичному. Стандартне виконання електроприводу Regada: – електричне під'єднання – на клемну колодку; – механічне приєднання – фланцеве, приєднувальна муфта різьбова; – показчик положення; – ручний

дублер управління. Технічні характеристики електроприводів показані в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. Технічні дані електроприводу

Характеристики	Значення
Робочий хід	10 мм
Швидкість управління	30 мм/хв
Час закриття	20 с
Зусилля на штоку	1,1 кН
Напруга живлення	230В, 50Гц
Потужність споживана	2,75 Вт
Маса	1,9 кг

Клапан живиться від мережі змінного струму, при цьому споживає мало потужності [7].

Вибір частотного перетворювача

Для регулювання частоти обертання електроприводу клапана виберемо частотний перетворювач з наступних: HYUNDAI N700E 004SF, ESQ-210-2S-0.4K, ESQ-A500-021-0.4K (Додаток Е).

З представлених частотних перетворювачів виберемо ESQ-210-2S-0.4K (рис. 3.14.).



Рисунок 3.14. Частотний перетворювач ESQ-210-2S-0.4K

Даний частотний перетворювач має необхідний інтерфейс зв'язку, достатню потужність живлення електроприводу і коштує дешевше представлених [11].

3.5 Схема виробничого приміщення

Виробниче приміщення довжиною 25 м, шириною 12 м і висотою 4 м містить пристрій осушення, два пристрої зволоження, дві припливно-витяжні вентиляції з теплообмінниками і п'ятнадцять радіаторів опалення. Також до складу системи входять три вузли вимірювання параметрів мікроклімату. Схема розташування пристроїв приведена на рис. 3.15.

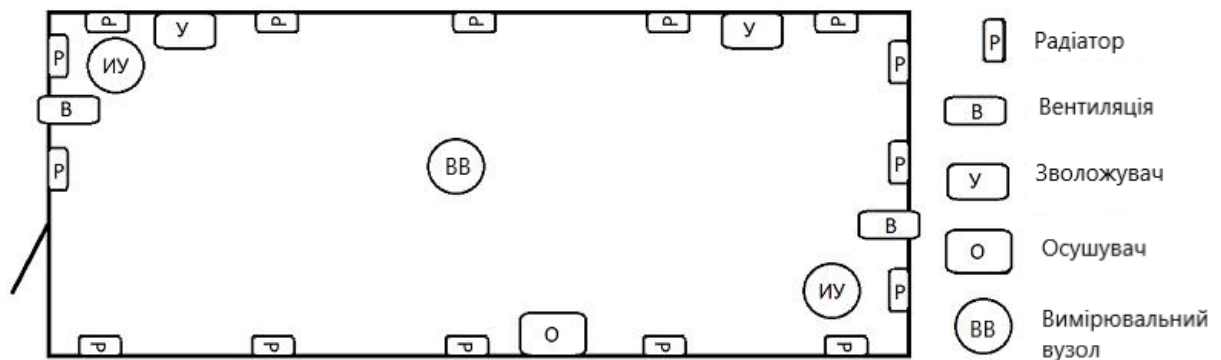


Рисунок 3.15. Схема розміщення пристроїв в приміщенні

Вимірювальні вузли розташовані на різних рівнях: на верхньому (3,5 м), на середньому (2 м) і на нижньому рівні (0,5 м) для більш детального уявлення про параметри мікроклімату.

3.6. Розробка алгоритмів управління

В автоматизованих системах використовуються різні алгоритми, такі як: – алгоритми запуск / зупинка технологічного процесу; – П, ПІ, ПД, ПІД-алгоритм, для автоматичного управління технологічним процесом; – алгоритми централізованого управління.

Даний алгоритм запускає систему підтримки мікроклімату у виробничому приміщенні.

Блок-схема даного алгоритму показана на рис. 3.16.

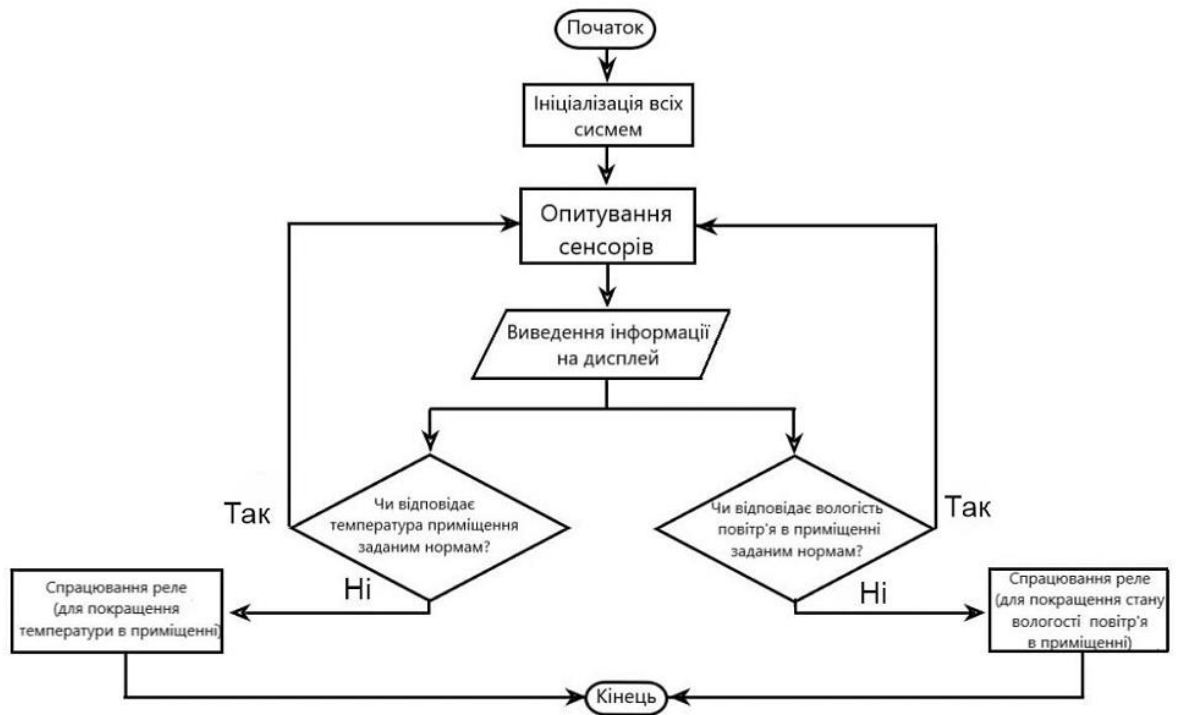


Рисунок 3.16. Блок-схема алгоритму керування

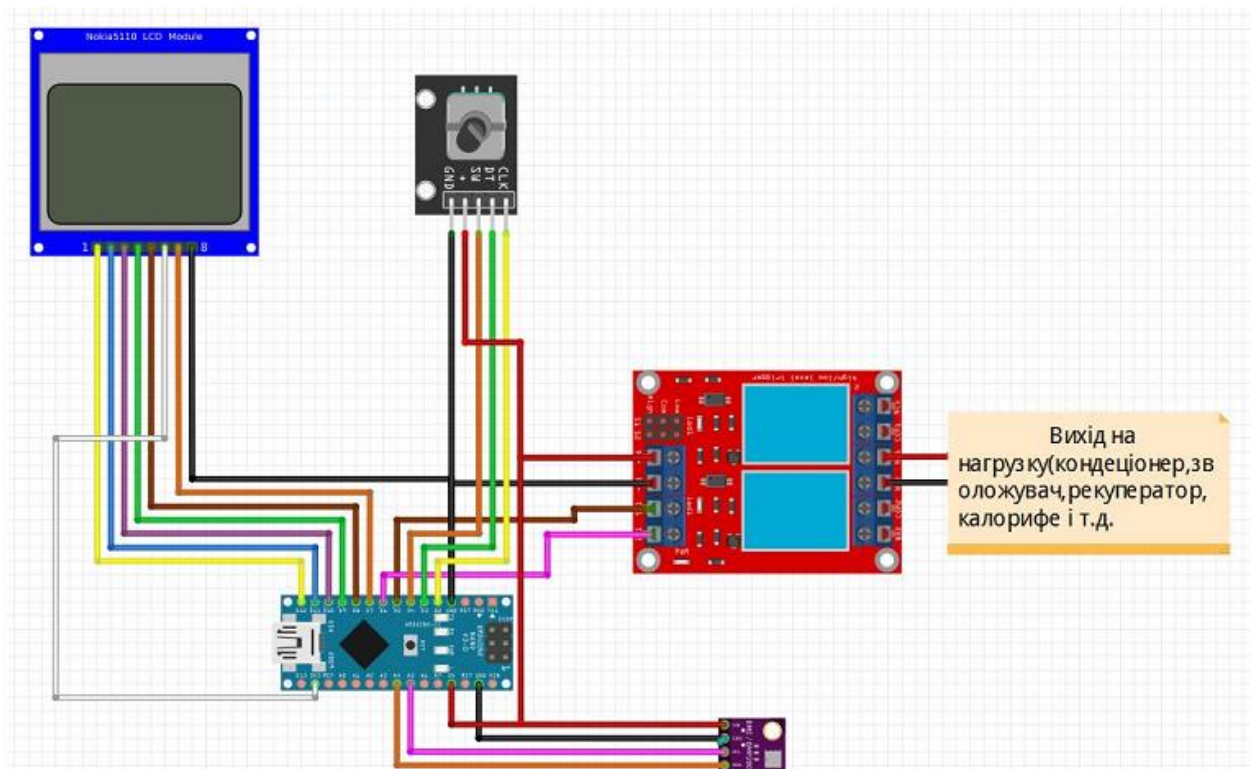


Рисунок 3.17 Схема автоматичного регулювання

де – передавальна функція мотор редуктора; – коефіцієнт передачі мотор редуктора, об/сек Гц; – постійна часу мотор редуктора, с; – оператор передавальної функції.

Об'єктом управління є приміщення. В якості регульованої величини виступають параметри мікроклімату (температура, вологість, вміст пилу в повітрі). В якості алгоритму регулювання використовується ПД-, ПІ-, ПД- закони. Оператор задає температуру, вологість, вміст пилу, які необхідно підтримувати в приміщенні. Ці значення подаються в ПЛК, де відбувається порівняння їх зі значенням поточних температури, вологості, вмісту пилу, отриманих з датчика. Потім відбувається формування вихідних сигналів. Ці сигнали подаються на виконавчі пристрої.

Необхідні характеристики моторів редукторів приведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10. Характеристики моторів редукторів

Характеристика	Значення
Робочий хід, l	10 мм
Швидкість управління,	30 мм/хв
Час закриття,	20 с

Висновки по розділу 3

В даному розділі було обрано алгоритм, схему та основне технологічне обладнання, компоненти системи. Підбір компонентів базувався на кількох основних параметрах: доступності, технічних характеристиках, логістиці доставки та ціновому факторі.

Обрані компоненти інтегруються в загальну систему управління параметрами мікроклімату кондитерського цеху. Така система управління параметрами мікроклімату відрізняється надійністю, простотою реалізації, ґручкістю та можливістю віддаленого моніторингу та керування.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи була розроблена система управління параметрами мікроклімату у виробничому приміщенні. Були розроблені технічне завдання, структурна схема і функціональні схеми автоматизації, що дозволяють визначити склад необхідного обладнання. Для автоматизації системи підтримки мікроклімату, були обрані необхідні датчики з цифровими сигналами по інтерфейсу RS-485 і аналоговими вихідними сигналами (4 – 20) мА. В якості промислового логічного контролера був обраний ОВН ПЛК 160. Виконавчі пристрої: радіатор RifarAlp500x10, припливно-витяжна установка Electrolux EPVS-200, теплообмінник WHC 150x150-2, зволожувач повітря Par-Tuman ГТ-1,6, осушувач повітря Par-Tuman РТ-60, клапан запірно-регулюючий КЗР 25ч945п і частотний перетворювач ESQ-210-2S-0.4К.

Система обробляє збурення і зберігає значення температури в приміщенні в межах 5 % від уставки. Таким чином, система може застосовуватися для регулювання і стабілізації параметрів мікроклімату в приміщенні. Використання трьох вузлів вимірювання в різних областях приміщення надає найбільш повну картину про параметри мікроклімату в приміщенні і тим самим підвищує якість вимірювання. За рахунок реєстрації та управління витратою сировини теплоносія відбувається його ефективне використання.

В кваліфікаційній роботі було обрано алгоритм, схему та основне технологічне обладнання, компоненти системи. Підбір компонентів базувався на кількох основних параметрах: доступності, технічних характеристиках, логістиці доставки та ціновому факторі.

Обрані компоненти інтегруються в загальну систему управління параметрами мікроклімату кондитерського цеху. Така система управління параметрами мікроклімату відрізняється надійністю, простотою реалізації, ґручкістю та можливістю віддаленого моніторингу та керування.

Система управління параметрами мікроклімату може бути впроваджена в промислових приміщеннях. Область застосування: система управління

параметрами мікроклімату може застосовуватися в промислових підприємствах з виробництва товарів, складських приміщеннях, офісних приміщеннях, об'єктах житлово-комунальної сфери. Економічна ефективність/значимість роботи полягає у зниженні витрат на енергетичні ресурси системи, а також перехід до автоматизованого регулювання параметрів мікроклімату. В майбутньому планується підвищити точність вимірювань параметрів мікроклімату за рахунок поліпшення методів обробки даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЖРЕРЕЛ

1. Furber Steve (2017) Microprocessors: the engines of the digital age. Proc. Royal society publishing A.4732016089320160893, pp. 1-12. DOI:10.1098/rspa.2016.0893.
2. http://conislab.net/files/modeling/golinko_2012_262.pdf Merezhany Y. Automotive indoor climate control for the precision instrument assembly workrooms. / Y. Merezhany, V. Antonyuk // Nauka i studia (Poland). - Przemysl: Sp-ka z o.o. "Nauka i studia", 2011. - NR 14(45). - с. 57-63.
3. Kurniawan A. (2021) “Arduino Nano 33 IoT Board Development.” In: Beginning Arduino Nano IoT. pp. 23-78. DOI:10.1007/978-1-4842-6446-1_2
4. Petyn V.A. Datchyky dlia Arduino y Raspberry Pi v proektakh Internet of Things. BKhV-Peterburh, 2016. 320 p.
5. Svystun, I. Yurchak. (2021), “Recommendation Dialog System for Selecting the Computer Hardware Configuration.” Advances in Cyber-Physical Systems, Volume 6, Number 1, pp. 70 - 76. DOI: 10.23939/acps2021.01.070.
6. Автоматизація систем теплопостачання і вентиляції: методичні вказівки/ С.М. Нубарян – Харків: ХНАМГ, 2009. – 9 с.
7. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.
8. Винничук, В. В. Гринюк “Розроблення інформаційно-вимірювальної системи Контролю мікроклімату тепличних приміщень” // Методи та прилади контролю якості № 2 (43) 2019, с. 32-40. DOI:10.31471/1993-9981-2019-2(43)-32-40
9. Голінко, І.М. Моделювання та оптимізація систем керування: монографія / І.М. Голінко, А.І. Кубрак. – Кам’янець–Подільський: ПП Буйницький, 2012. – 262 с.
10. Колодій О. Рекуператор повітря: здоровий мікроклімат та збереження тепла, 2022. – Доступно: <https://aw-therm.com.ua/rekuperator-povitrya-zdorovij-mikroklimat-ta-zberezhennya-tepla/> [5.05.23].

11. Кузьмук А. Розумне керування мікрокліматом, 2022. – Доступно: <https://aw-therm.com.ua/keruvannyamikroklimatom-u-primishenni/> [28.04.23].
12. Купінський, І. Ю. Юрчак “Принципи побудови метеостанції для спостереження за мікрокліматом у приміщенні на платформі Arduino”, Computer systems and networks, Vol. 3, No. 1, 2021. с.68-79. DOI:10.23939/csn2021.01/068
13. Мережаний Ю.Г. Автоматизована вентиляційно-опалювальна система для малих виробничих приміщень прецизійного приладобудування / Ю.Г. Мережаний, В.С. Антонюк // Нові технології. - Кремечук: 2011. - №1(31). - с. 35-38.
14. Санітарні норми мікроклімату [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> – Дата звернення 17.10.2022 р.