МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет економіки підприємництва
Кафедра інформаційних технологій

Допущено до захисту
«____» _____2023 р.
Завідувач кафедри, к.т.н., доцент
_____Роман ЛІЩУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ

Виконав: здобувач вищої освіти
2 курсу, 21м-з-кн групи
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки»
Олександр Михайлович ТРАНЧЕНКО

Науковий керівник: к.т.н., доцент
Роман ЛІЩУК

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ОБРАНОЮТЕМОЮ 9
1.1 Призначення та класифікація засобів автоматизації 9
1.2 Склад та структура автоматизованих систем 10
1.3 Принципи створення автоматизованих систем 13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ….. 22
2.1 Розробка структурної схеми інформаційної системи управління теплопостачанням 22
2.2. Схеми теплопостачання для багатоповерхових будинків (встановлення лічильників тепла) 24
2.3. Вибір елементної бази 26
2.4. Пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів..... 28
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ З УПРАВЛІННЯМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ ……39
3.1. Розробка проєкту на основі Інтернету речей (IoT) 39
3.2. Побудова проекту на платформі Arduino 42
3.3. Розробка структури автоматизованого датчику..... 47
3.4. Збирання проєкту 52
3.5. Створення програмного забезпечення системи управління теплопостачанням 54
ВИСНОВКИ..... 63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 64
ДОДАТКИ..... 67

ВСТУП

Актуальність теми. Тема «Автоматизація та проєктування засобів та систем управління тепловими пунктами» є актуальною у зв'язку з потребою оптимізації теплових процесів та забезпечення енергоефективності в житловому та промисловому будівництві.

Теплові пункти є складовою частиною системи опалення та гарячого водопостачання, які використовуються в будівлях різної категорії, включаючи житлові будинки, офісні промислові приміщення та підприємства. Оптимальне управління тепловими пунктами може значно зменшити витрати на опалення та забезпечити комфортні умови в приміщеннях, що є фактором виробництва для підвищення якості життя та робочого середовища.

Автоматизація та проєктування засобів та систем управління тепловими пунктами можуть сприяти підвищенню ефективності теплопостачання та зменшенню витрат на енергію. Системи автоматизованого управління можуть контролювати температуру та тиск в системах опалення та гарячого водопостачання, що дозволяє знизити витрати на енергію та забезпечити стабільний рівень теплопостачання. Автоматизовані системи управління також можуть забезпечити більш точний розподіл тепла між споживачами, зменшуючи можливість перегріву або недогріву приміщень.

Мета роботи - розробка ефективної системи автоматизованого управління тепловим пунктом, що дозволяє підвищити ефективність теплопостачання та зменшити витрати на енергію. Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні *завдання*:

1. Дослідити призначення та класифікацію засобів автоматизації та їх використання в автоматизованих системах управління.
2. Дослідити склад та структуру автоматизованих систем та їх принципи створення.

3. Дослідити призначення автоматизованих систем та їх використання у теплових пунктах.

4. Розробити структурну схему системи автоматизації об’єкту та вибрати елементну базу.

5. Представити пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів.

6. Вибрати спосіб розроблення проєкту на основі Інтернету речей (IoT) та дослідити, що таке Arduino та навіщо він потрібний.

7. Розробити структуру автоматизованого датчика з використанням датчика термобарометра та GSM-модуля.

8. Описати Java як мову програмування та використання збирача проєкту Maven.

9. Створити алгоритм програмного забезпечення та розробити алгоритми системи та підсистем автоматизації процесу контролю параметрів теплопостачання.

10. Створити програмне забезпечення «сервісу».

Об’єкт дослідження роботи - це система автоматизованого управління тепловим пунктом, яка дозволить ефективно контролювати температуру та тиск у системі опалення та гарячого водопостачання.

Предметом дослідження є автоматизація та проектування засобів та система управління тепловими пунктами. Дослідження передбачає вивчення теоретичних завдань автоматизації теплових пунктів, аналіз існуючих систем управління, їх переваг та недоліків, а також розроблення нової системи автоматизації з урахуванням сучасних технологій та найкращих практик.

Для досягнення мети дослідження та вирішення поставлених завдань у кваліфікаційній роботі застосовуються різні різноманітні **методи дослідження.** Серед них можна виділити наступні:

1. Аналітичний метод - використання для існуючих систем управління тепловими точками, їх переваг та аналізу недоліків, а також для розробки концептуальної моделі нової системи.

2. Перименталний метод - здійснюється у проведенні експериментальних досліджень з призначенням визначення параметрів роботи системи автоматизації теплових пунктів, а також для перевірки її ефективності.

3. Метод моделювання - дозволяє створити математичну модель системи автоматизації теплових пунктів та провести різні симуляції для вивчення її роботи в різних умовах.

4. Експертний метод - застосування для залучення експертів з питань автоматизації та управління тепловими пунктами для отримання їх думки та рекомендацій щодо вдосконалення системи управління.

5. Статистичний метод - дозволяє провести аналіз статистичних даних про роботу системи управління тепловими пунктами, що дозволяє виявити проблемні місця та розробити шляхи їх вирішення.

6. Метод системного аналізу - дозволяє вивчити та проаналізувати систему управління тепловими точками в цілому, а також окремі її елементи, що дозволяють визначити та усунути проблемні місця.

7. Економічний метод - дозволяє оцінити ефективність використання систем автоматизації теплових пунктів та застосування економічної доцільності введення її в експлуатацію.

Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження і буде використовуватися в дипломній роботі залежно від поставлених завдань і вимог дослідження.

Основними елементами наукової новизни роботи є:

1. Комплексний підхід до засобів автоматизації та проектування та системи управління тепловими пунктами, що передбачає вивчення сучасних технологій та методів автоматизації, аналіз технічного стану теплового пункту, розробку технічного завдання та проектування системи управління, впровадження та налаштування систем.

2. Використання нових методів інтелектуального аналізу даних для підвищення ефективності управління теплопостачанням та зменшення витрат

на енергію. У цьому контексті використовуються такі методи, як машинне навчання, аналіз даних, інтелектуальний аналіз даних, які дозволяють оптимізувати роботу системи управління.

3. Розробка нових методів та алгоритмів оптимізації роботи системи управління тепловим пунктом. Ці методи базуються на інтелектуальномуаналізі даних, зборі та аналізі параметрів роботи теплового пункту, підвищенні ефективності управління та зниженні витрат на енергію.

Отримані результати дослідження мають практичну цінність для енергетичної галузі та підприємств, які займаються управлінням теплопостачанням та тепловими мережами. Дослідження можуть бути використані для оптимізації роботи теплових пунктів та підвищення ефективності їх роботи, що зменшує витрати на енергію та збільшує якість теплопостачання.

Розроблені методи та алгоритми оптимізації можуть бути використані для автоматизованого управління тепловими пунктами з використанням сучасних систем управління, що значно підвищить рівень автоматизації виробничих процесів та покращить якість надання послуг.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМОЮ

1.1. Призначення та класифікація засобів автоматизації

Засоби автоматизації – це різноманітні пристрої та системи, які призначені для автоматизації різних процесів та операцій у промисловості, на транспорті, у будівництві та інших галузях людської діяльності. Засоби автоматизації забезпечують виконання певних функцій без участі людини або з мінімальною її участю, що дозволяє підвищити продуктивність, якість та ефективність виробництва, а також зменшити витрати на оплату праці.

Автоматизована система (АС) являє собою організаційно-технічну систему, що забезпечує вироблення рішень на основі автоматизації інформаційних процесів у різних сферах діяльності (управління, проєктування, виробництво тощо) або їх поєднання.

Залежно від сфери автоматизованої діяльності АС поділяють на:

– автоматизовані системи управління (ГАСУ – галузева автоматизована система управління; АСУП – автоматизована система управління підприємством; АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом; АСУ ВП – автоматизована система управління виробничим процесом; АСУГПС);

– системи автоматизованого проєктування (САПР); – АС наукових досліджень (АСНІ); – АС обробки та передачі інформації (АСОІ); – АС технологічної підготовки виробництва (АСТПП); – АС контролю та випробувань (АСК);

– системи, що автоматизують поєднання різних видів діяльності.

Нижче представлена таблиця з основними ознаками класифікації засобів автоматизації.

З таблиці видно, що засоби автоматизації можна класифікувати за багатьма ознаками, такими як функціональне призначення, область використання, ступінь автоматизації, метод управління тощо. Класифікація

засобів автоматизації дозволяє узагальнити і систематизувати інформацію про різноманітні засоби автоматизації та зробити висновки про їх використання в різних галузях та сферах діяльності. Це є дуже важливим для розробки та впровадження ефективних систем автоматизації, що сприятиме підвищенню продуктивності та ефективності діяльності.

Таблиця 1.1

Ознаки класифікації засобів автоматизації

Ознака класифікації	Категорії засобів автоматизації
За функціональним призначенням	Керуючі системи, датчики, вимикачі, реле, лічильники, регулятори, програмні засоби
За типом сигналів	Аналогові, дискретні, комунікаційні, сигнали зв'язку
За масштабом використання	Промислові, побутові, науково-дослідні, малопотужні, середньопотужні, великопотужні.
За типом з'єднання	Проводові, бездротові, оптичні
За рівнем інтеграції	Елементарні, інтегральні мікросхеми, програмовані логічні контролери, системи на мікроконтролерах
За методом управління	Програмоване управління, логічне управління, аналогове управління, комбіноване управління
Способом виконання роботи	Електромеханічні, електронні, гідравлічні, пневматичні, гібридні.

Автоматизовані системи (АС) є послідовністю взаємопов'язаних інформаційних функцій, завдань або процедур, які можуть бути виконані в автоматичному або інтерактивному режимах. Розробка та впровадження АС повинні бути обґрунтовані соціальними, науково-технічними та іншими корисними ефектами, які можуть бути досягнуті завдяки автоматизації.

1.2 Склад та структура автоматизованих систем

Автоматизовані системи складаються з різних компонентів, які забезпечують їх правильну роботу та виконання поставлених завдань. Склад таких систем може включати апаратну та програмну частину, комунікаційні засоби, датчики, актуатори та інші елементи.

Апаратна частина автоматизованої системи включає в себе різні пристрої, такі як комп'ютери, сервери, контролери, датчики, актуатори та

інші. Вона забезпечує обробку даних та управління процесом автоматизації.

Програмна частина включає в себе програми, які керують процесом автоматизації та забезпечують його правильну роботу. Ці програми можуть бути написані на різних мовах програмування та Reply різні алгоритми обробки даних.

Комунікаційні засоби використовують для передачі даних між компонентами автоматизованої системи. Це можуть бути мережеві протоколи, кабелі, бездротові засоби зв'язку та інші.

Датчики та актуатори використовують для збору даних із навколишнього середовища та керування процесом автоматизації відповідно. Наприклад, датчики можуть вимірювати температуру, тиск, рівень рідини тощо, а актуатори можуть керувати рухом механізмів, клапанів тощо.

При описі АС використовують такі види структур, що відрізняються типами елементів та зв'язків між ними (табл.1.2):

Таблиця 1.2

Види структур АС, що відрізняються типами елементів та зв'язків між ними

Вид структури	Опис
Функціональна	Базується на розподілі функцій між елементами системи. Коженелемент виконує свою функцію та взаємодіє з іншими елементами для досягнення загальної мети системи.
Блокова	Система розбивається на окремі блоки або модулі, кожен з яких виконує певну функцію. Блоки зв'язуються між собою для забезпечення спільної роботи.
Модульна	Система складається з окремих модулів, які можуть бути замінені або оновлені без впливу на останню систему.
Ієрархічна	Система організована у вигляді елементів ієрархії, де кожен вищий та нижчий рівні взаємодіють з іншими елементами системи.
Мережева	Система складається із взаємопов'язаних компонентів, які можутьбути підключені до мережі.

Кожен вид структури має свої переваги та недоліки та може бути використаний у зв'язку з потребами та особливостями конкретної АС (табл.1.3).

Таблиця 1.3

Переваги та недоліки структур АС

Вид структури	Переваги	Недоліки	Використання
Послідовна структура	Простота та легкість у розробці та використанні	Обмежена можливість розширення та модифікації	Використовується для простих та стандартизованих процесів, де не потрібні значні зміни
Розгалужена структура	Гнучкість та можливість модифікації процесу, здатність до реалізації складних алгоритмів	Складність у розробці та налагодженні, можливість створення петель та конфліктів	Використовується для складних процесів, де потрібна гнучкість та можливість зміни
Мережева структура	Висока швидкість та можливість паралельної обробки даних	Складність у розробці та налагодженні, можливість виникнення проблем із синхронізацією даних	Використовується для складних та об'ємних систем, де необхідна паралельна обробка даних
Ієрархічна структура	Простота та легкість у розробці, можливість швидкого звернення до окремих елементів	Обмежена можливість гнучкостіта зміни, складність урозробці багатошарових структур	Використовується для системи з чітко визначеними рівнями та підсистемами, де необхідно швидке та точне звернення до даних.

За допомогою таблиці було надано огляд різних видів структур АС, які використовуються в описі систем. Кожен вид структури має свої переваги та недоліки і може бути використаний залежно від конкретних потреб та особливостей системи. Описані структури можуть бути використані при розробці АС різного призначення, від електронних пристроїв для домашнього використання до складних систем керування великими підприємствами. Важливо правильно вибрати структуру, щоб забезпечити ефективну та надійну роботу системи в потрібних умовах.

АС створюють відповідно до технічного завдання, що є основним вихідним документом, на підставі якого проводять створення АС і приймання її замовником. Під час створення АС необхідно керуватися принципами системності, розвитку (відкритості), сумісності, стандартизації (уніфікації) та ефективності. У табл.1.4 наведені принципи АС та їх характеристика.

Таблиця 1.4

Принципи АС

Назва принципу	Опис
Принцип функціонального призначення	АС розробляється з урахуванням її функціонального призначення та вимог замовника.
Принцип модульності	АС розбивається на окремі функціональні модулі, що забезпечують простоту та можливість розширення системи.
Принцип інформаційної єдності	АС повинна забезпечувати єдиний доступ до інформації для всіх її компонентів та користувачів.
Принцип стандартизації	Використання стандартів дозволяє забезпечити сумісність компонентів АС та інтеграцію з іншими системами.
Принцип надійності	АС повинна бути стійкою до різних видів помилок та збоїв для забезпечення безперебійної роботи.
Принцип ефективності	АС має бути ефективною з точки зору часу, витрат ресурсів, продуктивності та зручності користування.

Ці принципи сприяють створенню АС, які відповідають вимогам замовника, мають чітку структуру та легко розширюються, єдиною системою з доступом до інформації, сумісними з іншими системами та надійними в роботі. Врахування цих принципів є етапом у розробці АС.

1.3 Призначення автоматизованих систем та склад та структура автоматизованих систем управління

Автоматизовані системи (АС) мають широке призначення і використовуються в різних сферах діяльності, де необхідне ефективне управління процесами та оптимізація роботи. Основними цілями застосування АС є (табл.1.5):

Таблиця 1.5

Основні цілі призначення АС

Цілі	Опис
Підвищення продуктивності праці	Застосування АС дозволяє зменшити час виконання робіт, що забезпечує підвищення продуктивності трудової діяльності працівників та виробництва в цілому.
Покращення якості виконання робіт	АС допомагають знизити вплив людського фактору на виконання робіт, що покращує якість виробництва та забезпечує відповідність продукції вимогам стандартів.
Ефективне використання ресурсів	Застосування АС дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зокрема матеріальних, фінансових та людських, що дозволяє знизити витрати підприємства.
Забезпечення безпеки праці	АС допомагають зменшити кількість аварій та травм на виробництві, забезпечують виконання норм безпеки праці та знижують вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників.
Оптимізація управління підприємством	Застосування АС дозволяє забезпечити ефективне управління підприємством, зокрема управлінням виробництвом, фінансами, логістикою та іншими напрямками діяльності.
Підвищення конкурентоспроможності підприємства	Застосування АС дозволяє забезпечити підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку за рахунок підвищення якості продукції, підвищення продуктивності праці, зниження витрат на виробництво та управління. Автоматизація дозволяє швидко реагувати на зміни в зовнішньому середовищі та забезпечувати гнучке планування та виробництво, що є ключовими факторами у підвищенні конкурентоспроможності.
Зниження витрат на виробництво та управління.	Автоматизовані системи дозволяють знизити витрати на оплату праці, мінімізувати втрати сировини та матеріалів, зменшити витрати на енергоспоживання та управління виробництвом. Це дозволяє збільшити прибутковість підприємства та забезпечити ефективність використання ресурсів.
Покращення якості продукції	АС дозволяють забезпечити високу якість продукції завдяки автоматичному контролю технологічних процесів та мінімізації впливу факторів, що можуть впливати на якість продукції. Крім того, використання АС дозволяє проводити більш точний та швидкий аналіз якості продукції та вживати заходів для її покращення.
Підвищення продуктивності праці.	Автоматизація виробничих процесів дозволяєзабезпечити підвищення продуктивності праці за рахунок зменшення часу на виконання рутинних та простих завдань, збільшення точності та швидкості виконання складних завдань та покращення умов праці.

Застосування автоматизованих систем є важливим кроком у поліпшенні ефективності та результативності роботи різних організацій. Основні цілі застосування АС включають підвищення конкурентоспроможності підприємства, покращення якості продукції, зменшення часу та зусиль, зниження витрат на ресурси, збільшення продуктивності праці та більш ефективне використання інформаційних ресурсів. Кожна з цих цілей може бути досягнута шляхом впровадження певних функцій та можливостей АС, що розробляються з урахуванням потреб та особливостей конкретної організації.

Автоматизовані системи управління (АСУ) – це спеціальні системи, які призначені для автоматизації процесів управління в різних сферах діяльності, таких як виробництво, транспорт, енергетика, комунікації та інші. АСУ є важливим елементом в процесі управління, оскільки вони забезпечують збір, обробку та передачу інформації, а також управління об’єктами у режимі реального часу. У процесі проєктування автоматизованої системи або її елементів розробляються у випадку такі види забезпечення (табл.1.6.):

Таблиця 1.6

Види програмного забезпечення використовувані при проєктування автоматизованої системи або її елементів

Вид забезпечення	Опис
Операційне забезпечення	Складається з операційних систем та прикладного програмного забезпечення. Відповідає за забезпечення роботи АС та забезпечення взаємодії з користувачем.
Забезпечення системного програмування	Складається з системних бібліотек, мов програмування, компіляторів, драйверів пристроїв тощо. Відповідає за розробку програмних модулів, що безпосередньо взаємодіють з апаратним забезпеченням АС.
Забезпечення мережевої інфраструктури	Складається з мережевих компонентів, таких як маршрутизатори, комутатори, файрволи тощо. Відповідає за забезпечення мережевої інфраструктури, яка забезпечує зв’язок між компонентами АС та зовнішнім середовищем.
Забезпечення безпеки	Складається з засобів захисту від несанкціонованого доступу, від зловживань, від вірусів тощо. Відповідає за забезпечення безпеки АС та захисту від потенційних загроз.

Кожен з видів забезпечення має важливе значення для створення автоматизованих систем управління. Використання правильних компонентів дозволяє забезпечити надійну та безперебійну роботу АС та забезпечити максимальний рівень безпеки та захисту від загроз.

Проєктні рішення з ПЗ, ТО та ІЗ відображаються як вироби, які складаються з взаємопов'язаних компонентів та комплексів із необхідною документацією, під час проєктування АС або її елементів. Інші види забезпечення реалізуються у вигляді організаційно-методичних та експлуатаційних документів або комплексах ПЗ, ТО та ІЗ. Структури використовуються для опису стійких зв'язків між елементами внутрішньої будови автоматизованих систем. При описі АС використовуються такі види структур (табл.1.7):

Таблиця 1.7

Види структур при описі АС

Вид структури	Елементи	Зв'язки
Функціональна	Функції, завдання, процедури	Інформаційні
Технічна	Устрою, компоненти, комплекси	Лінії, канали зв'язку
Організаційна	Колективи людей, окремі виконавці	Інформаційні, співпідпорядкування, взаємодії
Документальна	Неподільні складові частини, документи	Взаємодія, вхідності, підпорядкування
Алгоритмічна	Алгоритми	Інформаційні
Програмна	Програмні модулі, вироби	Керуючі
Інформаційна	Форми існування та подання інформації	Операції перетворення в системі

У процесі проектування автоматизованих систем використовуються різні види структур для опису їхньої внутрішньої будови та взаємозв'язків між елементами. Функціональні структури дозволяють описати функції, завдання та процедури АС, технічні структури - устрої, компоненти та комплекси, організаційні структури - колективи людей та окремі виконавці, документальні структури - неподільні складові частини та документи АС, алгоритмічні структури - алгоритми, програмні структури - програмні модулі та вироби, а

інформаційні структури - форми існування та подання інформації в системі. Вибір структури залежить від конкретної задачі тавимог до АС, а використання різних структур у комбінації дозволяє отримати повну картину внутрішньої будови та взаємодії елементів АС.

Теплові пункти є найбільш складними та витратними складовими елементами теплових мереж. Надійність та якість роботи теплових пунктів мають безпосередній вплив на постачання тепла та гарячої води споживачам, а також на відповідність режимів тепловиробництва та теплоспоживання. У системах централізованого теплопостачання здійснюються наступні технологічні процеси: виробництво та відпуск теплоносія, транспортування та використання теплоносія.

Транспортування теплоносія здійснюється по теплових мережах, які з'єднують джерело теплоти зі споживачами. Теплові мережі складаються з теплопроводів та споруджень на них - мережних станцій. Зазвичай, системи централізованого теплопостачання міст є водяними системами, де в якості теплоносія використовується вода.

Водяні системи теплопостачання можуть бути закритими та відкритими. У закритих системах вода, яка циркулює в тепловій мережі, використовується виключно як теплоносій, тобто вона не відбирається з мережі для споживання. У відкритих системах теплоносій (вода) розподіляється до споживачів для задоволення потреб у гарячій воді.

Зазвичай для транспортування теплоти від джерела до споживачів у містах використовують двотрубні теплові мережі. Головне завдання таких мереж - забезпечити надійний та безперебійний транспорт теплоносія з мінімальними витратами тепла та води. Використання теплоносія

відбувається через теплоприймачі споживачів, таких як системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, кондиціонування повітря та промислових установок. Ефективність системи залежить від технічних пристроїв, які використовуються для підключення теплоспоживчих установок до теплової мережі. Така група пристроїв отримала назву тепловий пункт (ТП).

Теплові пункти здійснюють різноманітні функції, такі як зміна параметрів теплоносія, розподіл його витрат між системами споживання теплоти, регулювання теплопостачання до систем опалення, контроль параметрів води для гарячого і холодного водопостачання, акумулювання гарячої води, підготовка води для систем гарячого водопостачання, захист систем від спорожнення та аварійного підвищення параметрів теплоносія, а також облік витрати теплоти та теплоносія. У теплових пунктах може здійснюватися як місцевий, так і дистанційний контроль параметрів теплоносія з диспетчерського пункту.

В теплових пунктах також можуть здійснюватись інші функції, які залежать від специфіки конкретної системи теплопостачання. Наприклад, у деяких ТП можуть бути встановлені додаткові прилади для моніторингу та регулювання параметрів витрати теплоносія, а також використання альтернативних джерел енергії для забезпечення опалення та гарячого водопостачання.

Оскільки ТП є ключовим елементом систем теплопостачання, їх ефективність та надійність мають велике значення для забезпечення комфортних умов у будівлях та спорудах. Вірно налаштований тепловий пункт дозволяє забезпечити економію енергоресурсів, знизити витрати на енергопостачання та забезпечити стабільну роботу системи протягом тривалого часу.

Засоби автоматизації існуючих теплових пунктів є важливим елементом підвищення ефективності їх роботи та забезпечення якісного обслуговування споживачів теплової енергії. Застосування автоматизованих

систем управління на теплових пунктах дозволяє забезпечити більш точне та швидке регулювання параметрів системи, моніторинг стану обладнання, зменшення витрат на утримання персоналу та запобігання аварійним ситуаціям.

Серед засобів автоматизації існуючих теплових пунктів можна виділити автоматичні регулятори, програмовані контролери, системи збору та обробки даних, системи моніторингу стану обладнання, системи дистанційного керування та багато іншого обладнання. Застосування таких засобів дозволяє досягти оптимального режиму роботи теплових пунктів,забезпечити стабільний рівень тиску та температури в системі, зменшити енерговитрати та підвищити рівень автоматизації процесів управління тепловою мережею.

Автоматична система регулювання теплопунктом (АСРТ) забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації та блокування (табл.1.8).

Таблиця 1.8

Функції автоматичної системи регулювання теплопунктом

Функції АСРТ	Опис
Контроль	Автоматична система регулювання теплопунктом здійснює постійний контроль параметрів теплоносія і систем теплоспоживання, таких як температура, тиск, витрата теплоносія та інші.
Регулювання	АСРТ здійснює автоматичне регулювання параметрів теплоносія, щоб забезпечити стабільну роботу систем теплоспоживання і мінімізувати втрати теплоти.
Сигналізація	АСРТ надсилає сигнали операторам та диспетчерам про будь-які відхилення в параметрах теплоносія або систем теплоспоживання.
Блокування	АСРТ автоматично блокує роботу системи у разі виявлення аварійних ситуацій або відхилень в параметрах, що перевищують допустимі значення, для запобігання пошкодження системи та забезпечення безпеки.

Представлена таблиця описує функції, які забезпечує автоматична система регулювання теплопунктом. Ці функції включають контроль, регулювання, сигналізацію та блокування. Контроль температури та інших

параметрів теплоносія забезпечує стабільність роботи системи та підтримку оптимального рівня витрати теплоносія. Регулювання параметрів теплоносія та води дозволяє підтримувати необхідну температуру в системі, а також розподіляти витрату теплоносія по різних системах споживання теплоти. Сигналізація та блокування відповідають за автоматичне виявлення та усунення неполадок в системі, що забезпечує безпеку роботи теплової мережі. Застосування автоматичних систем регулювання в теплопунктах підвищує ефективність теплопостачання, зменшує ризик аварій та забезпечує економію енергоресурсів.

Автоматичні системи контролю забезпечують моніторинг роботи технічних агрегатів та процесів, вимірюючи різні параметри та передаючи цю інформацію до відповідних пристроїв.

Системи сигналізації призначені для повідомлення про стан технічного обладнання або процесу шляхом використання звукових або візуальних сигналів.

Автоматичні системи блокування і захисту призначені для запобігання аварійних ситуацій шляхом автоматичного вимикання агрегатів.

Автоматичні системи пуску і зупинки забезпечують включення і вимикання двигунів та приводів згідно з заданою програмою. Всі ці системи є розімкнутими, тобто можуть бути вимкнені у разі необхідності.

Централізовані системи автоматизації складаються зі спеціально розроблених комплексів апаратури, які забезпечують контроль, регулювання та захист різних технічних процесів і систем:

- агрегатовані комплекси засобів контролю та регулювання;
- мікропроцесорні засоби диспетчеризації, автоматики та телемеханіки;

– пневматичні агрегатні функціонально-апаратні комплекси та установки.

Ці комплекси включають в себе різноманітні датчики, реле, пристрої автоматичного регулювання, блоки захисту та інші елементи. За допомогою цих систем можна здійснювати автоматичне керування різними процесами,

що забезпечує високу якість та ефективність їх роботи. Крім того, такі системи дозволяють зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій та забезпечують безпеку у виробництві. В сучасних умовах централізовані системи автоматизації використовуються в різних галузях, від промисловості до будівництва та енергетики. Пристрої та системи локальної автоматизації можна детальніше групувати за такими ознаками (табл.1.9):

Таблиця 1.9

Ознаки пристроїв та системи локальної автоматизації системи

Ознака	Приклади
Місце встановлення	Комп'ютерна автоматизація обробки даних, Автоматизація робіт на підприємстві
Функціональне призначення	Промислові контролери, Системи управління доступом
Характеристики вхідної і вихідної інформації	Системи збору та передачі даних, Системи зчитування баркодів
Характеристики процесу управління	Системи управління освітленням, Системи управління опаленням
Масштаб застосування	Локальні системи контролю, Системи автоматизації виробництва на підприємстві

Окрім ознак представлених у таблиці пристрої та системи АС, мають і інші ознаки: За рівнем автоматизації можна відрізняти автоматичні та автоматизовані системи, а за ступенем автоматизації - системи часткової, комплексної та повної автоматизації. Системи керування можна також класифікувати за призначенням: автоматичного контролю, керування, регулювання, сигналізації, блокування та захисту. Інші класифікації включають розподіл систем керування за принципом керування (розімкнуті, замкнуті та комбіновані), характером зміни регульованої величини (стабілізуючі, слідкуючі, програмні, екстремальні, оптимальні та адаптивні), характером носія енергії (електричні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані), характером сигналів (аналогові та дискретні), метою керування (стабілізуючі та оптимізуючі) та кількістю регульованихвеличин (одно- та багатовимірні).

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТУ

2.1. Розробка структурної схеми

Розробка структурної схеми полягає в створенні графічного зображення елементів системи керування та їх взаємозв'язків. Це може бути блок-схема або інша графічна модель, що дозволяє візуально представити структуру системи та її функціональні зв'язки.

Структурна схема відображає всі компоненти системи керування та їх зв'язки, включаючи датчики, виконавчі пристрої, блоки керування та обчислювальні пристрої. Кожен елемент системи зображується в окремому блоку, з якого виходять лінії, що показують напрямок сигналів та даних.

Структурна схема допомагає визначити функціональні залежності між елементами системи, що дозволяє розробити алгоритми керування та встановити правильний порядок передачі даних та сигналів між елементами.

Крім того, структурна схема є важливим етапом в процесі проєктування системи керування, оскільки дозволяє визначити необхідну кількість та типи елементів системи, а також визначити потреби в програмному забезпеченні та обчислювальній потужності.

Узагальнюючи, структурна схема є важливим етапом в процесі розробки системи керування, оскільки вона допомагає визначити структуру системи, функціональні залежності між її компонентами та потреби в ресурсах.

Структурна схема автоматизованої системи управління тепловими пунктами може складатись з таких блоків:

1. Блок збору даних - призначений для збору і передачі даних про стан теплових пунктів до системи керування.
2. Блок обробки даних - виконує функцію аналізу та опрацювання отриманих даних з метою контролю за режимом роботи теплових пунктів.
3. Блок керування - призначений для керування режимом роботи

теплових пунктів на основі отриманих даних. Включає в себе контролери, які забезпечують автоматичний або напівавтоматичний контроль за рівнем теплових потоків в системі.

4. Блок взаємодії з користувачем - включає в себе інтерфейс користувача, що дозволяє відображати інформацію про роботу системи та здійснювати взаємодію з нею.

5. Блок безпеки - забезпечує захист системи від виникнення аварійних ситуацій та може включати в себе систему аварійного вимкнення, систему аварійного сигналізування тощо.

Враховуючи зазначені вище принципи роботи АС теплових пунктів (ТП) та зосереджуючись на питаннях вдосконалення наявних теплових пунктів, нижче наведено структурну схему, що демонструє оптимальні параметри енергозбереження та продуктивності для функціонування АСТП (рис.2.1.).

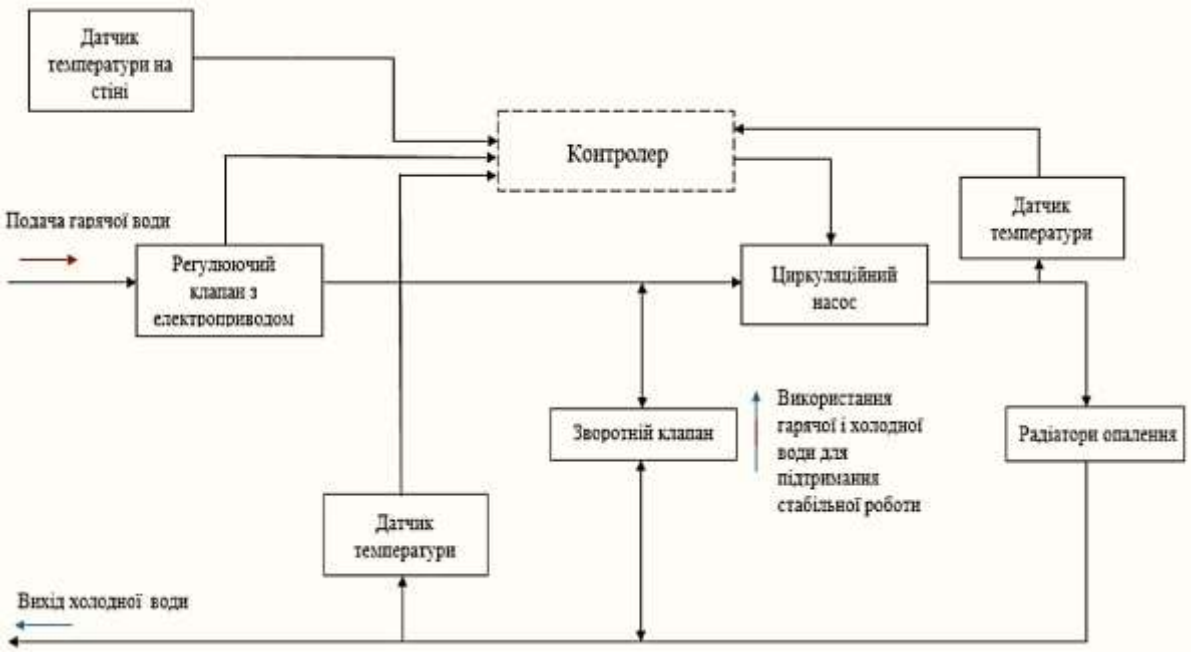


Рис.2.1. Структурна схема автоматизованої системи теплового пункту

У тепловий пункт, що живиться з центральної водопровідної системи, надходять як холодна, так і гаряча вода. Контролер ТП забезпечує дві основні операції:

Перша операція – головна - полягає у відправленні команди нарегулюючий клапан для пропуску необхідної кількості гарячої води за допомогою циркуляційного насоса, яка потім проходить через радіатори опалення, віддає всю теплову енергію і повертається до системи ЦВС;

Друга операція виконується у випадку, коли потрібно різко знизити температуру води, що подається на радіатори, і полягає в використанні зворотного клапана.

Отже, автоматизація системи теплових пунктів - це неперервний процес покращення існуючих стандартів та норм комфортності, що забезпечує індивідуальний підхід до потреб кожного споживача будинку з ТП.

2.2. Схеми теплопостачання для багатоповерхових будинків (встановлення лічильників тепла)

Схеми теплопостачання для багатоповерхових будинків можуть бути різними, в залежності від рівня автономності кожного конкретного будинку, його географічного розташування, технічних можливостей та потреб споживачів.

Одна з найпоширеніших схем - це централізоване теплопостачання з використанням теплової мережі. При цьому тепло передається з котельні до будинку через водяну мережу, яка прокладена від котельні до кожного підключеного будинку. В будинку розміщується тепловий пункт, який відповідає за розподіл тепла на кожен окремий квартирний блок.

Існують також децентралізовані схеми теплопостачання, де кожен будинок має власну котельню, яка забезпечує його тепло- та гарячою водою. Це забезпечує більшу автономію будинків, але такі схеми потребують відповідальності та компетентності управлінців, які забезпечують їх роботута обслуговування.

Також існують гібридні схеми, які поєднують централізоване та децентралізоване теплопостачання. Наприклад, кожен будинок може мати

власну котельню, але в період піку навантаження на систему, тепло може надходити з централізованої мережі.

Незалежно від схеми, важливо забезпечувати ефективне та безперебійне функціонування системи теплопостачання, враховуючи потреби споживачів та здатність мережі переносити навантаження.

Встановлення лічильника тепла в нашому випадку можливе як загальний вузол обліку для всього будинку, так і встановлення лічильника тепла в квартирах. У випадку горизонтальної двотрубної розводки теплопостачання можна встановлювати лічильники тепла в кожній окремій квартирі. Переваги такої розводки полягають у можливості окремого регулювання температури кожного радіатора або конвектора у квартирі завдяки окремим клапанам. Крім того, у разі несправності одного зрадіаторів, його можна легко ремонтувати у квартирі без перекриття теплопостачання для інших радіаторів. Проте, до недоліків такої розводки можна віднести складність у встановленні. На рис. 2.2, показана схема горизонтальної двотрубної розводки.

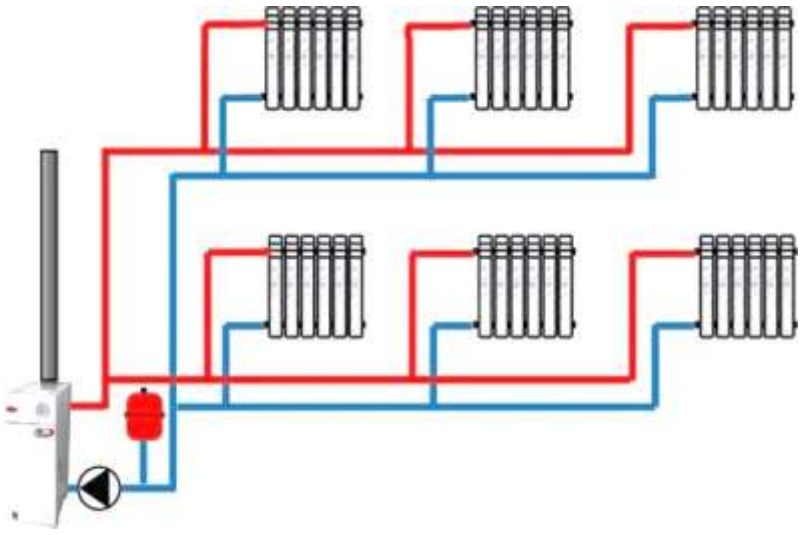


Рис. 2.2. Схема горизонтальної двотрубної розводки

У будівлях, побудованих ще в радянські часи, горизонтальна однотрубна схема теплопостачання є досить поширеною через її відносно низькі матеріальні витрати при монтажі. У порівнянні з горизонтальною двотрубною схемою, контур подачі теплоносія з котельні до нагрівальних

елементів встановлюється послідовно на одному контурі, і теплоносій з одного радіатора чи конвектора надходить в інший. Однак ця схема має основний недолік: з кожним поверхом температура теплоносія зменшується (рис.2.3).

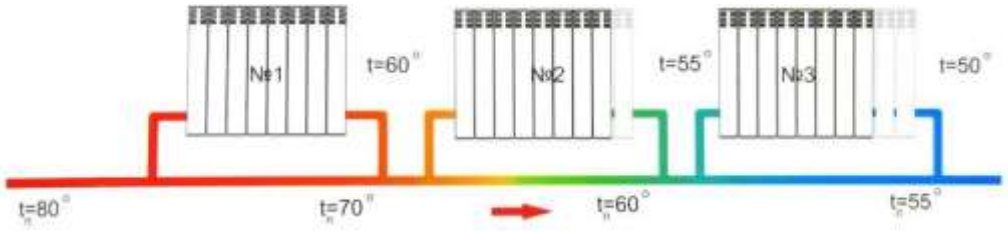


Рис. 2.3. Схема горизонтальної однотрубної розводки

Вертикальні одно- та двотрубні розводки також є поширеними варіантами схем теплопостачання. У вертикальній схемі менше втрат тепла, оскільки контури подачі теплоносія виконують роль нагрівальних стояків. У двотрубній вертикальній схемі можна регулювати температуру кожного радіатора окремо, тоді як у однотрубній схемі радіатори розташовані послідовно на одному подавальному контурі і не можуть бути вимкнені або змінені в температурі окремо. Однак, при вертикальній схемі, встановлення індивідуального лічильника тепла в квартирі неможливе.

2.3. Вибір елементної бази

При проєктуванні автоматизованих систем необхідно звертати увагу на правильний вибір технічних засобів автоматизації та розробку нових. У комплексі з вторинними приладами та системами управління використовуються вимірювальні перетворювачі, які визначають точність роботи системи. При виборі датчика необхідно враховувати метрологічні та динамічні характеристики, які визначають ступінь впливу навантаження на виході датчика на режим вхідного ланцюга. Крім того, важливим є вибір або розробка інших пристроїв автоматизації, таких як відлікові та дозувальні

пристрої, стандартні пристрої з ручним введенням сигналу, а також пристрої зі змішаним ручним і автоматичним введенням сигналу, такі як кнопки, клавішні вимикачі та тумблери.

Вибір елементної бази є важливим етапом при розробці електронних пристроїв. Елементна база визначає функціональні можливості і характеристики пристрою, його вартість та енергоефективність.

При виборі елементної бази необхідно враховувати такі фактори, як наявність на ринку потрібних компонентів, їх вартість, технічні характеристики, якість, надійність та доступність дощів та сервісів. Також важливо враховувати можливість легкого пошуку замінників та аналогів компонентів, що може забезпечити більш гнучкий підхід до проектування та знизити вартість.

Основні типи елементів, що використовуються при створенні електронних пристроїв, включають інтегральні схеми, резистори, конденсатори, транзистори, діоди та інші. Вибір елементної бази залежить від призначення та технічних вимог до пристрою. Наприклад, для створення аналогових пристроїв зазвичай використовуються пасивні компоненти, такіяк резистори та конденсатори, тоді як для створення цифрових пристроїв - інтегральні схеми.

Окрім технічних характеристик елементів, при виборі елементної бази слід враховувати також вимоги до екологічності та відповідність стандартам безпеки. Деякі компоненти можуть містити небезпечні речовини, що можуть бути шкідливі для здоров’я людей та довкілля, тому вибір безпечних елементів є важливим аспектом.

Коротко кажучи, вибір елементної бази є складним процесом, який потребує знань з технічних характеристик різних засобів автоматизації і їх взаємодії з іншими елементами системи. При цьому необхідно враховуватияк технічні, так і економічні фактори, зокрема вартість технічних засобів, їхню доступність на ринку, технічну підтримку та можливість масштабування системи в майбутньому.

При виборі елементної бази також важливо враховувати особливості конкретної системи автоматизації, зокрема її розмір, складність, функціональні вимоги, а також умови експлуатації (наприклад, температурні умови, вологість, вібрації тощо).

Крім того, при виборі елементів автоматизації необхідно враховувати можливість їх інтеграції з іншими системами, такими як системи моніторингу, управління енергозбереженням, безпеки тощо.

Таким чином, вибір елементної бази є важливим етапом при проєктуванні систем автоматизації і потребує детального аналізу технічних характеристик різних засобів автоматизації та їх взаємодії з іншими елементами системи, а також урахування економічних і особливостей конкретної системи.

2.4. Пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів

Основні пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів включають:

1. Впровадження систем автоматичного регулювання тиску теплоносія в системі циркуляції. Це дозволить забезпечити постійний заданий тиск в системі та зменшити ймовірність виникнення аварій.

2. Встановлення додаткових датчиків для вимірювання температури теплоносія на різних ділянках системи. Це дозволить більш точно регулювати температуру в різних зонах будинку та забезпечити оптимальний рівень комфорту для кожного споживача.

3. Використання системи моніторингу та діагностики для відслідковування стану обладнання теплового пункту та вчасного виявлення проблем. Це дозволить зменшити час відновлення роботи системи та зменшити витрати на ремонт.

4. Впровадження системи управління витратами енергії для забезпечення ефективного використання теплоенергії та зменшення витрат на опалення будівлі.

5. Встановлення системи автоматичного управління на основі штучного інтелекту для аналізу даних та автоматичного прийняття рішень щодо оптимізації роботи системи.

6. Використання системи резервування для забезпечення безперебійної роботи системи в разі виникнення аварій або відмови обладнання.

7. Встановлення системи моніторингу якості повітря в будівлі та автоматичного контролю рівня вологості для забезпечення оптимальних умов для проживання та роботи в будівлі.

8. Використання енергоефективного обладнання та впровадження систем енергозбереження для зменшення витрат на опалення та підвищення енергоефективності теплових пунктів є одним з головних напрямів подальшої автоматизації.

Для цього можна використовувати сучасні технології автоматизації, такі як системи управління з використанням штучного інтелекту та аналізуданих, що дозволяють оптимізувати роботу системи в режимі реального часу. Також важливим є використання датчиків для вимірювання температури та тиску, які дозволяють забезпечувати оптимальні умови роботи системи та уникнення аварійних ситуацій. Завдяки цьому можливо забезпечити ефективне використання енергії та зменшення втрат тепла.

Окрім того, можна розглянути можливість встановлення сонячних панелей на даху теплового пункту для отримання додаткової енергії з відновлювальних джерел, що допоможе зменшити витрати на опалення.

Нарешті, важливо розробити системи моніторингу та дистанційного управління, що дозволяють операторам здійснювати контроль та управління роботою теплових пунктів з будь-якої точки світу, що забезпечує більш ефективну та зручну роботу системи.

Автоматизація системи опалення, яка підключена до теплової мережі за незалежною схемою, здійснюється за допомогою температурного графіка, так само, як і для системи підготовки теплоносія для калориферів припливних вентиляційних систем або калориферів першого підігріву для

центральних кондиціонерів. У системах з замкненим контуром, що підключені незалежно, необхідно підтримувати постійний заданий тиск, для чого використовують пневмобаки, що розміщуються у тепловому пункті. Кожна система має свій вузол підживлення зі своїм пневмобаком, а деякі системи можуть підживлюватися загальними насосами зі своїм соленоїдним клапаном на лінії підживлення.

У випадку, коли тиск у циркуляційному контурі будь-якої системи знижується, датчик тиску або електроконтактний манометр реагують на це і надсилають сигнал контролеру для відкриття відповідного соленоїдного клапана і запуску робочого підживлювального насоса. При досягненні заданого тиску в системі, соленоїдний клапан закривається, а підживлювальний насос вимикається. Для первинного заповнення систем опалення та вентиляції теплоносієм можуть використовуватися окремі насоси з більшою продуктивністю, ніж підживлювальні.

Для приєднання систем до теплового пункту можна використовуватияк незалежні, так і комбіновані схеми приєднання, що залежать від технологічних розрахунків та зручності експлуатації. Якщо системи вентиляції, включаючи повітряно-теплові завіси, приєднані безпосередньо до теплової мережі, то вони повинні бути підключені через регулятор різниці тиску, незалежно від того, чи вже є такий регулятор на вузлі введення. Такі системи не можуть працювати одночасно, і різниця тиску між ними повинна бути постійною для забезпечення якості регулювання параметрів повітря, якепроходить через них.

Якщо необхідно знизити температуру теплоносія, що подається на опалення, системи вентиляції або будь-які інші системи при залежному їх приєднанні, за допомогою вузла змішування двох середовищ - прямого і зворотного теплоносія, можна використовувати прийоми, зображені на рис. 2.4.

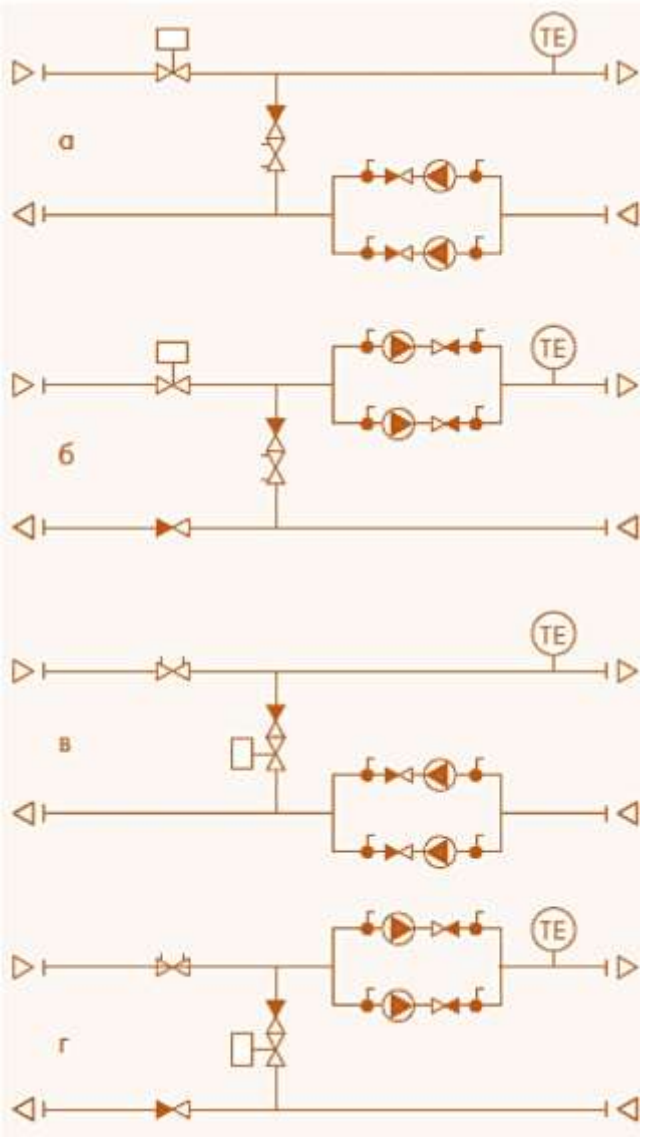


Рис. 2.4. Способи зниження температури теплоносія за допомогою вузла змішування прямого та зворотного теплоносія

По-перше, важливо знати, що розміщення насосів на перемичках між зворотнім і прямим трубопроводами можливе лише тоді, коли не передбачається регулювання чогось і при дотриманні вимог. Це часто не береться до уваги. Крім того, регулюючий клапан, в тому числі триходовий, не можна встановлювати на одній лінії з насосами. Насоси повинні завжди працювати в одній точці витратної характеристики, яка розрахована та налагоджена. Пояснення розташування насоса та регулюючого клапана за допомогою насоса з частотним перетворювачем неправомірне, оскільки такий вузол буде працювати в автоколивальному режимі, де регулюючий

клапан постійно відкриватиметься і закриватиметься, що призведе до зміни витрати, тиску і температури. Також не буде синхронності проходження команд, що призведе до «розгойдування» вузла. Неможливо сказати, в якому разі «розгойдування» відбудеться швидше - з частотним перетворювачемнасоса або без такого.

Крім того, двигун насоса ставиться в дуже невигідні для нього умови. Двигун насоса (та й будь-якого іншого агрегату) має бути навантажений не менше ніж на 60 % своєї номінальної потужності. Будь-який двигун, як правило, захищається від перевантажень тепловим захистом, який повинен бути прогрітий до певної температури, щоб спрацювати при перевантаженні двигуна за час, менше половини мінімального часу, за який двигун виходитьз ладу. Тепловий захист це враховує, якщо двигун навантажений в інтервалі від 60 % до 100 %, якщо двигун недовантажений, він згорить раніше, ніж відпрацює тепловий захист. У вузлі, де послідовно з насосом розміщений регулюючий клапан, може скластися так, що клапан опиниться в значно прикритому стані, тобто двигун насоса виявиться недовантаженим, а в цей час, наприклад, відбудеться обрив однієї з фаз кабелю або у насоса щось заклинить. Двигун вийде з ладу.

При розробці вузлів, де змішуються два середовища - прямий та зворотний теплоносій, необхідно враховувати, яке середовище має бути більшим, а яке меншим. Регулюючий клапан повинен бути встановлений на трубопроводі з меншим теплоносієм, і його витрата повинна бути розрахована відповідно до цього. Балансувальний кран повинен бути встановлений на іншому трубопроводі, де теплоносій більший, і його розмір повинен бути збільшений, щоб компенсувати більшу витрату теплоносія. Якщо насоси встановлені на прямому трубопроводі, то на зворотному трубопроводі необхідно встановити зворотний клапан, щоб уникнути підсмоктування зворотного теплоносія насосами від джерела теплопостачання.

Необхідно використовувати триходові змішувальні (розділові) клапани

дуже обачливо і лише у випадках, коли можна забезпечити стабільний тиск у точці змішування (поділу) двох середовищ всередині клапана, незалежно від положення штока триходового клапана. На рисунку 2.5 показано такий варіант використання триходового клапана.

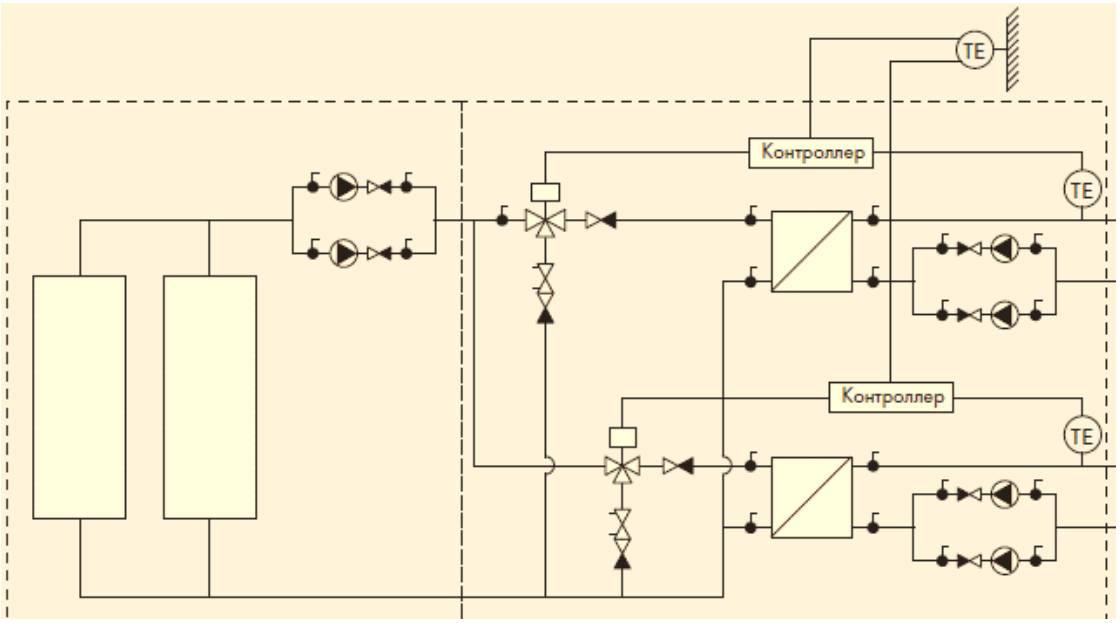


Рис. 2.5. Приклад можливого використання триходових регулюючих клапанів як розділових

Якщо система теплопостачання має залежні приєднання споживачів та вузли змішування, для кожної системи залежності повинна бути своя гілка з вузлом змішування, якщо потрібен такий вузол. Для автоматизації системи управління теплопостачанням, необхідно враховувати обмеження витрати мережевого теплоносія. Застосування регуляторів різниці тиску допомагає забезпечити стабільність опору обладнання теплового пункту по відношеннюдо теплової мережі та обмежити витрату мережевого теплоносія, що надходить в тепловий пункт. Це забезпечує розподіл теплоносія теплової мережі за споживачами розрахунку.

Однак, в таких випадках обмеження, яке забезпечують регулятори різниці тиску, може бути недостатнім. Особливо в зимовий період, коли зовнішня температура повітря може відхилитись від розрахункових значень і знизитись, або температура мережевого теплоносія може знизитись з причин,

не передбачених за температурним графіком. В такому разі, кожен тепловий пункт буде прагнути отримати більше теплоносія з мережі, щоб компенсувати нестачу теплової енергії. Регулюючі клапани відкриватимуться більше, ніж передбачено розрахунковими умовами, щоб збільшити пропуск кількості мережевого теплоносія і знизити величину опору обладнання теплового пункту для теплової мережі. У зв'язку з обмеженістю можливостей теплової мережі, споживачі більшої кількості теплової енергії споживатимуть більше теплоносія за рахунок об'єктів з меншим енергоспоживанням.

У технічних умовах, які ставляться теплопостачальними організаціями та на проєктуванні теплових пунктів, часто зустрічається умова обмеження витрати мережевого теплоносія тільки для систем опалення. Однак це не завжди є правильним. Таке обмеження можливе лише в тому випадку, якщо частка потреби в тепловій енергії для систем опалення значно перевищує частку потреби в тепловій енергії для інших систем теплоспоживання, наприклад, для підігріву гарячої води в системі гарячого водопостачання. Проте існує достатня кількість випадків, особливо в промисловості, де частка теплоспоживання на вентиляцію, на гаряче водопостачання та інші споживачі тепла співмірна або перевищує потребу тепла на опалення.

Якщо частка потреби в тепловій енергії для систем опалення не перевищує частки потреби в тепловій енергії для інших систем теплоспоживання, то обмеження витрати мережевого теплоносія слід застосовувати на вузлі введення теплової мережі в тепловий пункт. Для цього необхідно встановити регулюючий клапан з виконавчим механізмом та два датчики тиску - один на трубопроводі, що подає, після регулюючого клапана, інший - на зворотному трубопроводі. Під час нормальної роботи теплового пункту за командами датчиків тиску підтримується задана різниця тисків. Якщо потрібно обмежити кількість мережевого теплоносія, на регулюючий клапан на вузлі введення через контролер подається команда від вузла обліку теплової енергії на заборону переміщення регулюючого клапана за командами датчиків тиску та встановлення його на пропуск максимально

допустимої кількості теплоносія з теплової мережі, яке встановлено технічними умовами. Розподіл мережевого теплоносія між системами теплового пункту при обмеженні витрати залежатиме від динаміки систем, оскільки в цьому випадку системи можуть вийти із зон регулювання.

На рис. 2.6, зображено схему для однозонних теплових пунктів.

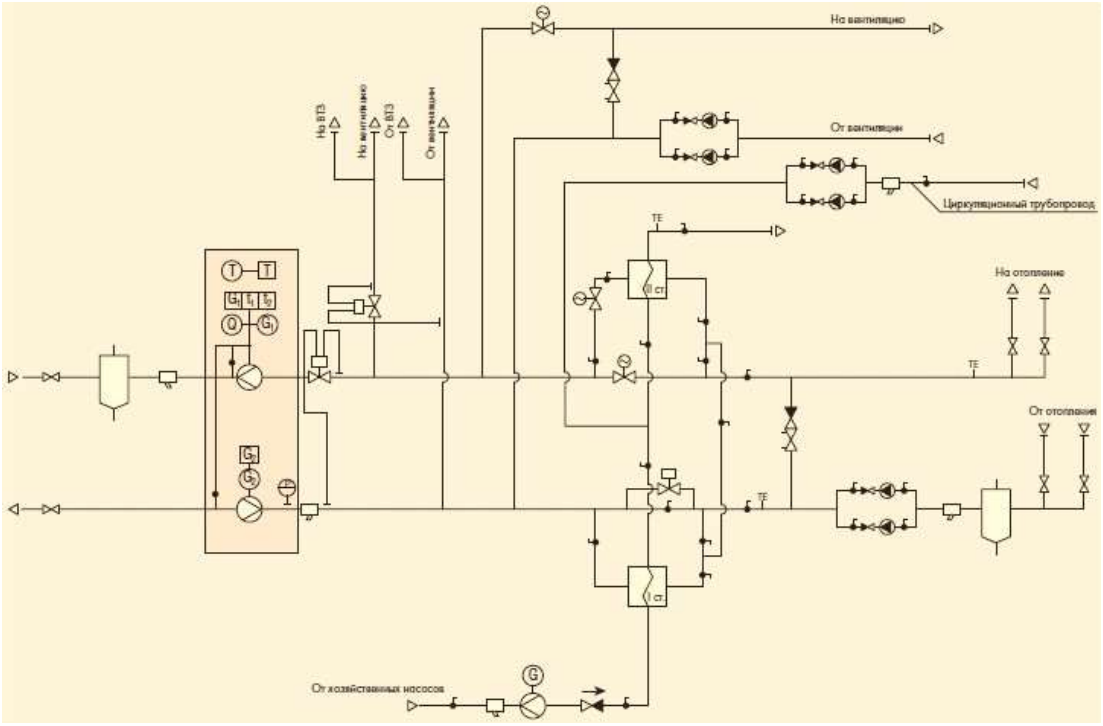


Рис.2.6. Схема однозонних теплових пунктів

Під час створення «Правил проєктування теплових пунктів» не було необхідності включення в них вимог та рішень, щодо багатозонних систем, але згадується про урахування гідравлічних навантажень. Автоматизація систем з кількома зонами не відрізняється від систем з однією зоною, окрім того, що розділені на зони системи мають бути абсолютно автономні. Зона системи визначається за різницею тисків між нижньою та верхньою позначкою зони, і не повинна перевищувати 6 кг/м^2, щоб уникнути поломок сантехнічних пристроїв. Зонування дозволяє рівномірно підтримувати параметри систем обох зон, а також потрібно враховувати характеристики насосів. Зазвичай зону визначають по необхідному тиску в системі гарячого і холодного водопостачання. Враховуючи, що з кранів системи холодного та гарячого водопостачання вода повинна текти під певним тиском, це

враховано. Тобто житловий будинок до 17 поверхів – це одна зона, вище 17 поверхів до 34 поверхів – друга зона і так далі. Але якщо будівля, наприклад, має 22 поверхи, то її слід ділити на зони через кожні 11 поверхів. Це дозволяє підтримувати параметри систем в обох зонах рівномірно.

При автоматизацію теплових пунктів було приділено значну увагу технологічній частині через те, що при проєктуванні дуже рідко можна використовувати одну групу циркуляційних насосів, що були підібрані для максимального тиску в одній зоні, для інших зон за допомогою компенсаторів тиску або регуляторів різниці тисків. Це неприпустимо, оскільки це призводить до аварійних ситуацій, в яких жодна автоматика не зможе допомогти.

Під час проєктування систем, зазвичай застосовуються групи насосів, які працюють паралельно на загальному трубопроводі з одним або декількома насосами працюючими відразу, або з одним резервним насосом. Однак, у разі відмови будь-якого робочого насоса, необхідно дуже обережно включати резервний насос, оскільки тиск у системі буде відповідати тиску, який створюється одним насосом. Якщо паралельно працюють кілька насосів, витрата рідини збільшується, тому при відмові одного з насосів тиск не зміниться, але витрата рідини зменшиться. Відтак, резервний насос необхідно включати швидко за сигналом «аварія» та відключати його, якщо він необхідний.

Щоб відключити насос, що відмовив, і включити резервний з використанням датчика тиску для зниження тиску в системі, не потрібно різко збільшувати потребу в рідині, що перекачується, що зазвичай неможливо. Існує кілька способів ввести резервний насос у роботу, коли будь-який робітник з групи насосів, що працюють паралельно на загальний трубопровід, відмовляє. Перший спосіб - увімкнення резервного насоса для контролю витрат рідини за кожним насосом, але цей метод громіздкий та дорогий. Другий спосіб - увімкнення резервного насоса з контролюванням посилення крутного моменту на валу двигуна насоса. Деякі організації

використовують цей метод для введення резервного насоса в роботу. Третій спосіб - увімкнення резервного насоса з контролюванням струму навантаження двигуна. Після запуску, у будь-якій фазі роботи, на схемі підключається реле струму, яке має контакт, що розмикається приблизно на рівні від 0,4 до 1 нОм для підключення двигуна в заміну датчику тиску або різниці тисків. При нормальній роботі насоса, контакт реле струму залишається відкритим.

У випадку відмови насоса, яка може спричинити роботу двигуна на холостому ходу, такою як відламання крильчастої підшипника, зрізання пальців на з'єднувальній муфті, реле струму замкнеться, що спричинить команду на відключення насоса. Цей метод є надійним і зручним, оскільки весь процес управління відбувається в щиті управління, і не потрібно прокладати контрольні кабелі до апаратури, встановленої на трубопроводах у зоні насосів. Цей метод є особливо зручним для груп насосів, оскільки їхнє управління зосереджено в одному місці.

Сьогодні випускаються безповоротно-запірні зворотні клапани, які залишаються в закритому стані без нерегульованого пропуску при відмові насоса. У порівнянні зі звичайними зворотними клапанами, які захлинаються, захищаючи насос від гідравлічного удару, безповоротні клапани не викликають змін тиску за насосом, що відмовив, тому що вони не відкриваються для ежекції. Це означає, що при встановленні датчика тиску або різниці тиску на напірному трубопроводі після насоса, можна використовувати команду від датчика для включення резервного насоса, якщо в проєкті передбачено використання безповоротно-запірного зворотного клапана відповідного діаметру умовного проходу.

Для автоматизації системи управління тепловим пунктом необхідно передбачити можливість автоматичного резервування насосів, що дозволить рівномірно розподіляти навантаження між ними та забезпечити їх однакове зношення. Для цього необхідно налаштувати систему таким чином, щоб при відмові робочого насоса, резервний насос автоматично включався і став

робочим. Крім того, при розробці систем теплового пункту необхідно враховувати реальне навантаження, яке вводиться в експлуатацію, і розробляти системи саме для цієї частини навантаження. Для навантаження, яке буде вводитися пізніше, буде потрібно окремий розрахунок та окреме обладнання.

Щоб автоматизувати систему управління тепловим пунктом, необхідно враховувати можливість невідповідності реального теплового навантаження можливостям обладнання. Це може призвести до аварійних ситуацій, тому якщо передбачається значний часовий інтервал між введенням в експлуатацію різних теплових навантажень, краще встановлювати індивідуальні теплові пункти в кожній будівлі або споруді. Раніше використовували центральні теплові пункти для групи будівель та споруд, але у такому випадку виникає ризик нестачі потужності і неможливості забезпечити відповідне теплове навантаження для всіх індивідуальнихтеплових пунктів, розміщених у будівлях та спорудах. Тому рекомендується передбачати окремі теплові пункти для кожної будівлі або споруди.

Для автоматизації системи управління тепловим пунктом можна сформулювати наступне: відбулися зміни у статусі теплових пунктів. Центральні теплові пункти залишаються центральними, але тепер існують індивідуальні теплові пункти, які за технічними параметрами не відрізняються від центральних, але зазвичай призначені для однієї будівлі. Теплові вузли для розподілу теплоносія і гарячої води залишаються, але їх необхідно називати тепловими вузлами, а не індивідуальними тепловими пунктами. Оновлена система управління тепловим пунктом повинна враховувати ці зміни у статусі теплових пунктів та забезпечити автоматичне регулювання параметрів з урахуванням особливостей роботи індивідуальних теплових пунктів.

РОЗДІЛ 3
РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ

3.1. Розробка проєкту на основі Інтернету речей (IoT)

Розробка автоматизованих систем теплових пунктів на основі Інтернету речей може бути виконана різними способами, в залежності від потреб і вимог проєкту. Основні способи включають розробку з використанням готових IoT-платформ, самостійну розробку програмного забезпечення та розробку на основі хмарних технологій.

Якщо проєкт вимагає швидкої реалізації і включає в себе стандартні функції, то можна використати готові IoT-платформи, такі як Amazon Web Services IoT, Microsoft Azure IoT, Google Cloud IoT тощо. Ці платформи мають вбудовані інструменти для збору даних, забезпечення безпеки, аналізу даних та багато іншого. Використання таких платформ може значно зменшити час і кошти на розробку та впровадження проєкту.

Якщо проєкт вимагає налаштування специфічних функцій та інтеграцію з іншими системами, можна розглянути самостійну розробку програмного забезпечення на основі мікроконтролерів та датчиків, таких як Arduino, Raspberry Pi тощо. Цей підхід дає більше контролю над системою та можливість налаштування за потребою.

Хмарні технології можуть бути використані для збору та аналізу даних, а також для забезпечення безпеки даних. У цьому випадку можна використовувати готові хмарні платформи, такі як AWS, Azure, Google Cloud тощо, або створювати власний хмарний сервіс для проєкту.

При виборі способу розробки необхідно враховувати потреби проєкту, доступність ресурсів та експертизу команди розробників.

План реалізації складається з декількох етапів, включаючи:

- проведення аналізу термінів та принципів функціонування теплових

пунктів;

- вивчення концепції та принципів роботи IoT технологій;
- поєднання ідей автоматизації та IoT технологій;
- розроблення схеми взаємодії;
- створення програмного забезпечення.

Проєкт включає в себе такі елементи як:

- інструментарій для проектування електронних пристроїв Arduino, який включає як апаратну, так і програмну частини;
- датчик термобарометра;
- модуль GSM.

План реалізації проєкту автоматизованих систем теплових пунктів на основі Інтернету речей (IoT) можна розширити на наступні етапи:

✓ Розроблення технічного завдання на створення системи автоматизованих теплових пунктів на основі IoT з урахуванням специфіки конкретного об’єкту.

✓ Розроблення дизайну корпусу системи теплових пунктів, який буде відповідати вимогам безпеки та надійності.

✓ Розроблення програмного забезпечення для збору та обробки даних від датчиків температури та тиску, що встановлені в системі.

✓ Розроблення програмного забезпечення для збору та відправлення даних про стан системи на сервер для подальшого аналізу та моніторингу.

✓ Тестування та налагодження системи в реальних умовах, що дозволить виявити можливі недоліки та проблеми та внести необхідні зміни.

Для реалізації проєкту можна також використати наступне обладнання та програмне забезпечення:

- Raspberry Pi, який може використовуватись як сервер для збору та обробки даних, а також для керування системою теплових пунктів.
- Wi-Fi модуль для забезпечення бездротового зв’язку між системою теплових пунктів та сервером.

- Веб-інтерфейс для зручного керування системою теплових пунктів та моніторингу її стану з будь-якого пристрою з доступом до Інтернету.

Система зберігання даних, яка дозволить зберігати дані про стан системи теплових пунктів на довготривалий період часу для подальшого аналізу та виявлення тенденцій.

Загалом, розробка проєкту автоматизованих систем теплових пунктів на основі IoT потребує детального аналізу технічних та організаційних вимог до системи. Для цього можна провести дослідження ринку, визначити основних гравців та їхні технологічні рішення в цій сфері. Також потрібно вивчити технічні характеристики теплових пунктів та їхніх компонентів, а також зрозуміти принципи їх роботи.

Далі, необхідно проаналізувати можливості використання IoT для автоматизації теплових пунктів та розробити концепцію взаємодії між цими двома технологіями. Також варто розглянути питання безпеки та захисту від несанкціонованого доступу до системи.

Для розробки проєкту можна використовувати спеціалізовані інструменти для проєктування електронних пристроїв, такі як Arduino, які дозволяють забезпечити необхідний рівень функціональності системи.

Для забезпечення збору та передачі даних можна використовувати датчики температури, тиску, вологості, а також модуль GSM для передачі даних на сервер.

В цілому, розробка проєкту автоматизованих систем теплових пунктів на основі IoT є складним та багатоетапним процесом, який потребує злагодженної роботи команди професіоналів з різних галузей. Однак, при правильному виконанні, вона може допомогти покращити ефективність та знизити витрати на управління тепловими пунктами.

3.2. Побудова проекту на платформі Arduino

Arduino - це відкрита апаратна платформа з мікроконтролером та набором вхідно-вихідних портів, яку можна використовувати для створення різноманітних електронних пристроїв, включаючи IoT-проєкти.

Arduino проста у використанні та програмуванні, що дозволяє швидко створювати прототипи нових пристроїв та тестувати їх різні функції. На додаток до стандартних входів та виходів, Arduino також підтримує підключення додаткових сенсорів та модулів, таких як модуль GSM, GPS, Wi-Fi, Bluetooth тощо.

Arduino може бути використаний в різних проєктах, включаючи контроль систем опалення, світла, аудіо та відео, та багато інших. В цілому, Arduino дозволяє зробити електронну розробку доступною та легкою для розуміння, що сприяє швидкому створенню та тестуванню різноманітнихпрототипів.

Проєкти, що базуються на Arduino, можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп’ютері. Arduino доступний як готова до використання плата або в формі збірного набору. Також існує середовище розробки програм з відкритим текстом, доступне для безкоштовного скачування.

Мова програмування Arduino базується на Wiring - платформі для «physical computing», яка використовує мультимедійне середовище програмування Processing. На ринку існує безліч мікроконтролерів таплатформ для «physical computing», таких як Parallax Basic Stamp, Netmedia’s BX-24, Phidgets, MIT’s Handyboard та інші, які надають подібну функціональність. Всі ці пристрої мають розрізнену інформацію про програмування та її просте у використанні збирання. Але Arduino має кілька переваг перед іншими пристроями, зокрема для викладачів, студентів та аматорів (табл.3.1):

Таблиця 3.1

Переваги ПЗ Arduino

Переваги	Опис
Простота використання	Arduino має просте та зрозуміле середовище розробки програмного забезпечення, що дозволяє навіть початківцям швидко зрозуміти, як ним користуватись.
Відкритість та безкоштовність	Arduino має відкритий вихідний код та безкоштовне програмне забезпечення, що дозволяє користувачам модифікувати його за потреби та безкоштовно використовувати.
Велика спільнота користувачів та розробників	Arduino має велику та активну спільноту користувачів та розробників, яка надає підтримку та допомогу в розв'язанні проблем та розробці проєктів.
Можливості розширення та модифікації	Arduino можна легко модифікувати та розширювати з використанням додаткових модулів, що дозволяє створювати проєкти зі складними функціональними можливостями.
Широкі можливості застосування	Arduino можна використовувати для створення різноманітних електронних пристроїв, від простих до складних, включаючи системи автоматизації, IoT пристрої та інше.
Наявність готових бібліотек та прикладних кодів	Arduino має велику кількість готових бібліотек та прикладних кодів для різних датчиків та пристроїв, що значно спрощує розробку проєктів та зменшує час їх розробки.

З таблиці з описом переваг ПЗ Arduino можна зробити висновок, що ця платформа має дуже багато переваг. Наприклад, вона є доступною та простою у використанні, має відкритий код, що дозволяє користувачам модифікувати програмне забезпечення, підтримує широкий спектр датчиків та пристроїв виконавчого механізму, а також має велику спільноту користувачів та розробників, яка надає підтримку та поради.

Мова програмування Arduino може бути доповнена бібліотеками C++ або переведена на мову AVR C. Крім того, апаратні засоби Arduino, такі як мікроконтролери ATMEGA8 та ATMEGA168, мають відкриті принципові схеми, що дозволяє досвідченим інженерам розширювати та доповнювати їх. Навіть звичайні користувачі можуть створювати власні дослідні зразки за допомогою Arduino з метою економії коштів та розуміння роботи.

На рис. 3.1 зображено стартовий набір розробки на Arduino.

Стартовий набір розробки на Arduino - це набір компонентів, які

дозволяють початківцям вивчати та експериментувати з платформою Arduino.

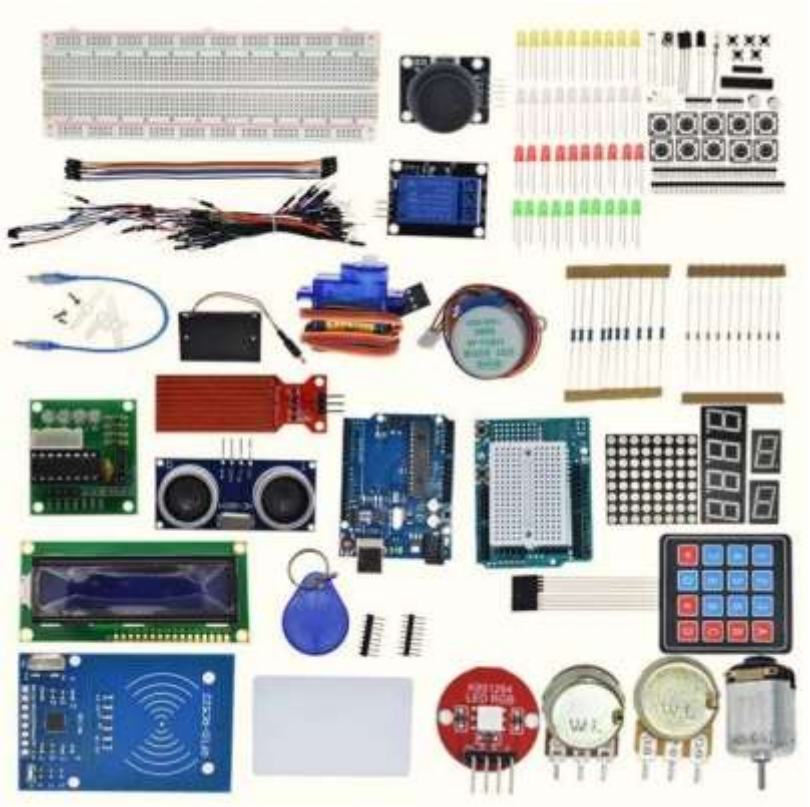


Рис.3.1. Стартовий набір розробки на Arduino

Стартовий набір розробки на Arduino включає в себе плату Arduino, деякі електронні компоненти (наприклад, світлодіоди, резистори, сенсори тощо), кабелі та документацію. За допомогою стартового набору користувач може навчитися програмувати різні функції та підключати різні сенсори та пристрої до своєї Arduino-плати. Стартовий набір є відмінним вибором для початківців, які хочуть швидко вивчити Arduino та створити свої власні проєкти.

Датчик термобарометр

Датчик термобарометр - це пристрій, який вимірює температуру та атмосферний тиск. Він є незамінним елементом для метеорологічних досліджень, а також застосовується в авіації, метеостанціях, барометрах та інших пристроях. Датчик термобарометр може бути підключений до платформи Arduino, що дозволяє отримувати дані про температуру та тиск в режимі реального часу. Це дозволяє створювати різноманітні додатки, такі як

метеостанції, клімат-контроль, авіаційні прилади та інші. Використання датчика термобарометра з Arduino є простим та ефективним способом для вимірювання температури та тиску в реальному часі.

Термобарометри використовуються для вимірювання тиску та температури в системах управління тепловими пунктами. Деякі з видів термобарометрів для автоматизації таких систем:

1. Термометричний термобарометр - вимірює температуру та тиск із застосуванням термометричного датчика.
2. Конденсатний термобарометр - використовується для вимірюваннярівня конденсату в системі опалення.
3. Радіочастотний термобарометр - забезпечує бездротове передавання даних про тиск та температуру з місця вимірювання до системи управління.
4. Мембранний термобарометр - має мембрану, яка реагує на зміну тискута передає відповідний сигнал датчику температури.
5. Ємнісний термобарометр - заснований на зміні електричної ємностіпри зміні тиску.

GSM-модуль

GSM-модуль (Global System for Mobile Communications) - це електронний пристрій, що дозволяє передавати та отримувати дані через мобільну мережу з використанням стандарту GSM. В основному використовується для забезпечення бездротового зв’язку між пристроями та сервером, дистанційного управління та моніторингу різних процесів. Даний пристрій може використовуватись у сфері автоматизації, в телефонних системах та інших технічних пристроях. Для роботи з GSM-модулем необхідна CIM-карта, яка забезпечує доступ до мобільної мережі.

GSM-модуль може бути використаний для автоматизації системи управління тепловими пунктами шляхом віддаленого керування та моніторингу. Модуль забезпечує можливість відправки та отримання SMS-повідомлень, а також голосового зв’язку з контролером управління. Завдяки цьому можна отримати інформацію про стан системи, змінювати режими

роботи, а також відправляти повідомлення про аварійні ситуації. Деякі модулі мають також можливість передачі даних через GPRS або 3G зв’язок, що дозволяє віддалено отримувати детальну інформацію про роботу системи у режимі реального часу.

Один з найзручніших способів керування за допомогою мобільного додатка. Зручний графічний інтерфейс дозволяє керувати пристроєм з планшета або смартфона з доступом до інтернету з будь-якої точки світу (рис.3.2.).

Рис. 3.2. GSM-модуль

За основу проєкту, взято GSM/GPRS модуль NEOWAY M590E представлений на рис. 3.3.

Рис. 3.3. GSM/GPRS-модуль NEOWAY M590E

Цей датчик був обраний через його просте підключення до плати Arduino, доступну ціну та підтримку мереж 900M-1800M GSM діапазону. Однак, головним недоліком для нашого проекту є висока енергоспоживання цього модуля, яке становить 128 мА. Така проблема є загальною для GSM- модулів.

3.3. Розробка структури автоматизованого датчику

Розробка структури автоматизованого датчика передбачає створення фізичної системи, що складається з різних компонентів. У даному випадку, структура датчика повинна включати в себе термобарометр, GSM-модуль та Arduino-плату.

Основним завданням розробки є забезпечення максимально точного вимірювання температури та тиску у тепловому пункті, а також передача цих даних на віддалений сервер за допомогою GSM-модуля.

Для цього необхідно правильно підключити та налаштувати кожен компонент системи, а також забезпечити їх взаємодію. Arduino-плата

повинна виконувати роль основного контролера, зчитувати дані з термобарометра та передавати їх на GSM-модуль. GSM-модуль в свою чергу повинен мати належні настройки та виконувати передачу даних на сервер.

Окрім цього, структура датчика повинна бути забезпечена відповідним живленням, щоб забезпечити стабільну та надійну роботу всіх компонентів.

До датчика, приєднується плата Arduino з програмним забезпеченням, яке зчитує показники датчика. На рис 3.4 зображена схема підключення до Arduino.

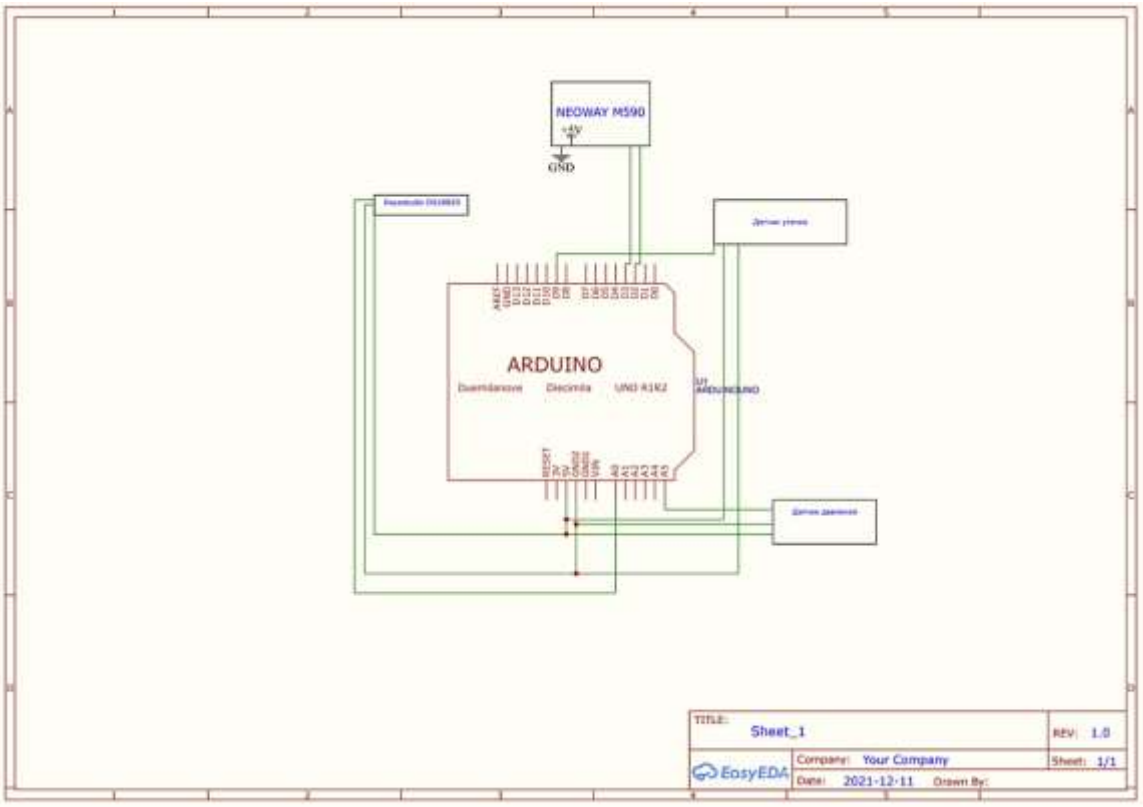


Рис. 3.4. Схема підключення до плати Arduino

Крім того, до плати буде підключено GSM-модуль, який буде керуватися платою. Плата, яка зчитує показники датчиків, буде продовжувати збирати дані у певний часовий інтервал або (в залежності від умов, описаних у програмному забезпеченні) збирати інформацію та надсилати її диспетчеру у формі СМС на певний номер завдяки GSM- модулю. На робочому місці диспетчера буде плата Arduino, яка буде підключена до ПК з іншою прошивкою. Ця прошивка

прийматиме СМС, зчитуватиме їх, формуватиме файл та сповіщатиме про помилки через програмне забезпечення на ПК.

Java - це високорівнева мова програмування, що дозволяє створювати складні програми зі складною логікою. Java також має багато інструментів для роботи з мережами та базами даних, що дозволяє ефективно взаємодіяти з різними пристроями та зберігати дані.

Для автоматизації системи управління тепловими пунктами Java може використовуватись для розробки програмного забезпечення, яке дозволяє зчитувати дані з датчиків, відправляти дані на сервер, а також отримувати команди з сервера для керування обладнанням. Java також може бути використана для створення веб-інтерфейсу, який дозволяє віддалено керувати системою.

Одним з головних переваг Java для автоматизації систем управління тепловими пунктами є те, що Java-програми можуть працювати на різних платформах, включаючи Windows, Linux та Mac OS. Це дозволяє зменшити залежність від певної операційної системи та забезпечити максимальну сумісність. Крім того, Java має багатий набір бібліотек та інструментів, які дозволяють ефективно створювати складні програми зі складною логікою та багатошаровою архітектурою.

Однією з головних переваг Java для автоматизації системи управління тепловими пунктами є його багатопотоковість та масштабованість. Завдяки цьому, можна створювати програми, які обробляють багато запитів одночасно, що важливо для системи управління теплопостачанням, де велика кількість датчиків має постійно передавати дані.

Крім того, Java має велику кількість бібліотек та фреймворків для розробки веб-додатків, що дає можливість створювати веб-інтерфейс для системи управління теплопостачанням. Це дозволить операторам зручно керувати системою та здійснювати необхідні налаштування через браузер.

Крім того, Java має вбудовану підтримку для роботи з базами даних, що

дозволяє легко зберігати та обробляти дані в системі управління теплопостачанням.

Також, Java має велику спільноту розробників, що дозволяє швидко знайти відповіді на питання та отримати підтримку в разі потреби.

Отже, використання Java для автоматизації системи управління тепловими пунктами є дуже перспективним варіантом, оскільки мова програмування має багато переваг для розробки системи, що потребує великої кількості даних та потоків обробки.

3.4. Збирання проєкту

Apache Maven - це інструмент для збирання, управління та конфігурування проєктів розробки програмного забезпечення на Java. Він дозволяє ефективно управляти залежностями проєкту та автоматично збирати, тестувати та розгортати програмне забезпечення.

Maven забезпечує стандартизовану структуру проєкту, що полегшує його розробку та підтримку. Він дозволяє зручно додавати залежності проєкту з централізованих репозиторіїв та контролювати їх версії. Maven автоматично генерує документацію проєкту на основі коментарів у коді, що забезпечує зрозумілість та легкість використання коду.

У контексті автоматизації системи управління тепловими пунктами, Maven може бути використаний для збору та керування залежностями необхідними для розробки програмного забезпечення для платформи Arduino, а також для створення та оновлення документації проєкту. Використання Maven дозволяє зменшити час розробки та забезпечити більшу стабільність та надійність програмного забезпечення.

Maven є потужним інструментом для автоматизації збірки та управління залежностями проєкту розробки. Він дозволяє легко керувати процесом збірки, включаючи управління залежностями, компіляцію,

тестування та розгортання.

Один з головних принципів Maven - це конфігурація проєкту за допомогою файлу pom.xml (Project Object Model). Цей файл містить інформацію про проєкт, таку як назва, версія, залежності та плагіни. Завдяки цьому файлу можна з легкістю відновити проєкт на іншій машині, а також створювати більш складні залежності та налаштування проєкту.

Приклад підключення зовнішніх бібліотек в файлі .pom зображений на рис. 3.5.

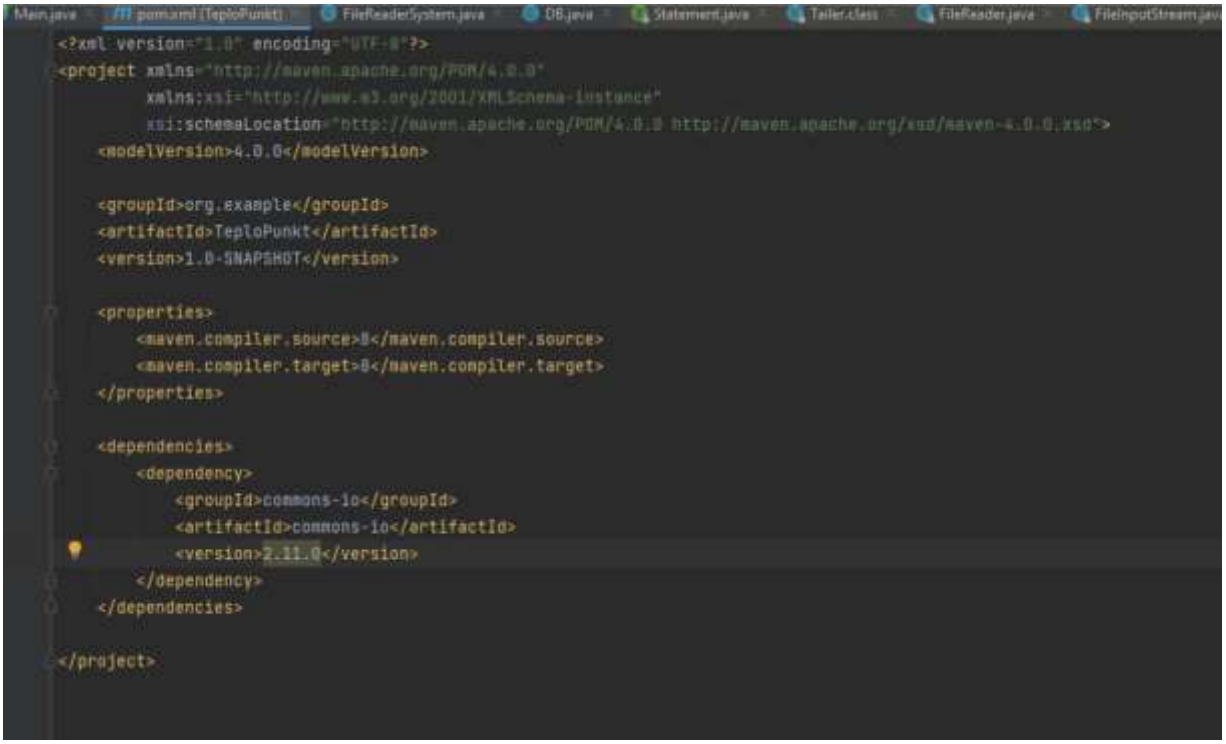


Рис. 3.5. Підключення залежностей в pom файлі

Загалом, Maven дозволяє автоматизувати багато аспектів розробки проєкту, зменшити кількість ручної роботи, забезпечити стабільність та надійність проєкту. Тому використання Maven в проєкті з автоматизації системи управління тепловими пунктами є дуже рекомендованим.

3.5. Створення алгоритму програмного забезпечення

Створення алгоритму програмного забезпечення для автоматизації системи управління тепловими пунктами - це складний процес, який включає в себе розробку програмного забезпечення для зчитування даних з датчиків температури та тиску, керування обладнанням, що забезпечує теплопостачання, та збереження даних про стан системи.

Алгоритм програмного забезпечення повинен бути зручним у використанні та мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів. Він повинен забезпечувати автоматичне зчитування даних з датчиків та керування обладнанням відповідно до заданих параметрів, що забезпечують ефективну роботу системи.

Крім того, алгоритм програмного забезпечення повинен забезпечувати можливість моніторингу та аналізу даних про стан системи, що дозволить вчасно виявляти та усувати можливі проблеми. Він також повинен забезпечувати можливість налаштування режимів роботи системи відповідно до потреб користувачів та забезпечувати захист від можливих вторгнень та зломів.

У процесі розробки алгоритму програмного забезпечення важливо дотримуватися сучасних технологій та стандартів, що дозволить забезпечити високу якість та надійність системи.

Створимо алгоритм роботи програмного забезпечення (додаток А).

Алгоритм програмного забезпечення, розроблений для автоматизації системи управління тепловими пунктами, працює відповідно до послідовної концепції роботи, яка передбачає наступні етапи: датчик зчитує показники з труби, і якщо дані в межах норми, то датчик продовжує зчитувати дані; якщо ж дані виходять за межі норми, вони записуються і відправляються на «сервер» за допомогою GSM-модуля. На «сервері» отримане повідомлення зчитується та записується у файл. Цей файл оброблюється «сервісом», після чого дані заносяться до бази даних.

Створений алгоритм для автоматизованої системи є універсальним

підходом, за яким можна реалізувати автоматизацію на основі різних видів контролерів. Мікроконтролери - це електронно-обчислювальні пристрої, які керують об’єктами та подіями. Вони складаються з процесора, оперативної пам’яті, ПЗП, портів введення-виведення для підключення програмованих пристроїв, контролерів для різних інтерфейсів, таймерів для фіксації числа командних циклів тощо. Будова мікроконтролерів забезпечує їхню високу швидкодію для виконання однієї або кількох подібних задач.

Під час ініціалізації початкових даних визначаються ключові базові дані, необхідні для наступних підсистем. Ці дані можуть включати допустимі межі похибки, діапазони вимірювань параметрів системи теплопостачання, логіни, паролі та імена серверів баз даних.

Наприклад, у додатку Б зображено загальний алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю параметрів теплопостачання на етапі ініціалізації початкових даних.

Наступним етапом є процес опитування датчиків. Під час цього процесу система фіксує зміни параметрів досліджуваного середовища, які отримує від первинних перетворювачів. Цифрові дані перетворюються у системі для подальшого аналізу, і для коректного відображення виміряних значень параметрів необхідні дані попередніх вимірювань для виявлення різниці між попередніми та поточними даними.

Алгоритм підсистеми опитування датчиків представлений у додатку В.

Після ініціалізації початкових даних наступним етапом є опитування датчиків. Цей процес включає фіксацію змін параметрів досліджуваного середовища за допомогою первинних перетворювачів. При отриманні електричних сигналів від вимірювальних перетворювачів та їх перетворенні в цифровий вигляд, система використовує дані попередніх вимірювань для виявлення різниць між попередніми та поточними даними і коректного відображення виміряних значень параметрів (додаток Г).

Java мову обрали для створення програмного забезпечення. Починаючи з підключення необхідних додатків за допомогою файлу pom.xml та їх збирання з сайту mvnrepository.com, який є базою даних всіх наявних бібліотек, що підтримуються Maven збирачем. Після успішного підключення залежностей, створюється файл Main.class, який є точкою входу до програми (рис. 3.6).

```
import java.io.FileNotFoundException;
import java.sql.SQLException;

public class Main {

    private static DB dataBase;
    private static FileReaderSystem fileReaderSystem;

    public static void main(String[] args) throws FileNotFoundException, SQLException {
        dataBase.connectionON();
        dataBase.checkExistDataBase();
        fileReaderSystem.listener();
    }
}
```

Рис. 3.6. Точка входу до програми

На представленому зображенні є дві змінні – database (типу DB) та fileReaderSystem (типу FileReaderSystem), які надалі будуть використовуватись для виклику основних методів відповідних класів. В класі DB реалізується зв’язування Java коду з базою даних, і перші методи цього класу відповідають за підключення до та відключення від бази, як зображено на рис. 3.7.

Для досягнення зв’язку з сервером бази даних ми використовуємо стандартну бібліотеку Java – java.sql. Наш локальний IP виступає як шлях до сервера та вказується у форматі «localhost», щоб запобігти можливим падінням бази даних через системні налаштування дати та часу. Також вказується часовий пояс. Ми також вказуємо користувача та пароль для входу в базу даних та подальшої роботи з нею.

```
Connection connect;

public void connectionON() {
    Connection connectivity = null;
    try {
        String url = "jdbc:mysql://localhost/store?serverTimezone=Europe/Kyiv&useSSL=false";
        String username = "root";
        String password = "admin";
        Class.forName("com.mysql.cj.jdbc.Driver").getDeclaredConstructor().newInstance();
        try (Connection conn = DriverManager.getConnection(url, username, password)) {
            System.out.println("Success");
            connectivity = conn;
        }
    } catch (Exception ex) {
        System.out.println(ex + "Failed");
    }
    connect = connectivity;
}

public void connectionOFF(Connection conn) throws SQLException {
    conn.close();
}
```

Рис. 3.7. Метод, який реалізовує відкриття/закриття з’єднання до серверу

У класі Main викликається метод dataBase.checkExistDataBase(), синтаксис якого представлений на рисунку 3.8. Цей метод слугує для перевірки наявності на сервері потрібної бази даних з певною назвою.

```
public void checkExistDataBase() throws SQLException {
    Statement statement = connect.createStatement();
    ResultSet rs = statement.executeQuery( sql: "SELECT 1 FROM information_schema.tables WHERE table_name=meterReadings");

    if(rs.getString( columnIndex: 1).equals("false")){
        createTable();
    }
}
```

Рис. 3.8. Синтаксис метода перевірки існування бази даних

В методі dataBase.checkExistDataBase() ми використовуємо ключ доступу, щоб створити об’єкт класу Statement, який дозволяє взаємодіяти з базою даних. Об’єкт класу ResultSet є контейнером для зберігання відповіді сервера на запит, який ми робимо за допомогою методу executeQuery, щоб перевірити наявність потрібної бази даних. Якщо відповідь повертається true,то база існує і метод не виконує жодних дій. Якщо відповідь повертається false, ми викликаємо метод створення бази даних, синтаксис якого наведено

на рис. 3.9.

```
public void createTable() throws SQLException {
    String createTable = "CREATE TABLE meterReadings (SensorID INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT, Temperature INT, Pressure INT)";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(createTable);
}
```

Рис. 3.9. Синтаксис створення бази даних

У цій частині програми ми взаємодіємо з базою даних, надсилаючи запит на її створення. Після цього, в класі Main ми викликаємо метод fileReaderSystem.listener(), який починає виконання основного коду програми.

На рис. 3.10. зображено синтаксис метода listener().

```
public void listener() throws FileNotFoundException, SQLException {
    TailerListener listener = new FileReaderListener();
    File file = new File( pathname: "C://SomeDir//file.txt");

    Tailer tailer = new Tailer(file, listener,  delayMillis: 1000);
    tailer.run();

    try {
        Thread.sleep( millis: 10000); // 10 secs
        if (file.canRead()) {
            writeNewData(read());
            file.delete();
        }
    } catch (InterruptedException ex) {
        Thread.currentThread().interrupt();
    }
}
```

Рис. 3.10. Тіло методу listener()

У методі listener ми використовуємо бібліотеку Tailer, яку ми встановили раніше за допомогою засобу збирання Maven. Ця бібліотека дозволяє нам «слухати» директорію, яку ми вказали через об’єкт класу File.

У нашому випадку ми стежимо за появою файлу file.txt, а не просто за директорією. Метод працює в циклі, що повторюється кожні 10 секунд, доки програма не буде вимкнена. Коли метод виявляє потрібний файл, він викликає метод writeNewData з класу DB, який є розширенням класу FileReaderSystem. Спочатку метод read() з класу FileReaderSystem оброблює дані, після чого передає їх у метод writeNewData відповідно до синтаксису Java.

Синтаксис методу read(), представлений на рис. 3.11., звертається до необхідного файлу, який виявили раніше.

```
public ArrayList<String> read() throws FileNotFoundException {
    FileReader fileReader = new FileReader( fileName: "C://SomeDir//file.txt");
    String textFromFile = "";

    BufferedReader br = new BufferedReader(fileReader);
    try {
        StringBuilder sb = new StringBuilder();
        String line = br.readLine();

        while (line != null) {
            sb.append(line);
            sb.append(System.lineSeparator());
            line = br.readLine();
        }
        textFromFile = sb.toString();
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    return collectDataForDB(textFromFile);
}
```

Рис. 3.11. Тіло методу read()

У цьому методі ми спочатку зчитуємо отримані дані, а потім формуємо з них рядок певного формату для зручності подальшої роботи. Далі ми передаємо цей рядок в метод collectDataForDB(), який приймає дані у вигляді рядка (String), який синтаксис представлений на рисунку 3.12. Варто звернути увагу на те, що метод read() повертає список даних у вигляді рядків

типу String, при цьому не отримуючи жодних параметрів. Це має пояснення, яке стає зрозумілим при детальному аналізі методу collectDataForDB.

```
public ArrayList<String> collectDataForDB(String text) {

    String id = "";
    String temperature = "";
    String pressure = "";

    Scanner scanner = new Scanner(text);
    scanner.useDelimiter(",");
    while (scanner.hasNext()) {
        String qb = "," + scanner.next();
        if (qb.substring(0).equals("N")) {
            id = qb.substring(5);
        } else if (qb.substring(0).equals("P")) {
            pressure = qb.substring(9);
        } else if (qb.substring(0).equals("T")) {
            temperature = qb.substring(13);
        }
    }

    ArrayList<String> arr = new ArrayList<String>();
    arr.add(id);
    arr.add(temperature);
    arr.add(pressure);
    return arr;
}
```

Рис. 3.12. Синтаксис методу collectDataForDB

З назви методу можна зрозуміти, що його головна мета полягає у розбитті отриманого рядка на окремі символи та заповненні даних у відповідні комірки. Для цього використовується умовний оператор та цикл, що допомагають формувати значення для кожної комірки. Після заповнення даних у відповідному порядку, вони заносяться у список та повертаються у

такому вигляді, що його також повертає метод read. Після виконання методу read з даними, ми переходимо до методу writeNewData, який зображений на рис. 3.13.

```
public void writeNewData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    Statement statement = connect.createStatement();
    ResultSet rs = statement.executeQuery( sql: "SELECT * FROM meterReadings WHERE SensorID=" + data.get(0));

    if ((rs.getString( columnIndex: 1)).equals("")) {
        insertData(data);
    } else {
        updateData(data);
    }
}
```

Рис. 3.13. Синтаксис методу writeNewdata

На початку методу, використовуючи дані, які ми вводимо, ми дізнаємося, чи є в базі даних запис із зазначеним ID. Якщо ні, ми використовуємо метод insertData(), щоб «проштовхнути» дані показань лічильника далі та створити новий запис для датчика. Якщо вона вже існує, ми оновлюємо базу даних за допомогою умовного оператора та методу updateData(). Синтаксис методів insertData() і updateData() показаний на рис. 3.14.

```
public void insertData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    String insert = "INSERT meterReadings(Temperature,Pressure) VALUES ('" + data.get(1) + "','" + data.get(2) + "') WHERE SensorID = " + data.get(0) + ")";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(insert);
}

public void updateData(ArrayList<String> data) throws SQLException {
    String update = "UPDATE meterReadings(Temperature,Pressure) VALUES ('" + data.get(1) + "','" + data.get(2) + "') WHERE SensorID = " + data.get(0) + ")";
    Statement statement = connect.createStatement();

    statement.execute(update);
}
```

Рис. 3.14. Синтаксис методів оновлення та запису даних до бази

Ці два методи мають абсолютно однакову структуру, але відрізняються у запиті, який вони відправляють до бази даних, щоб створити новий запис або оновити існуючий. За допомогою конкатенації рядків використовуються дані, які були отримані, щоб створити динамічні умови, які не вимагають втручання людини. Це програмне забезпечення діє як «сервіс», який

приймає, зчитує, обробляє та заносить записи до бази даних. «Сервіс» забезпечує ряд функцій роботи з даними, отриманими від датчика. Самі датчики мають своє власне програмне забезпечення, однак функції клієнта представлені на рис. 3.15.

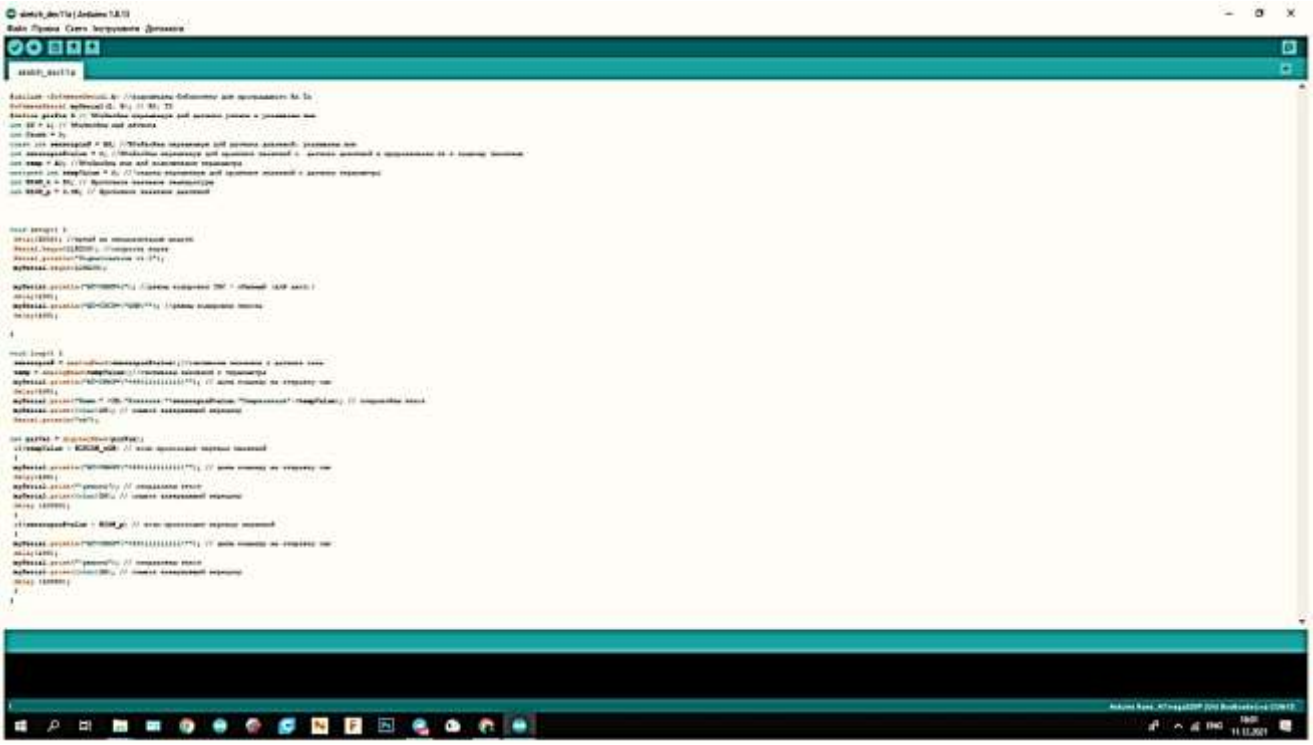


Рис. 3.15. Програмне забезпечення для датчику «клієнта»

У цьому фрагменті коду ми описуємо та встановлюємо різноманітні обмеження для роботи нашого датчика. Спочатку ми визначаємо необхідні порти та їх значення. Параметри high_t та high_p описані на початку розділу і визначають наші граничні значення. Коли датчик отримує виміри, він порівнює їх із цими значеннями та вирішує, чи надсилати їх до сервісу, чи ні. Робота датчика є дуже простою: він читає дані, порівнює їх із встановленими значеннями та, якщо вони нижчі за межу, відправляє повідомлення на заданий номер. Оскільки GSM-модуль має слот для SIM-карти, в нього можна вставити карту будь-якого оператора. Номер карти, яка зберігається в модулі, вказується в датчиках-клієнтах, куди вони надсилають SMS- повідомлення з показниками датчика. Датчик-сервер, зображений на рис. 3.16., має деякі відмінності в програмній прошивці, обумовлені його

специфікою роботи.

```
#include <SoftwareSerial.h>

// Создаем программный объект для связи его коммуникции с GSM-модулем
SoftwareSerial mySerial(3, 2); //Коннектим к Tx и Rx

void setup()
{
  //Связываем коммуникацию между платой ардуино и Ардуино IDE
  Serial.begin(9600);

  //Связываем коммуникацию между платой Ардуино и GSM-модулем
  mySerial.begin(9600);

  Serial.println("Initializing...");
  delay(1000);

  mySerial.println("AT"); //Проверка соединения, после высылаем сообщение OK, при успешном тестировании
  updateSerial();

  mySerial.println("AT+CMGF=1"); // СКонфигурируем текст мод
  updateSerial();
  mySerial.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); // Указываем в каком диапазоне будут приниматься СМС-сообщения
  updateSerial();
}

void loop()
{
  updateSerial();
}

void updateSerial()
{
  delay(500);
  while (Serial.available())
  {
    mySerial = new Serial( this, Serial.list()[0], 9600 );
    output = createWriter( COM3 "C:\SomeDir\file.txt"); // Записываем с данные с принятого сообщения в ПК, подключенного через USB через порт COM3
  }
```

Рис. 3.16. Програма до плати «серверу»

Плата сервер, що зберігає в собі реалізацію прийому SMS-повідомлення, та його запис у певну директорію, яку слухаємо нашим «сервісом», використовуючи порт COM3, який «зайнятий» USB – з’єднаннямз ПК.

Під час експерименту було успішно реалізовано систему автоматизації управління тепловими потоками. Були використані різноманітні компоненти, такі як мікроконтролери ESP8266, датчики температури та вологості DHT11, GSM-модулі та інші електронні компоненти.

Було створено програмне забезпечення для зчитування даних з датчиків, відправки SMS-повідомлень на мобільний телефон в разі перевищення встановлених порогових значень температури та вологості, а також для збереження отриманих даних до бази даних.

Під час експерименту було проведено кілька тестів, щоб перевірити функціональність та надійність системи. В результаті було підтверджено, що система працює надійно та забезпечує точне зчитування даних з датчиків тавідправку SMS-повідомлень на мобільний телефон у разі перевищення встановлених порогових значень.

Також було встановлено, що використання мікроконтролерів ESP8266 та GSM-модулів є досить ефективним рішенням для реалізації систем автоматизації, оскільки ці компоненти забезпечують надійність та зручність використання, а також є досить доступними з точки зору вартості.

Отже, експеримент довів ефективність та надійність розробленої системи автоматизації управління тепловими потоками. В подальшому можна розглядати можливості розширення функціональності системи та її застосування в різних сферах промисловості та побутового використання.

ВИСНОВКИ

З огляду на проведені дослідження, можна зробити висновок, що дана дипломна робота присвячена розробці системи автоматизації теплопостачання. Робота складається з трьох розділів, кожен з яких містить підрозділи з аналізу теоретичного матеріалу, схеми розробки та реалізації проєкту.

У першому розділі описано призначення та класифікацію засобів автоматизації, склад та структуру автоматизованих систем, принципи їх створення, призначення автоматизованих систем і склад та структуру автоматизованих систем управління. Також помітно засоби автоматизації існуючих теплових пунктів.

У другому розділі наведено розробку структурної схеми системи автоматизації теплопостачання, вибір елементної бази та пропозиції щодо подальшої автоматизації теплових пунктів.

У третьому розділі описано вибір способу розроблення проєкту на основі Інтернету речей (IoT). Далі розглянуто, що таке Arduino та навіщо він потрібний для проєкту. У розділі також розглянуто детально датчик термобарометр та GSM-модуль, які використовуються у структурі автоматизованого датчика. Далі розглядається мова програмування Java, яка використовується для реалізації проекту, а також Maven як збирач проєкту. В розділі описано створення алгоритму програмного забезпечення, зокрема розроблення алгоритмів системи та підсистем автоматизації процесу контролю параметрів теплопостачання. Також описано створення програмного забезпечення «сервісу».

У заключному розділі описано результати експерименту, який показав ефективність розробленої системи автоматизації. Проект дозволяє контролювати та регулювати параметри теплопостачання у реальному часі, що значно полегшує роботу операторів теплових пунктів та зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arduino. URL: https://www.arduino.cc/ (дата звернення: 05.04.2023).
2. Java. URL: https://www.java.com/ (дата звернення: 05.04.2023).
3. Maven. URL: https://maven.apache.org/ (дата звернення: 05.04.2023).
4. Автоматизація індивідуального теплового пункту. URL: https://www.celmont.ru/uslugi/avtomatizaciya/asutp-works/98-avtomatizaciya-itp (дата звернення: 03.04.2023).
5. Автоматизація індивідуального теплопункту. Харків : НТУУ «КПІ», 2011. 60 с.
6. Автоматизація технологічних процесів URL: http://atpicak.ucoz.ua/load/navchalnij_posibnik/rozdil_1/1_1_zagalni_vidomosti_p ro_avtomatizaciju_virobnichikh_procesiv/3-1-0-203 (дата звернення: 03.04.2023).
7. Автоматизована система керування технологічними процесами URL: http://www.proelectro.info/content/detail/4434 (дата звернення: 05.04.2023).
8. Державні будівельні норми України. внутрішніх водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012. [Чинний від 2013–03–01]. Вид. Офіц. Київ, 2013. 10 с.
9. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/l_1045_92144651.pdf (дата звернення: 03.04.2023).
10. Ісаєнко О.М., Кіндрацька Л.В., Гончаренко В.А. Автоматизація виробничих процесів та систем. К.: Техніка, 2005. 616 с.
11. Класифікація систем автоматизації. URL: https://studopedia.org/10-119101.html (дата звернення: 03.04.2023).
12. Ковальов Ю.Ю., Луценко В.В., Турчак М.В. Проєктування систем автоматичного управління. К.: Вища школа, 2001. 536 с.
13. Методичні вказівки з виконання курсових та дипломних робіт з електроніки: для студентів спеціальності «Автоматизація та комп’ютерно-

інтегровані технології», О.В. Мазур, 2020, 62 с.

14. Методичні рекомендації з проектування автоматизованих систем управління технологічними процесами виробництва / за заг. ред. В.І. Потапенка. К.: ВПІ, 2010. 112 с.

15. Міністерство освіти і науки України. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Кафедра автоматизації виробництва. URL: https://iap.kpi.ua/ (дата звернення: 05.04.2023).

16. Ничипоренко Ю.Ю. Функціонування сучасної системи централізованого теплопостачання із використанням автоматизованого робочого місця персоналу. *Виробництво & Мехатронні системи : матеріали V Міжнародної конференції*. Харків, 2021. С. 14-15

17. Одарущенко О.Б. Верифікація програмного забезпечення програмованих логічних контролерів із використанням математичних блоків дискретного перетворення інформації. *Збірник наукових праць науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2018 році* (м. Полтава, 16-17 травня 2019 року). Полтава : РВВ ПДАА, 2019. С. 52

18. Боженко М.Ф., Сало В.П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. 192 с.

19.Організація комп'ютерних мереж: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. пос. для студ. Спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», спеціалізації «Програмне забезпечення комп'ютерних та інформаційно-пошукових систем». Л.М. Олещенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 3,32 Мбайт). Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018. 225 с.

20.Потапенко В.І., Бураковський В.Г., Губаренко О.В. Автоматизація технологічних процесів та виробництв. К.: Центр учбової літератури, 2010. 768 с.

21. Сервер IoT Platform: Dweet. URL: https://dweet.io/ (дата звернення:

05.04.2023).

22. Сервер IoT Platform: ThingSpeak. URL: https://thingspeak.com/ (дата звернення: 05.04.2023).

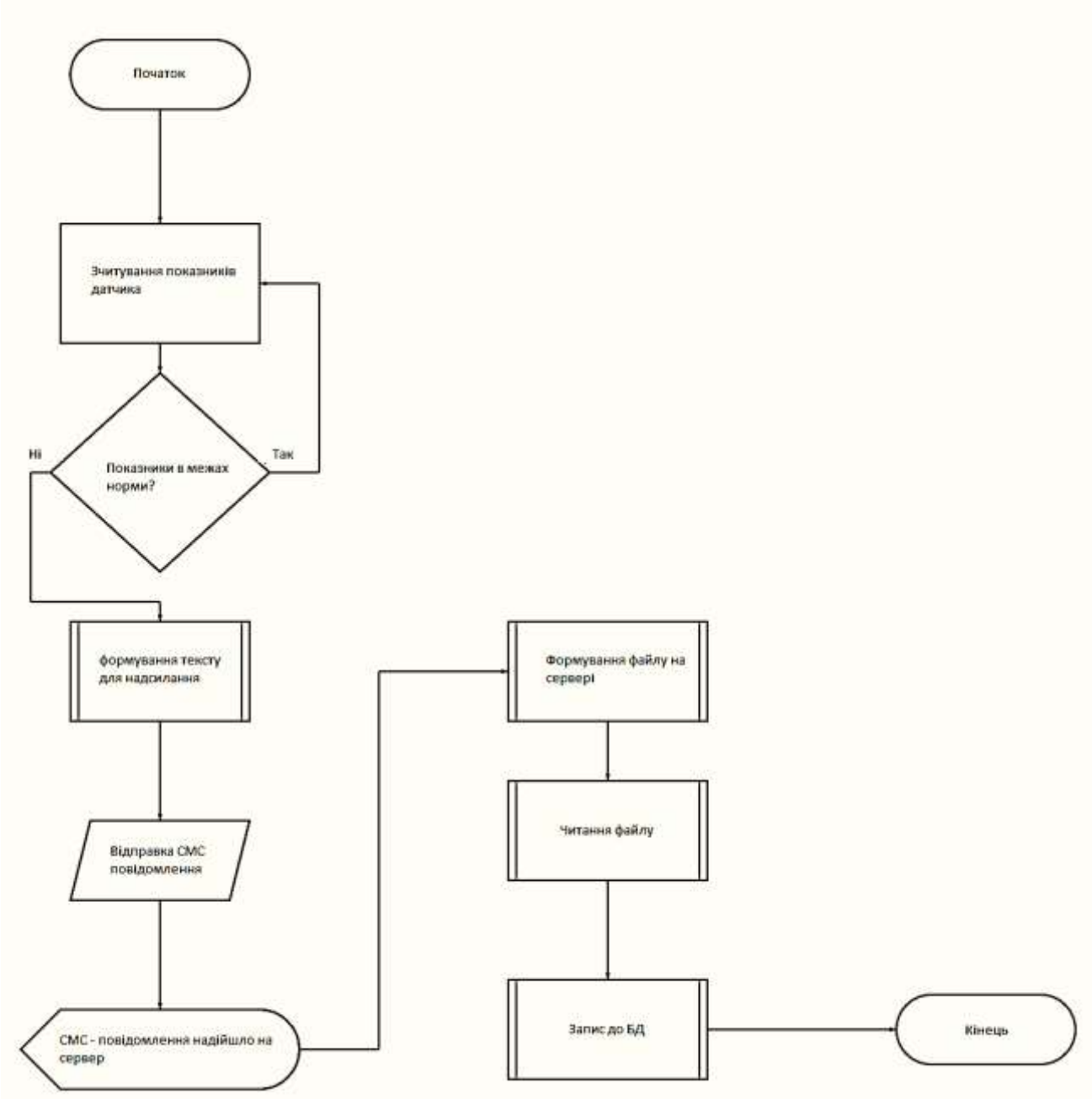
23. Скоренький В.В. Курс «Технології і програмне забезпечення комп’ютерної техніки»: Навчальний посібник. К.: Логос, 2007. 320 с.

24. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Б.Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ імені Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). Київ: КПІ ім. ІгоряСікорського, 2021. 271 с.

ДОДАТКИ

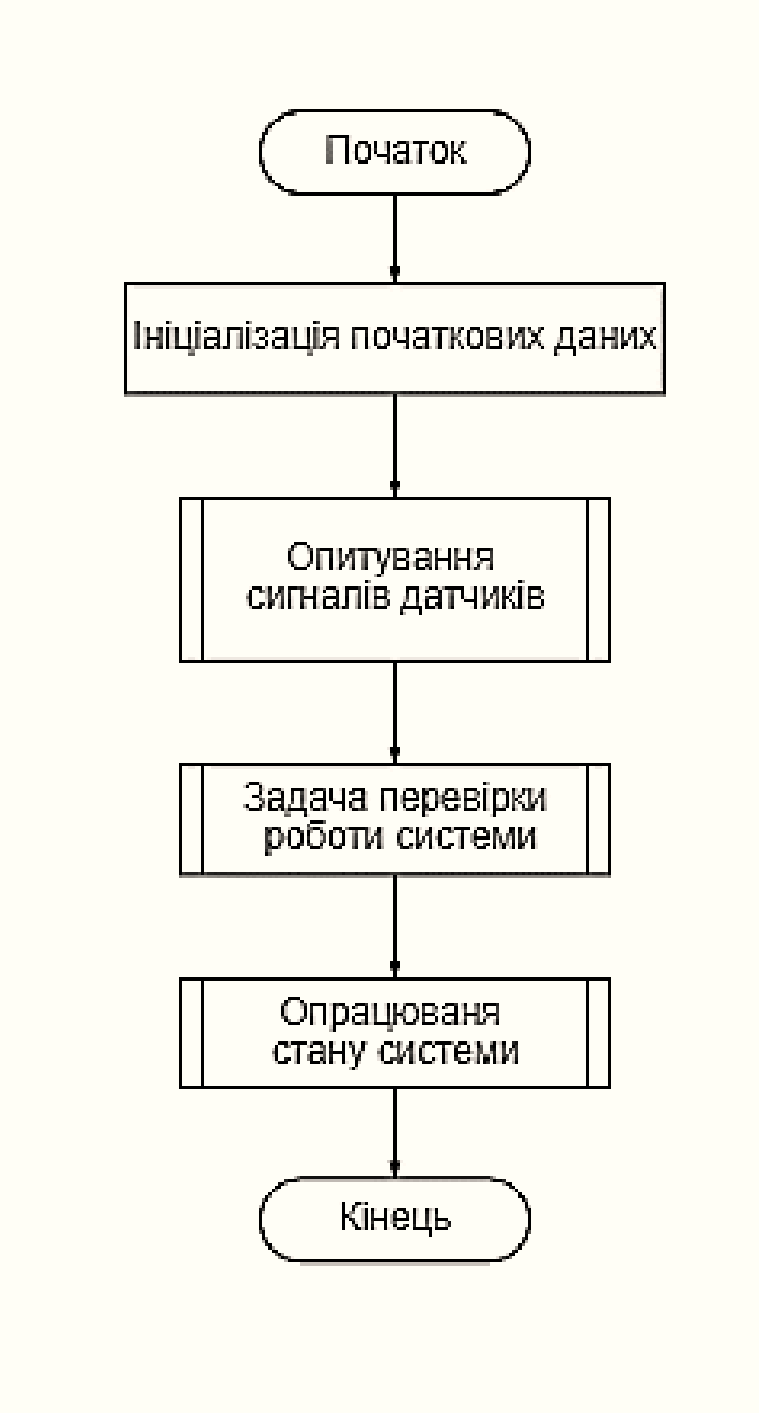
Додаток А

Алгоритм роботи програмного забезпечення



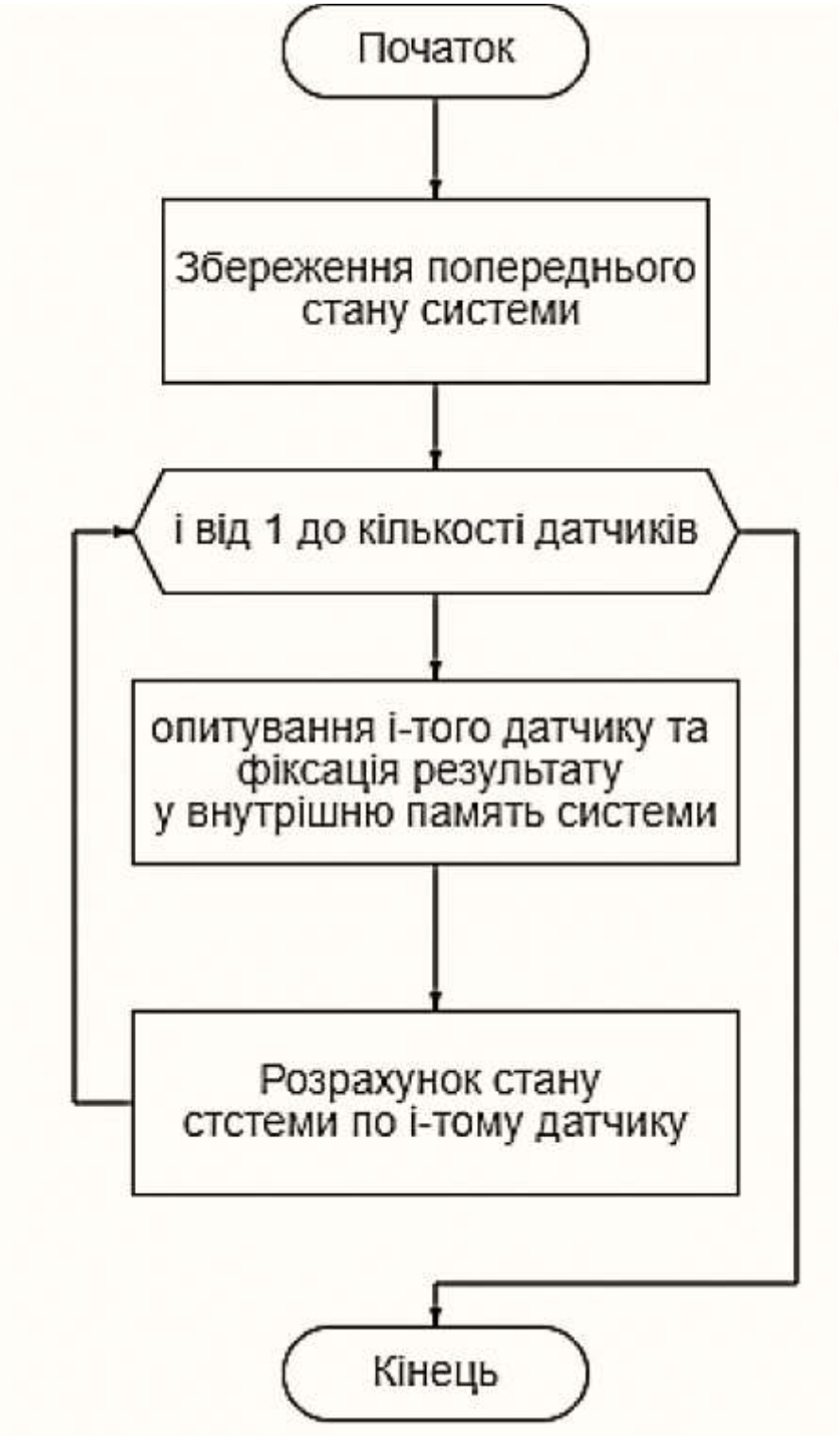
Додаток Б

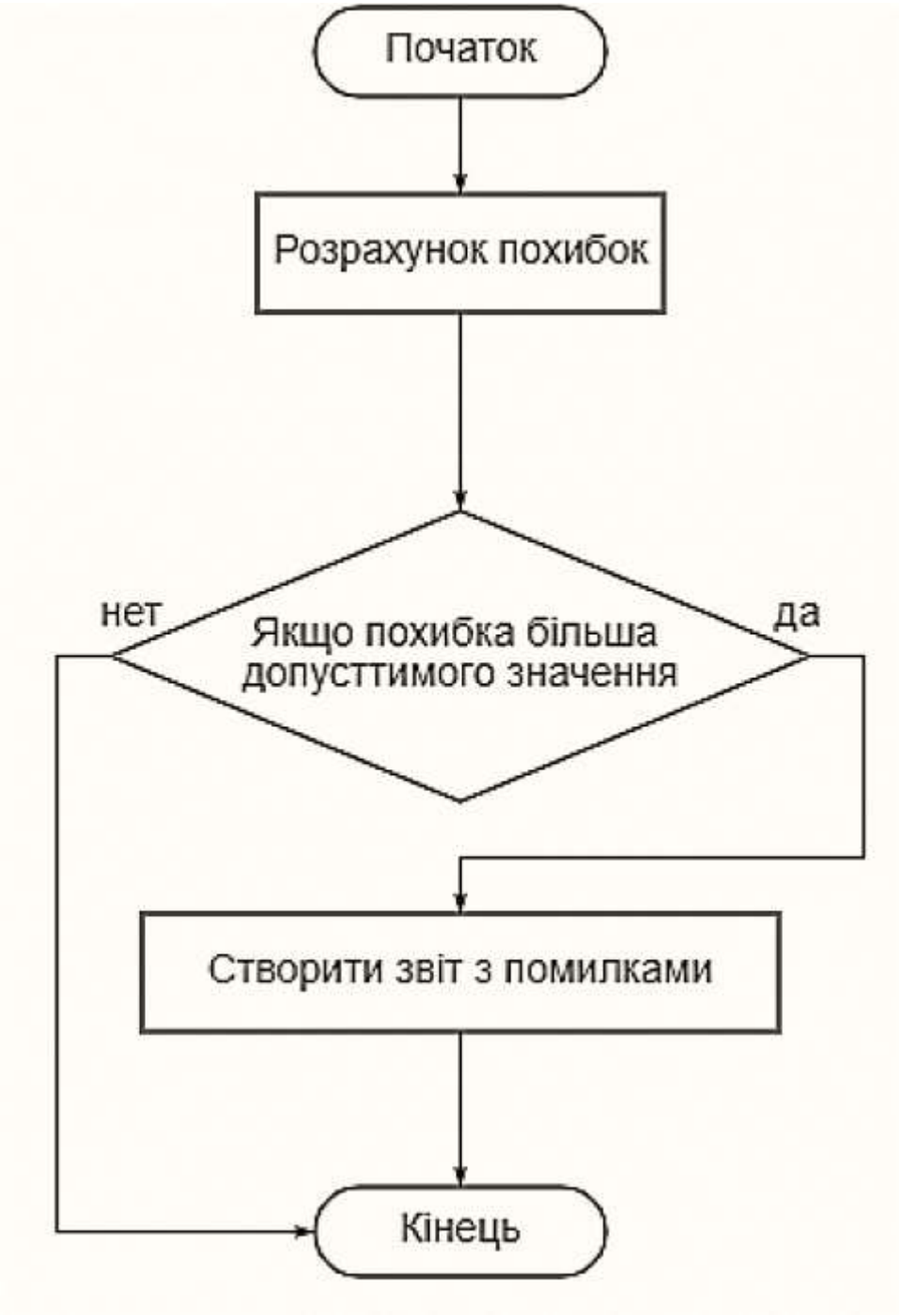
Алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю параметрів теплопостачання



Додаток В

Алгоритм підсистеми опитування датчиків



Додаток Г

Алгоритм виконання підсистеми задачі перевірки роботи системи