

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)
Факультет комп'ютерних наук та інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: «Розробка комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні»

Виконав студент 4 курсу, групи КІ
спеціальності

123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і назва спеціальності)

Студент Рябоконов М. Е.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Керівник Дубовик Т.М.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Рецензент Хорошилов С.В.

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Український державний університет науки і технологій
(повне найменування вищого навчального закладу)
Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)

Факультет, відділення комп'ютерних наук та інженерії

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 123 - Комп'ютерна інженерія
(код і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри канд. техн. наук, доц. ЛЕВЧУК І.Л.
 « _____ » _____ 20 26 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

РЯБОКОНОВ Максим Едуардович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Тема: Розробка комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Керівник проекту (роботи) Дубовик Т.М., ст. викладач
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.03..2026 року № 77-к

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2026

3. Вихідні дані до роботи: схема КС, програма керування режимами роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальний розділ. Основний розділ.

Розрахунковий розділ. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
Організаційно-економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація до дипломної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дубовик Тетяна Миколаївна, ст. викл		
Організаційно-економічна частина	Дубовик Тетяна Миколаївна, ст. викл		

7. Дата видачі завдання «5» .02. 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Бібліотечний огляд за темою	лютий	виконано
2	Робота над загальним розділом	лютий	виконано
3	Робота над основним розділом	лютий	виконано
4	Робота над розрахунковим розділом	Березень-квітень	виконано
5	Розділ «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	травень	виконано
6	Організаційно-економічна частина	травень	виконано
7	Презентація	травень	виконано
8	Передзахист	25.05.2026	виконано
9	Подання дипломної роботи на підпис завідувачу кафедри	10.06.2026	виконано
10	Захист дипломної роботи	17.06.2025	виконано

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

М. Е. Рябоконов

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Т. М. Дубовик

(прізвище, ім'я, по-батькові)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 74 сторінок, 12 рисунків, 26 джерел та 18 таблиць.

Об'єктом дослідження є комп'ютерна система контролю режимів роботи котельні

Мета роботи розробити комп'ютерну систему контролю режимів роботи котельні

В загальному розділі розглянуті види сучасних котелень, властивості, конструкції, історична довідка

В основному розділі представлені основні комплектуючі елементи комп'ютерної системи, технічні характеристики.

В розрахунковому розділі представлено алгоритм розробки, схему розробки, схему з'єднання компонентів, написано комп'ютерну систему контролю котельні під Arduino Mega / UNO, тестування системи.

В розділі охорони праці проведено аналіз шкідливих та небезпечних чинників під час розробки системи.

В економічному розділі були прораховані всі економічні показники розроблюваної системи.

Актуальність: розробка комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності функціонування теплогенеруючих установок, покращення умов їх експлуатації та забезпечення безпечного теплопостачання споживачів.

Ключові слова: КОТЕЛЬНЯ, ДАТЧИК, ARDUINO MEGA, ВИТОКУ ГАЗУ; КОНТРОЛЮ ДИМУ; АВАРІЙНА СИТУАЦІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Історія розвитку котелень	10
1.2 Модульні котельні на дизельному та рідкому паливі	12
1.3 Транспортабельний модуль	14
1.4 Блоково-транспортабельні котельні	16
1.5 Газові блочно-модульні котельні	18
2 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Комплектуючі елементи комп'ютерної системи	20
2.2 Алгоритм роботи котельні	26
2.3 Датчики	28
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	43
3.1 Алгоритм роботи комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні	43
3.2 Структурна схема комп'ютерної системи керування котельнею на базі мікроконтролера Arduino Mega	46
3.3 Схема з'єднання комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні представлена	47
3.4 Схема підключення комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні	51
3.5 Функції програми	53
3.6 Тестування основних функцій	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	55
4.1 Оцінка умов виконання дипломної роботи	55
4.2 Міри щодо забезпечення безпечних і здорових умов праці	56
4.3 Характеристика приміщення щодо вибухо-та пожежної небезпеки	62

4.4 Протипожежні заходи	62
4.5 Здійснення оцінки стану приміщення в екстрених випадках	64
5.РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА РЕАЛІЗАЦІЮ	66
5.1 Розрахунок витрат	66
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	70

ВСТУП

Котельня — це комплекс обладнання та технічних засобів, призначений для виробництва теплової енергії шляхом нагрівання води або утворення пари. Основним елементом котельні є котел, у якому відбувається спалювання палива та передача тепла теплоносію.

Котельні використовуються для:

- опалення будівель;
- гарячого водопостачання;
- технологічних процесів на підприємствах;
- виробництва пари;
- теплопостачання міст і промислових об'єктів.

Основні види котелень бувають за призначенням

Опалювальні (забезпечують теплом житлові та адміністративні будівлі; виробничі (використовуються на заводах і підприємствах); опалювально-виробничі (п)оєднують функції опалення та технологічного теплопостачання.

За видом палива: газові котельні працюють на природному газі.

Переваги: висока ефективність; автоматизація; екологічність.

Твердопаливні використовують: вугілля; дрова; пелети; брикети.

Рідкопаливні працюють на: мазуті; дизельному паливі.

Електричні - використовують електроенергію для нагрівання теплоносія.

Основні елементи котельні

1. Котел - основний елемент системи, у якому відбувається нагрівання води або утворення пари.
2. Насоси - забезпечують циркуляцію теплоносія.
3. Вентилятори - подають повітря для горіння.
4. Димососи - видаляють продукти згоряння.
5. Теплообмінники - передають теплову енергію.
6. Трубопроводи - забезпечують транспортування теплоносія.

7. Арматура (клапани; засувки; вентилі).

Основні параметри роботи котельні: температура; тиск; рівень води; витрата газу; тяга; вміст диму та газів. Всі зазначені параметри постійно контролюються, результати фіксуються.

Автоматизація котелень. Сучасні котельні оснащуються:

- ☐ PLC-контролерами;
- ☐ датчиками;
- ☐ SCADA-системами;
- ☐ системами аварійного захисту.

Автоматизація дозволяє:

- ☐ зменшити витрати палива;
- ☐ підвищити безпеку;
- ☐ забезпечити дистанційний контроль;
- ☐ знизити вплив людського фактора.

Комп'ютерні системи у котельнях сучасного типу використовуються для контролю:

- ☐ Arduino;
- ☐ STM32;
- ☐ Siemens LOGO!;
- ☐ Siemens S7-1200;
- ☐ ОВЕН ПЛК.

Система контролю виконує:

- ☐ моніторинг параметрів;
- ☐ керування насосами;
- ☐ контроль температури;
- ☐ аварійну сигналізацію;
- ☐ архівування даних.

Датчики у котельнях виконують одну з вижливих ролей і застосовуються наступні основні типи: датчики температури; датчики тиску; датчики рівня води;

газоаналізатори; витратоміри; датчики диму.

Важливу роль відіграє безпека котелень, бо котельні належать до об'єктів підвищеної небезпеки. Основні небезпеки: вибух газу; перегрів котла; надлишковий тиск; витік теплоносія; пожежа.

Для захисту використовуються: аварійні клапани; сигналізація; системи автоматичного вимкнення; вентиляція.

Котельні є важливою частиною енергетичної інфраструктури. Сучасні автоматизовані котельні забезпечують ефективне, безпечне та економічне виробництво теплової енергії. Використання комп'ютерних систем контролю значно підвищує надійність роботи обладнання та дозволяє здійснювати повний моніторинг технологічних процесів у режимі реального часу.

Переваги сучасних котелень

- висока ефективність;
- автоматизоване керування;
- економія енергії;
- дистанційний моніторинг;
- надійність роботи.

Недоліки

- висока вартість обладнання;
- складність монтажу;
- необхідність технічного обслуговування;
- залежність від електроживлення.

Сучасні тенденції розвитку котелень. Сьогодні активно впроваджуються: IoT-технології; штучний інтелект; прогнозування аварій; енергоощадні технології; хмарні системи моніторингу. Розробка комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.6 Історія розвитку котелень

Перші котельні установки з'явилися наприкінці XVIII — на початку XIX століття під час промислової революції. Основою їх роботи були парові котли, які використовувалися для виробництва пари та забезпечення роботи промислових механізмів. Значний внесок у розвиток парових машин зробив Джеймс Ватт, удосконаливши конструкцію парового двигуна та підвищивши його ефективність.

Перші котельні були простими та потребували постійного ручного контролю. Обслуговуючий персонал самостійно стежив за температурою, рівнем води та тиском у котлі. Відсутність автоматичного контролю часто призводила до аварійних ситуацій, перегріву обладнання та вибухів котлів.

У XIX столітті котельні почали широко застосовуватися: на заводах; у тепловозах; на електростанціях; у системах центрального опалення.

Із розвитком енергетики у XX столітті котельні стали складнішими та потужнішими. З'явилися:

- водогрійні котли;
- газові котельні;
- автоматичні системи подачі палива;
- системи захисту та сигналізації.

Поступово механічні системи керування були замінені електричними та електронними пристроями контролю.

Історія розвитку комп'ютерних систем у котельнях

Перші автоматизовані системи керування котельнями почали впроваджуватися у 1960–1970-х роках. Вони базувалися на релейній автоматизації та аналогових приладах контролю.

Основними функціями таких систем були: контроль температури; контроль тиску; аварійне вимкнення котла; автоматичне регулювання подачі палива.

У 1980-х роках почалося активне використання мікропроцесорної техніки та програмованих логічних контролерів (PLC). Це дозволило: підвищити точність контролю; автоматизувати технологічні процеси; реалізувати дистанційний моніторинг; зменшити вплив людського фактора.

У сучасних котельнях використовуються: PLC-контролери; мікроконтролери Arduino та STM32; SCADA-системи; промислові мережі Ethernet та Modbus; системи IoT-моніторингу.

Комп'ютерні системи забезпечують:

- безперервний контроль параметрів;
- автоматичне керування обладнанням;
- архівування даних;
- аварійну сигналізацію;
- дистанційний доступ через Інтернет.

Сучасний етап розвитку

Сьогодні котельні є складними автоматизованими комплексами, у яких комп'ютерні системи виконують ключову роль у забезпеченні:

- енергоефективності;
- безпеки;
- економії палива;
- стабільності теплопостачання.

Сучасні технології дозволяють інтегрувати котельні у системи «розумного підприємства» та здійснювати повний контроль роботи обладнання у режимі реального часу.

1.2 Модульні котельні на дизельному та рідкому паливі

Блоково модульні дизельні, мазутні (рідкопаливні) котельні в Україні.

Модульні котельні на різних видах палива являють собою сучасні автоматизовані теплогенеруючі установки, які використовуються для опалення житлових, промислових та адміністративних об'єктів. Основною особливістю таких котелень є можливість роботи на різних енергоносіях залежно від економічної доцільності, доступності палива та умов експлуатації.

За типом використовуваного палива модульні котельні поділяються на газові, твердопаливні, рідкопаливні та комбіновані. Газові котельні працюють на природному або зрідженому газі та характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії, автоматизацією процесів і екологічністю. Вони широко застосовуються завдяки простоті експлуатації та стабільній роботі.

Твердопаливні модульні котельні використовують дрова, вугілля, пелети або брикети. Такі системи є економічно вигідними у регіонах із доступною сировиною. Їх перевагою є незалежність від газопостачання, однак вони потребують організації зберігання палива та регулярного очищення обладнання.

Рідкопаливні котельні функціонують на дизельному паливі або мазуті. Вони застосовуються переважно на об'єктах, де відсутнє газопостачання. Подібні установки забезпечують стабільну теплову потужність, але потребують спеціальних резервуарів для зберігання пального.

Комбіновані модульні котельні здатні працювати одночасно на кількох видах палива, наприклад газі та дизелі або твердому паливі та електроенергії. Це дозволяє підвищити надійність теплопостачання та зменшити витрати під час зміни цін на енергоносії.

Сучасні модульні котельні мають високий рівень автоматизації, системи контролю безпеки, датчики температури, тиску та рівня води. Їх конструкція забезпечує швидкий монтаж, мобільність і можливість транспортування до місця експлуатації. Завдяки цьому модульні котельні широко використовуються у

комунальному господарстві, промисловості, медичних та освітніх установ [1].

Конструктивні особливості

Конструктивні особливості модульних котелень визначаються їх призначенням, типом палива та умовами експлуатації. Основою конструкції є блок-модуль, який являє собою готовий контейнер або окреме приміщення з установленим теплотехнічним обладнанням. Така конструкція забезпечує швидкий монтаж, транспортування та введення системи в експлуатацію.



Рисунок 1.1 - Модульні котельні на дизельному та рідкому паливі

До складу модульної котельні входять котли, палиникові пристрої, теплообмінне обладнання, циркуляційні насоси, системи водопідготовки, трубопроводи та автоматизовані засоби керування. Усі елементи розміщуються компактно, що дозволяє зменшити площу встановлення та спростити обслуговування.

Корпус модульної котельні виготовляється з металевих конструкцій із теплоізоляційними матеріалами, які забезпечують захист обладнання від впливу зовнішнього середовища та зменшують теплові втрати. Для безпечної

експлуатації передбачаються вентиляційні системи, димові труби, аварійне освітлення та засоби пожежної безпеки.

Важливою конструктивною особливістю є високий рівень автоматизації. Сучасні котельні обладнуються датчиками температури, тиску, рівня води та системами контролю подачі палива. Автоматизоване керування дозволяє підтримувати необхідний тепловий режим, контролювати роботу обладнання та оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Модульні котельні можуть мати різне компонування залежно від виду палива. У газових котельнях передбачаються газорегуляторні пункти та системи контролю витоку газу. Твердопаливні установки оснащуються бункерами для зберігання палива та механізмами його подачі. Рідкопаливні котельні мають резервуари для пального та системи його підігріву.

Конструкція модульних котелень дозволяє за необхідності збільшувати їх потужність шляхом додавання нових модулів. Це забезпечує гнучкість у використанні та можливість адаптації системи до змін теплового навантаження.

1.3 Транспортабельний модуль

Модульний контейнер виготовлений відповідно до пожежних та будівельних норм. Металевий каркас обшитий профнастилом. Контейнер утеплений мінеральною ватою, товщина стіни 100 мм.

Конструкція каркасу прорахована на всі види навантажень. Матеріали та комплектуючі контейнера сертифіковані на території України та підбираються згідно з розрахунками проектного відділу. У конструкцію модуля входить освітлення, система опалення контейнера, витяжна система (природна та примусова).

Транспортабельний модуль є основною конструктивною частиною модульної котельні, що забезпечує можливість швидкого перевезення, монтажу та введення обладнання в експлуатацію. Він виконується у вигляді металевого блок-контейнера, всередині якого розміщується все необхідне теплотехнічне обладнання та системи забезпечення роботи котельні.

Каркас модуля виготовляється зі сталевих профілів, які забезпечують міцність конструкції під час транспортування та експлуатації. Стіни, підлога і дах мають теплоізоляційний шар, що зменшує теплові втрати та захищає обладнання від впливу зовнішнього середовища. Для внутрішнього оздоблення використовують негорючі матеріали, які відповідають вимогам пожежної безпеки.

Усередині транспортабельного модуля встановлюються котли, насосне обладнання, трубопроводи, системи автоматизації, вентиляція та електричне оснащення. Компактне розташування обладнання дозволяє максимально ефективно використовувати внутрішній простір і спрощує технічне обслуговування.

Конструкція модуля передбачає наявність дверей, вентиляційних отворів, технологічних люків та місць підключення зовнішніх інженерних мереж. Для безпечної роботи обладнання встановлюються системи контролю температури, тиску, загазованості та аварійного відключення.

Головною перевагою транспортабельного модуля є його мобільність. У разі необхідності котельню можна швидко демонтувати та перевезти на інший об'єкт без значних витрат часу. Це робить модульні котельні ефективним рішенням для тимчасових або віддалених об'єктів, будівельних майданчиків, промислових підприємств та комунальних установ.[2].



Рисунок 1.2 - Транспортбельний модуль Парогенератор 93% ККД

1.4 Блоково-транспортбельні котельні

Блочно-транспортбельні моделі котелень являють собою сучасні теплотехнічні комплекси, що складаються з окремих функціональних блоків, виготовлених у заводських умовах та пристосованих до транспортування. Такі системи призначені для швидкого забезпечення об'єктів тепловою енергією та гарячим водопостачанням без необхідності будівництва стаціонарної котельні.

Кожна блочно-транспортбельна модель виконується у вигляді металевого модуля або контейнера, всередині якого розміщується необхідне обладнання: котли, насоси, теплообмінники, трубопроводи, системи автоматики та електропостачання. Усі елементи монтуються й тестуються на заводі, що забезпечує високу якість складання та скорочує час введення в експлуатацію.

Особливістю таких моделей є модульний принцип побудови. Залежно від необхідної потужності та умов використання котельня може складатися з одного або кількох блоків. Це дозволяє легко збільшувати продуктивність системи шляхом підключення додаткових модулів.

Блочно-транспортабельні моделі можуть працювати на різних видах палива: природному газі, дизельному паливі, вугіллі, пелетах або комбінованих енергоносіях. Для кожного типу палива передбачаються відповідні системи подачі, зберігання та контролю безпеки.

Важливою перевагою є високий рівень автоматизації. Сучасні моделі оснащуються системами дистанційного контролю, датчиками температури, тиску та рівня води, що забезпечує надійну та безпечну роботу обладнання. Автоматизоване керування дозволяє підтримувати стабільний тепловий режим із мінімальним втручанням персоналу.

Завдяки компактності, мобільності та швидкому монтажу блочно-транспортабельні котельні широко використовуються у промисловості, комунальному господарстві, на будівельних майданчиках, у лікарнях, школах та інших об'єктах, де необхідне автономне або резервне теплопостачання.

1.7 Газові блочно-модульні котельні

Газові блочно-модульні котельні КЗпП від 100 кВт до 10 МВт

Блокова котельня – це сучасне енергонезалежне джерело теплопостачання, яке використовується для систем опалення, гарячого водопостачання виробничих, житлових та адміністративних приміщень (рис.1.3).



Рисунок 1.3 - Газові блочно-модульні котельні

Газові блочно-модульні котельні — це сучасні автоматизовані теплогенеруючі установки, призначені для опалення та гарячого водопостачання житлових, громадських і промислових об'єктів. Такі котельні виготовляються у вигляді окремих блоків або модулів, які повністю комплектуються на заводі та транспортуються до місця встановлення у готовому до монтажу стані.

Основним джерелом енергії для роботи котельні є природний або зріджений газ. Використання газового палива забезпечує високий коефіцієнт корисної дії, економічність та відносно низький рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище. Завдяки цьому газові блочно-модульні котельні широко застосовуються в системах тепlopостачання.

Конструкція котельні складається з металевого теплоізовованого контейнера, у якому розміщуються газові котли, пальникові пристрої, насосне обладнання, теплообмінники, трубопроводи, системи вентиляції та автоматичного керування. Усі елементи монтуються і проходять перевірку на

підприємстві-виробнику, що дозволяє скоротити час введення об'єкта в експлуатацію.

Важливою особливістю газових блочно-модульних котелень є високий рівень автоматизації. Система керування забезпечує автоматичний контроль температури, тиску, подачі газу та роботи насосів. Для безпечної експлуатації встановлюються датчики загазованості, аварійного відключення та системи пожежної безпеки.

До переваг газових блочно-модульних котелень належать компактність, мобільність, швидкий монтаж та можливість транспортування на інший об'єкт. Модульна конструкція також дозволяє збільшувати потужність системи шляхом підключення додаткових блоків.

Газові блочно-модульні котельні застосовуються у житлових комплексах, лікарнях, школах, промислових підприємствах та комунальних установах як основне або резервне джерело теплопостачання [3].



Рисунок 1.4 - Газова котельня

2 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Комплектуючі елементи комп'ютерної системи

Для розробки потрібно підібрати комплектуючі елементи

Основні елементи схеми

Контролери

- ☐ Arduino Mega (рис. 2.1);
- ☐ STM32 (рис. 2.2);
- ☐ Siemens LOGO!;
- ☐ Siemens S7-1200;
- ☐ ОВЕН ПЛК.

Опис плати Arduino Mega 2560

Загальна характеристика Arduino Mega 2560 — це мікроконтролерна плата, побудована на базі мікроконтролера ATmega2560. Вона призначена для створення складних електронних та автоматизованих систем, які потребують великої кількості входів і виходів.

Плата широко використовується:

- ☐ у системах автоматизації;
- ☐ робототехніці;
- ☐ системах «розумного дому»;
- ☐ навчальних проєктах;
- ☐ промисловому моніторингу;
- ☐ системах контролю котелень.

Основні елементи плати

1. Мікроконтролер ATmega2560 Основний процесор плати, який виконує обробку даних; виконання програм; керування зовнішніми пристроями.

2. USB-роз'єм. Використовується для: програмування плати; передачі даних; живлення від комп'ютера.

3. Роз'єм живлення. Призначений для підключення зовнішнього джерела живлення 7–12 В.

4. GPIO-контакти. Контакти цифрових та аналогових входів/виходів для підключення:

- ☐ датчиків;
- ☐ дисплеїв;
- ☐ реле;
- ☐ двигунів;
- ☐ мережевих модулів.

5. Кнопка RESET Використовується для перезапуску мікроконтролера. Основні технічні характеристики плати Arduino Mega 2560 зведено в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга	7–12 В
Тактова частота	16 МГц
Flash-пам'ять	256 КБ
SRAM	8 КБ
EEPROM	4 КБ
Цифрові входи/виходи	54
PWM-виходи	15
Аналогові входи	16
UART	4 порти
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, USB

Переваги Arduino Mega 2560

- ☐ велика кількість входів/виходів;
- ☐ простота програмування;
- ☐ підтримка великої кількості бібліотек;
- ☐ сумісність із багатьма датчиками;
- ☐ невисока вартість;
- ☐ зручність для навчання та прототипування.

Використання у системі контролю котельні. Arduino Mega 2560 може виконувати:

- ☐ контроль температури;
- ☐ контроль тиску;
- ☐ моніторинг рівня води;
- ☐ керування насосами;
- ☐ керування вентиляторами;
- ☐ аварійну сигналізацію;
- ☐ передачу даних у SCADA або ПК.

Типові підключення плати зведено в таблицю 2.2

Таблица 2.2 - Типові підключення плати Arduino Mega 2560

Пристрій	Підключення
Датчик температури DS18B20	D2
Датчик тиску	A0
Датчик рівня води	D3
MQ-2	A2
Релейний модуль	D8–D11
LCD дисплей	SDA / SCL
ESP8266	TX / RX

Програмування: Arduino Mega програмується у середовищі: Arduino IDE; PlatformIO.

Мова програмування:

- C/C++;
- Arduino Framework.

Arduino Mega 2560 є універсальною платформою для створення комп'ютерних систем контролю та автоматизації.

Завдяки великій кількості входів і виходів плата ефективно використовується у системах моніторингу та керування котельнями, забезпечуючи надійний контроль технологічних параметрів і автоматичне реагування на аварійні ситуації.

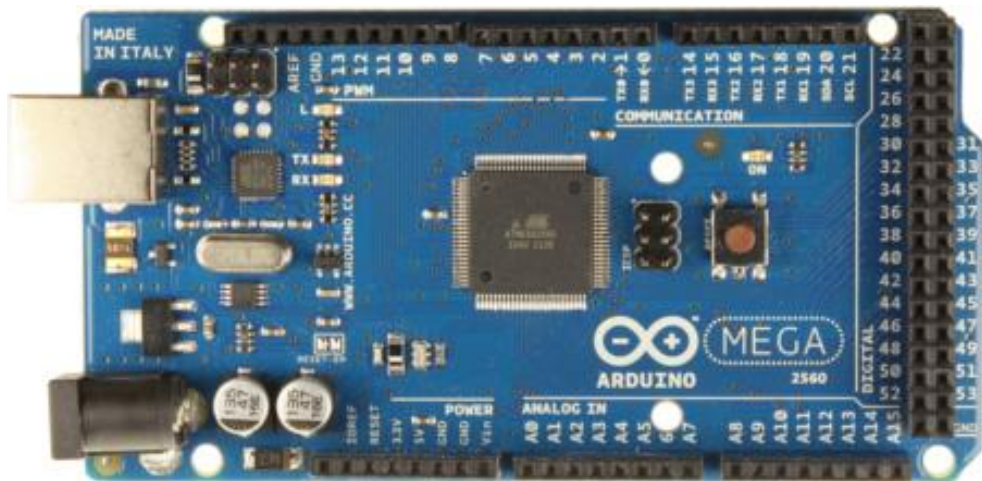


Рисунок 2.1 - Arduino Mega

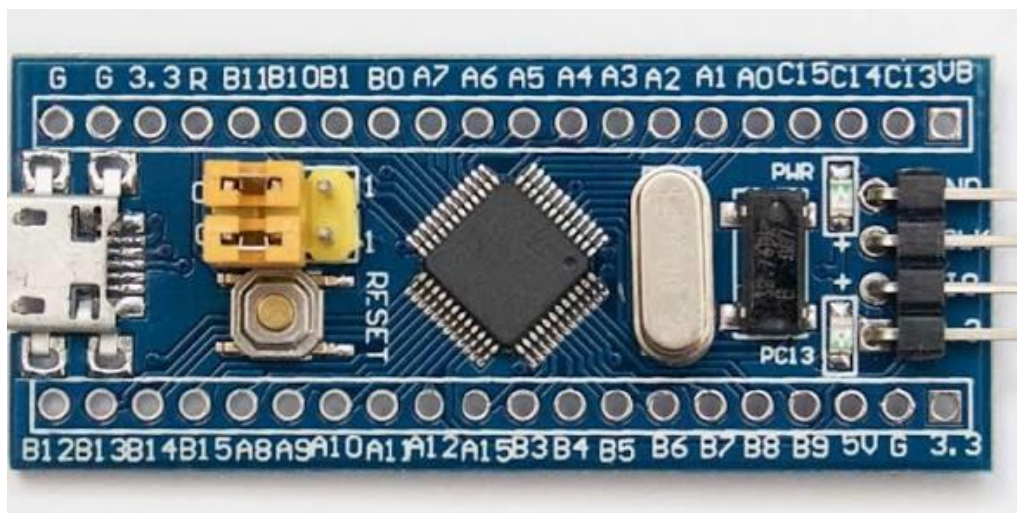


Рисунок 2.2 - Плата STM32

Опис плати STM32 Blue Pill

Загальна характеристика

STM32 Blue Pill — це компактна плата розробки, побудована на 32-бітному ARM Cortex-M3 мікроконтролері STM32F103C8T6. Вона широко використовується у системах автоматизації, робототехніці, IoT та промислових системах керування.

Плата має високу продуктивність, низьке енергоспоживання та велику кількість периферійних інтерфейсів.

Основні елементи плати

1. Мікроконтролер STM32F103C8T6 Головний елемент плати, який виконує обробку даних та керування пристроями.
2. USB-роз'єм Використовується для: живлення плати; програмування; обміну даними.
3. Кварцовий генератор Забезпечує стабільну тактову частоту мікроконтролера.
4. GPIO-контакти Контакти для підключення: датчиків; дисплеїв; релейних модулів; двигунів; мережевих модулів.
5. Кнопки RESET та BOOT

Використовуються для перезавантаження

Основні характеристики зведено в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 - Основні характеристики мікроконтролера STM32 та переходу в режим прошивки.

Параметр	Значення
Мікроконтролер	STM32F103C8T6
Архітектура	ARM Cortex-M3
Тактова частота	72 МГц
Flash-пам'ять	64 КБ
SRAM	20 КБ
Робоча напруга	3.3 В
Цифрові входи/виходи	До 37 GPIO
Аналогові входи	10–12 ADC
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, USB, CAN

Переваги STM32 Blue Pill

- ☐ висока швидкодія;
- ☐ низьке енергоспоживання;
- ☐ велика кількість інтерфейсів;
- ☐ підтримка RTOS;
- ☐ зручність програмування;
- ☐ невисока вартість.

У системах контролю котельні STM32 може використовуватись для: контролю температури; вимірювання тиску; керування насосами; моніторингу аварій; передачі даних у SCADA; роботи з Wi-Fi та Ethernet модулями.

Типові підключення плати зведені в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 - Типові підключення

Пристрій	Інтерфейс
DS18B20	GPIO
LCD дисплей	I2C
ESP8266	UART
Релейний модуль	GPIO
Датчик тиску	ADC
SCADA	RS-485 / UART

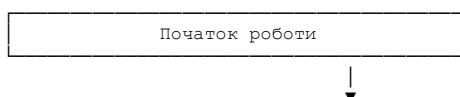
2.2 Алгоритм роботи котельні

Принцип роботи котельні полягає у перетворенні енергії палива в теплову енергію та подальшій передачі тепла споживачам через систему теплопостачання.

Робота комп'ютерної системи контролю. Комп'ютерна система:

1. Зчитує дані з датчиків.
2. Аналізує параметри роботи.
3. Порівнює значення з допустимими межами.
4. Керує обладнанням.
5. Передає інформацію оператору.

Блок-схему алгоритму роботи котельні представлено на рисунку 2.3



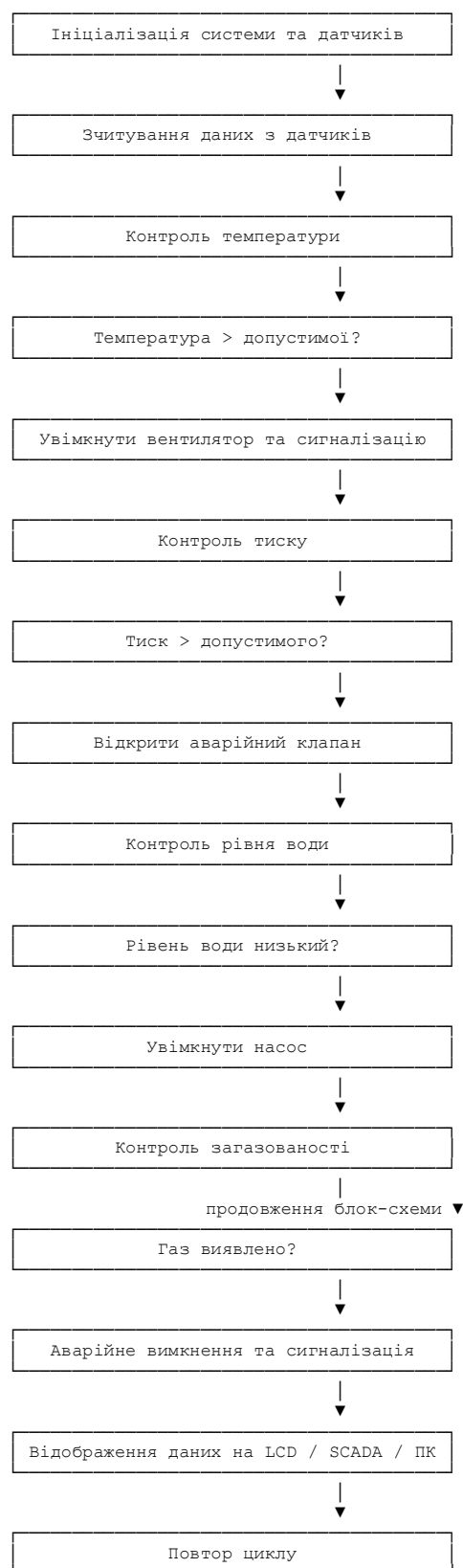


Рисунок 2.3 - Блок-схема відображає послідовність роботи комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні.

4.3 Датчики

Датчик температури (рис. 2.4);



Рисунок 2.4 - Цифровий датчик температури

Загальна характеристика

DS18B20 — цифровий датчик температури, який широко використовується у системах автоматизації, котельнях, системах опалення та промисловому моніторингу. Датчик забезпечує точне вимірювання температури та просте підключення до мікроконтролерів Arduino, STM32 і PLC.

Принцип роботи

Датчик вимірює температуру навколишнього середовища та передає цифрові дані через інтерфейс 1-Wire до контролера.

Контролер:

1. надсилає запит;
2. отримує цифрове значення температури;
3. обробляє та відображає результат.

Основні технічні характеристики цифрового датчика температури зведено в таблицю 2.6

Таблиця 2.6 - Основні технічні характеристики цифрового датчика температури DS18B20

Параметр	Значення
Тип датчика	Цифровий
Діапазон вимірювання	від -55 °C до +125 °C
Точність	±0.5 °C
Напруга живлення	3.0–5.5 В
Інтерфейс	1-Wire
Кількість проводів	3
Час вимірювання	до 750 мс
Роздільна здатність	9–12 біт
Споживання струму	≈1 мА
Тип корпусу	ТО-92 або герметичний

Основні виводи датчика DS18B20 зведено в таблицю 2.7

Таблиця 2. - Основні виводи датчика DS18B20

Вивід	Призначення
VCC	Живлення +5 В
GND	Земля
DATA	Передача даних

Переваги DS18B20

- ☐ висока точність;
- ☐ цифровий сигнал без перешкод;
- ☐ просте підключення;
- ☐ підтримка кількох датчиків на одній шині;
- ☐ можливість роботи на великих відстанях;
- ☐ низьке енергоспоживання.

Недоліки

- невелика швидкість передачі даних;
- потребує підтягувального резистора 4.7 кОм;
- обмежена швидкодія у порівнянні з аналоговими датчиками.

Підключення датчика до Arduino

DS18B20 Arduino

VCC → +5V

GND → GND

DATA → D2

Між DATA та +5V встановлюється резистор 4.7 кОм.

Використання у котельні

У системі контролю котельні датчик застосовується для:

- контролю температури теплоносія;
- контролю температури котла;
- захисту від перегріву;
- автоматичного керування вентиляторами та насосами;
- аварійної сигналізації.

DS18B20 є надійним і точним цифровим датчиком температури, який ефективно використовується у комп'ютерних системах контролю котелень. Простота підключення та висока точність роблять його популярним рішенням для автоматизованих систем моніторингу температури.

Датчик тиску

Датчик тиску є важливим елементом системи автоматизації котельні. Він забезпечує безпечну та стабільну роботу обладнання, дозволяє своєчасно виявляти аварійні режими та підвищує ефективність функціонування теплоенергетичної системи на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 - Датчик тиску

Загальна характеристика

Датчик тиску — це вимірювальний пристрій, призначений для контролю тиску рідин або газів у системах автоматизації та теплоенергетики. У котельнях датчики тиску використовуються для безперервного моніторингу роботи котла та запобігання аварійним ситуаціям.

Датчик перетворює механічний тиск у електричний сигнал, який передається до контролера Arduino, STM32 або PLC.

Принцип роботи

Під дією тиску чутливий елемент датчика деформується та змінює електричний сигнал на виході.

Контролер:

1. зчитує аналогове значення;
2. перетворює його у значення тиску;
3. виконує контроль та аварійний захист.

Основні технічні характеристики датчика тиску зведено в таблицю 2.8

Таблиця 2.8 - Основні технічні характеристики датчика тиску

Параметр	Значення
Тип датчика	Аналоговий / цифровий
Діапазон вимірювання	0–10 бар
Напруга живлення	5 В
Вихідний сигнал	0–5 В
Точність	±1–2 %
Робоча температура	-20 °C ... +85 °C
Інтерфейс	Analog / I2C / SPI
Матеріал корпусу	Латунь / нержавіюча сталь

Основні виводи датчика в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Основні виводи датчика

Вивід	Призначення
VCC	Живлення +5 В
GND	Земля
OUT	Аналоговий сигнал

Підключення до Arduino

Датчик тиску Arduino

VCC → +5V

GND → GND

OUT → A0

Датчик тиску застосовується у котельні для: контролю тиску теплоносія; захисту котла від перевищення тиску; автоматичного керування насосами; контролю роботи трубопроводів; аварійного вимкнення системи.

Переваги

- ☐ висока точність;
- ☐ швидка реакція;
- ☐ надійність роботи;
- ☐ просте підключення;
- ☐ можливість автоматизації.

Недоліки

- ☐ потребує калібрування;
- ☐ чутливість до перепадів напруги;
- ☐ можливе забруднення мембрани.

Робота у системі контролю котельні датчик:

1. постійно вимірює тиск;
2. передає дані до контролера;
3. при перевищенні допустимого значення:
 - ☐ вмикається сигналізація;
 - ☐ відкривається аварійний клапан;
 - ☐ вимикається подача палива.

Датчик рівня води

Датчик рівня води — це пристрій, призначений для контролю рівня рідини у резервуарах, баках та котлах. У системах автоматизації котельні датчик використовується для контролю кількості води та запобігання роботі котла без теплоносія (рис. 2.6)

Датчик рівня води є важливим елементом комп'ютерної системи контролю котельні. Він забезпечує безпечну роботу обладнання, запобігає аварійним ситуаціям та дозволяє автоматизувати процес підтримки необхідного рівня теплоносія у системі.

Датчик передає сигнал до контролера Arduino, STM32 або PLC, який аналізує стан системи та керує насосним обладнанням.

Основні технічні характеристики зведено в таблицю 2.10

Таблиця 2.10 - Основні технічні характеристики датчика рівня води

Параметр	Значення
Тип датчика	Контактний / поплавковий
Напруга живлення	3.3–5 В
Робочий струм	до 20 мА
Вихідний сигнал	Цифровий / аналоговий
Робоча температура	0 °С ... +80 °С
Матеріал корпусу	Пластик / нержавіюча сталь
Інтерфейс	GPIO / Analog

Принцип роботи

Датчик визначає наявність або відсутність води.

При зміні рівня рідини: змінюється електричний сигнал; контролер отримує інформацію; система виконує необхідні дії.

Основні типи датчиків рівня

1. Поплавковий датчик. Працює за допомогою поплавця, який змінює положення залежно від рівня води.

Переваги: простота; надійність; низька вартість.

2. Ємнісний датчик. Визначає рівень за зміною ємності середовища.

3. Ультразвуковий датчик. Вимірює відстань до поверхні рідини ультразвуком.

Основні виводи датчика в таблиці 2.11

Таблиця 2.11 - Основні виводи датчика рівня води

Вивід	Призначення
VCC	Живлення
GND	Земля
OUT	Сигнальний вихід

Підключення до Arduino

Датчик рівня води Arduino

VCC	→	+5V
GND	→	GND
OUT	→	D3

Датчик рівня води у котельні використовується для:

- ☐ контролю наявності теплоносія;
- ☐ автоматичного керування насосами;
- ☐ захисту котла від «сухого ходу»;
- ☐ аварійного вимкнення системи;
- ☐ підтримки стабільного рівня води.

Алгоритм роботи

1. Датчик контролює рівень води.
2. Сигнал надходить до контролера.
3. Контролер аналізує стан:
 - ☐ нормальний рівень;
 - ☐ низький рівень;
 - ☐ аварійний рівень.
4. При низькому рівні: вмикається насос; подається сигналізація.

Переваги

- ☐ простота конструкції;
- ☐ надійність;

- низьке енергоспоживання;
- можливість автоматизації;
- швидке реагування.

Недоліки

- можливе забруднення контактів;
- потреба технічного обслуговування;
- обмеження при роботі з агресивними рідинами.



Рисунок 2.6 - Датчик рівня води

Датчик витрати теплоносія або газу.

Датчик витрати теплоносія або газу є важливим елементом автоматизованої системи контролю котельні. Він забезпечує контроль циркуляції та подачі ресурсів, дозволяє підвищити ефективність роботи системи та своєчасно виявляти несправності або аварійні режими (рис.2.7).



Рисунок 2.7- Датчик витрати теплоносія або газу

Загальна характеристика

Датчик витрати теплоносія або газу — це вимірювальний пристрій, призначений для контролю кількості рідини або газу, що проходить через трубопровід за певний проміжок часу.

У системах автоматизації котельні датчики витрати використовуються для:

- ☐ контролю циркуляції теплоносія;
- ☐ контролю подачі газу;
- ☐ моніторингу роботи насосів;
- ☐ виявлення аварійних ситуацій;
- ☐ підвищення енергоефективності.

Принцип роботи

Датчик встановлюється у трубопроводі.

Під час проходження води; теплоносія; газу

відбувається обертання турбіни або зміна параметрів потоку, після чого формується електричний сигнал.

Основні технічні характеристики в табл. 2.12

Контролер:

1. зчитує імпульси;
2. обчислює витрату;
3. аналізує стан системи.

Використання у котельні

Датчик витрати застосовується для:

- ☐ контролю подачі теплоносія;
- ☐ контролю витрати газу;
- ☐ виявлення витоків;
- ☐ контролю роботи циркуляційного насоса;
- ☐ оптимізації роботи системи опалення.

Таблиця 2.12 - Основні технічні характеристики датчика витрати теплоносія

Параметр	Значення
Тип датчика	Турбінний / ультразвуковий / електромагнітний
Робоча напруга	5–24 В
Вихідний сигнал	Імпульсний / аналоговий
Робоче середовище	Вода, теплоносій, газ
Діапазон витрати	1–60 л/хв
Робочий тиск	до 1.75 МПа
Температура середовища	до +80 °С
Матеріал корпусу	Латунь / пластик / сталь

Основні виводи датчика зведено в табл. 2.13

Таблиця 2.13 - Основні виводи датчика витрати теплоносія

Вивід	Призначення
VCC	Живлення
GND	Земля
OUT	Сигнальний вихід

Підключення до Arduino

Датчик витрати	Arduino

VCC	→ +5V
GND	→ GND
OUT	→ D4

Алгоритм роботи

1. Датчик вимірює потік рідини або газу.
2. Сигнал передається до контролера.
3. Контролер обчислює витрату.
4. Дані відображаються у SCADA або на дисплеї.
5. При відхиленні параметрів система формує аварійне повідомлення.

Переваги

- висока точність вимірювання;
- швидке реагування;
- автоматичний контроль потоку;
- просте підключення;
- можливість інтеграції у PLC та SCADA.

Недоліки

- чутливість до забруднення;
- потреба періодичного обслуговування;
- можливі похибки при турбулентному потоці.

Датчик диму та загазованості.

Загальна характеристика. Датчик диму та загазованості — це електронний пристрій, призначений для виявлення диму, витoku газу та небезпечних концентрацій горючих газів у повітрі.

Датчик диму та загазованості є важливим елементом комп'ютерної системи контролю котельні. Він забезпечує постійний моніторинг повітряного середовища, дозволяє оперативно виявляти витік газу та дим, а також значно підвищує рівень безпеки роботи котельного обладнання (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 - Датчик диму та загазованості

У системах автоматизації котельні датчики використовуються для:

- ☐ контролю безпеки;
- ☐ виявлення витоку газу;
- ☐ запобігання пожежам;
- ☐ аварійного вимкнення обладнання;
- ☐ подачі сигналізації.

Параметри зведено в таблицю 2.14. Одним із найпоширеніших датчиків є MQ-2.

Принцип роботи Усередині датчика знаходиться чутливий напівпровідниковий елемент. При появі: диму; природного газу; пропану; метану; чадного газу; змінюється електричний опір сенсора.

Контролер:

1. зчитує сигнал;
2. аналізує концентрацію газу;
3. виконує аварійні дії.

Основні технічні характеристики MQ-2 Параметри датчика зведено в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 Основні технічні характеристики MQ-2

Параметр	Значення
Тип датчика	Газовий / димовий
Робоча напруга	5 В
Споживання струму	до 150 мА
Вихідний сигнал	Аналоговий та цифровий
Чутливість	Метан, пропан, бутан, дим
Час прогріву	20–60 с
Робоча температура	-10 °C ... +50 °C
Інтерфейс	GPIO / Analog

Основні виводи датчика в табл. 2.15

Таблиця 2.15 - Основні виводи датчика диму та загазованості.

Вивід	Призначення
VCC	Живлення +5 В
GND	Земля
АО	Аналоговий вихід
DO	Цифровий вихід

Підключення до Arduino

MQ-2 Arduino

VCC	→	+5V
GND	→	GND
АО	→	A2
DO	→	D5

Використання у котельні у котельні для:

- ☐ виявлення витoku газу;
- ☐ контролю диму;
- ☐ виявлення аварійних ситуацій;
- ☐ автоматичного вимкнення подачі газу;
- ☐ запуску сигналізації;
- ☐ підвищення пожежної безпеки.

Алгоритм роботи

1. Датчик контролює стан повітря.
2. При появі газу або диму: змінюється сигнал; контролер фіксує перевищення порогу.
3. Система: вмикає сигналізацію; перекриває подачу газу; вимикає котел; передає повідомлення оператору.

Переваги

- ☐ швидке виявлення газу;
- ☐ просте підключення;
- ☐ низька вартість;
- ☐ сумісність з Arduino та PLC;
- ☐ можливість автоматизації.

Недоліки

- ☐ потребує прогріву;
- ☐ чутливість до вологості;
- ☐ можливі хибні спрацювання;
- ☐ невисока точність концентрації.

Переваги використання у котельнях. Використання датчиків диму та загазованості дозволяє: підвищити безпеку персоналу; запобігти вибухам; своєчасно виявити аварії; автоматизувати систему захисту.

5 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Алгоритм роботи комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Система призначена для безперервного контролю технологічних параметрів котельні, керування виконавчими механізмами та забезпечення безпечної роботи обладнання.

Алгоритм роботи комп'ютерної системи (рис.3.1) контролю режимів роботи котельні починається з подачі живлення на мікроконтролер Arduino та підключені до нього датчики і виконавчі пристрої. Після запуску система виконує ініціалізацію обладнання, перевіряє працездатність датчиків температури, тиску, рівня води та датчика загазованості.

Після завершення ініціалізації система переходить у режим безперервного моніторингу технологічних параметрів котельні. З певним часовим інтервалом контролер зчитує дані з усіх датчиків та виконує їх обробку.

На першому етапі здійснюється контроль температури теплоносія. Якщо температура нижча за встановлене значення, система формує команду на запуск котла або підтримання його роботи. При досягненні заданої температури потужність нагріву зменшується або пальник вимикається.

Далі виконується контроль тиску в системі опалення. Отримані значення порівнюються з допустимими межами. У разі перевищення максимально допустимого тиску або його падіння нижче встановленого рівня формується аварійне повідомлення.

Одночасно контролюється рівень води в котлі або розширювальному баку. При зниженні рівня нижче допустимого значення система блокує роботу котла та повідомляє оператора про несправність.

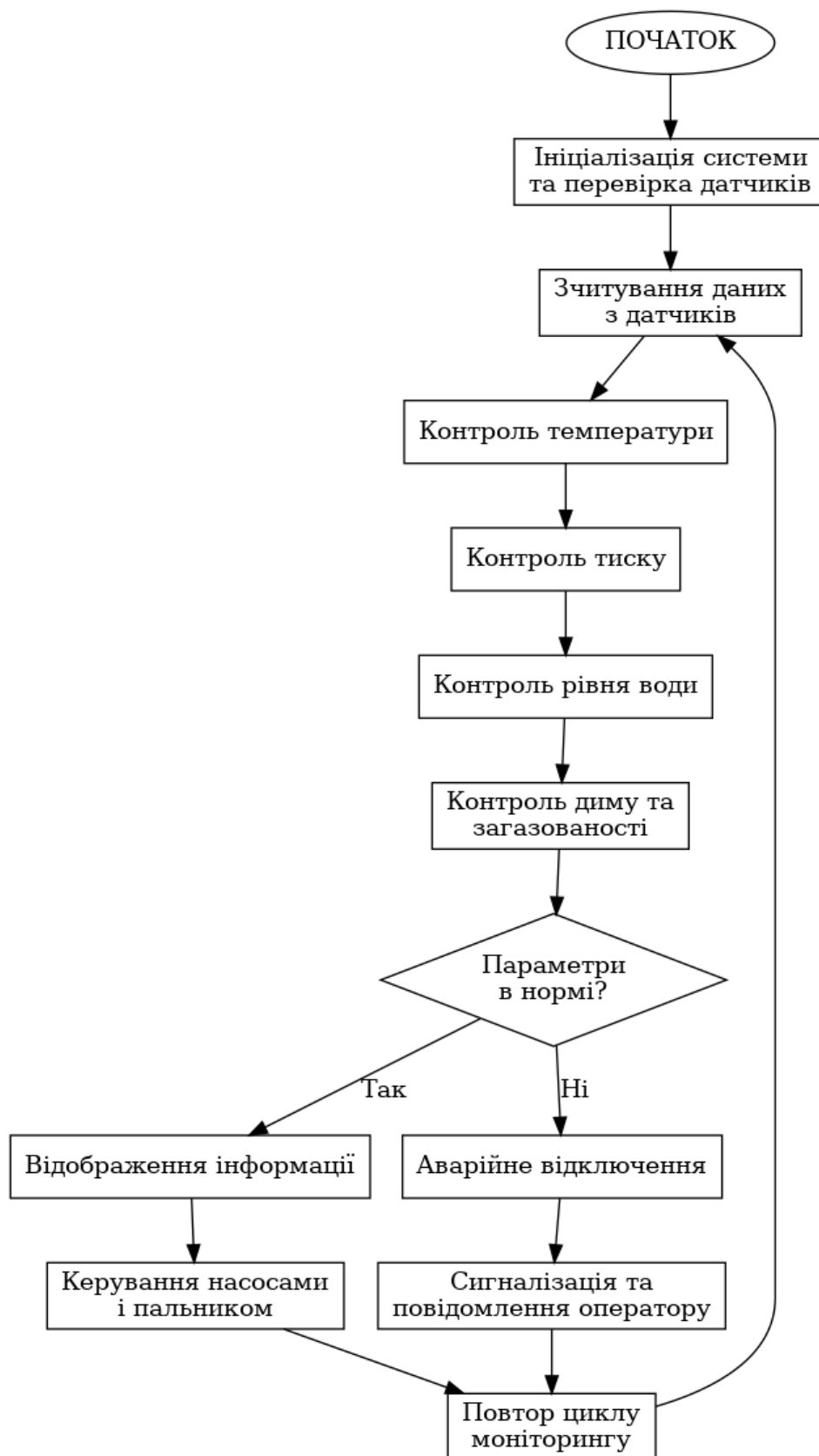


Рисунок 3.1 - Алгоритм роботи комп'ютерної системи (рис.3.1) контролю режимів роботи котельні

Наступним етапом є контроль загазованості та задимленості приміщення. Якщо датчик фіксує підвищену концентрацію газу або диму, контролер негайно перекриває електромагнітний газовий клапан, вимикає пальник та активує світлову і звукову сигналізацію.

Після аналізу всіх параметрів система формує інформацію для відображення на дисплеї або персональному комп'ютері оператора. На екран виводяться поточні значення температури, тиску, рівня води та стан виконавчих механізмів.

Цикл контролю повторюється безперервно протягом усього часу роботи котельні. У разі виникнення аварійної ситуації система переходить до режиму аварійного захисту, вимикає небезпечне обладнання та повідомляє обслуговуючий персонал про причину аварії.

Завдяки такому алгоритму забезпечується автоматичний контроль технологічного процесу, підвищується безпека експлуатації котельні та зменшується вплив людського фактора на роботу обладнання.

Алгоритм роботи системи

1. Після подачі живлення Arduino Mega ініціалізує всі підключені пристрої.
2. Контролер періодично опитує датчики температури, тиску, рівня води, витрати та загазованості.
3. Отримані дані відображаються на LCD-дисплеї та можуть передаватися через Wi-Fi.
4. Програма порівнює виміряні значення із заданими уставками.
5. За результатами аналізу контролер подає сигнали на релейний модуль для керування насосом, вентилятором та клапаном.
6. У разі виникнення аварійної ситуації (перегрів, перевищення тиску, низький рівень води або витік газу) система:
 - ☐ вимикає відповідне обладнання;
 - ☐ перекриває подачу газу;
 - ☐ активує аварійну сигналізацію;

- передає повідомлення оператору через мережу Wi-Fi.

3.2 Структурна схема комп'ютерної системи керування котельнею на базі мікроконтролера Arduino Mega.

Розроблено структурну схему комп'ютерної системи керування модульною котельнею на базі мікроконтролера Arduino Mega (рис. 3.2)

Принцип роботи

1. Датчики контролюють параметри котельні.
2. Сигнали надходять до контролера.
3. Контролер аналізує значення параметрів.
4. Через реле керуються насос, вентилятор або клапан.

Інформація виводиться на дисплей або SCADA-систему

Опис роботи схеми комп'ютерної системи керування модульною котельнею

Живлення системи

Живлення системи здійснюється від мережі змінного струму 220 В. Блок живлення перетворює напругу 220 В AC у 12 В DC. Для живлення мікроконтролера та електронних модулів використовується перетворювач DC-DC 12 В → 5 В, який забезпечує стабілізовану напругу 5 В.

Центральний контролер

Основним елементом системи є плата Arduino Mega, яка виконує функції збору даних із датчиків, їх обробки, відображення інформації та формування керуючих сигналів для виконавчих механізмів.

Контроль технологічних параметрів

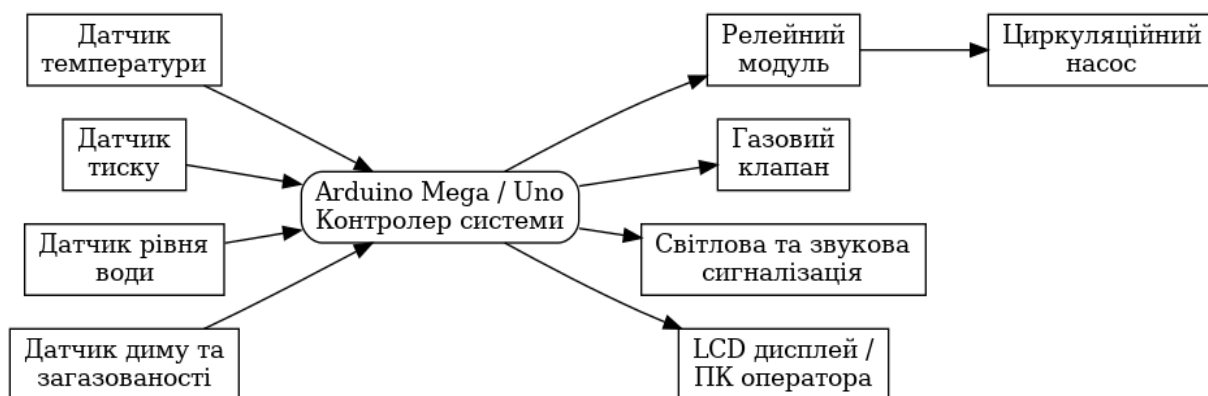


Рисунок 3.2 - Структурна схема комп'ютерної системи керування модульною котельнею на базі мікроконтролера Arduino Mega

3.3 Схема з'єднання комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні представлена

Модуль ESP8266 забезпечує підключення системи до мережі Wi-Fi. Це дозволяє:

- здійснювати дистанційний моніторинг роботи котельні;
- передавати дані на сервер або мобільний додаток;
- отримувати повідомлення про аварійні ситуації.

Керування виконавчими механізмами

Для комутації силових навантажень використовується 4-канальний релейний модуль, підключений до цифрових виходів Arduino Mega.

Реле керують такими пристроями:

Насос циркуляції

- забезпечує циркуляцію теплоносія;
- вмикається при досягненні заданої температури.

Вентилятор

- використовується для подачі повітря в камеру згоряння або вентиляції приміщення;
- керується залежно від режиму роботи котла.

Електромагнітний клапан

- ☐ відкриває або перекриває подачу газу чи теплоносія;
- ☐ автоматично закривається при аварії.
- ☐ Аварійна сигналізація
- ☐ вмикається при перевищенні температури, тиску або виявленні витоку газу;
- ☐ повідомляє персонал про небезпечний режим роботи.

До контролера підключені такі датчики:

1. Датчик температури DS18B20 (D2)

Використовується для вимірювання температури теплоносія в системі опалення. Дані надходять до контролера через цифровий інтерфейс і використовуються для підтримання заданого температурного режиму.

2. Датчик тиску 0–10 бар (A0)

Забезпечує контроль тиску теплоносія в системі. Аналоговий сигнал від датчика подається на аналоговий вхід контролера, де перетворюється у цифрове значення для подальшої обробки.

3. Датчик рівня води (A1)

Призначений для контролю рівня води в котлі або накопичувальному баку. У разі зниження рівня нижче допустимого значення система може активувати аварійний режим або відключити обладнання.

4. Датчик витрати (A2)

Контролює наявність і величину потоку теплоносія або газу. Інформація використовується для контролю працездатності системи циркуляції та своєчасного виявлення несправностей.

5. Датчик диму та загазованості MQ-2 (D3)

Здійснює моніторинг концентрації горючих газів і продуктів згоряння. При перевищенні допустимого рівня контролер формує сигнал аварії та може вимкнути обладнання для запобігання небезпечним ситуаціям.

Відображення інформації

Для візуального контролю параметрів використовується LCD-дисплей з інтерфейсом I2C. На дисплеї відображаються:

- ☐ температура теплоносія;
- ☐ тиск у системі;
- ☐ рівень води;
- ☐ стан виконавчих механізмів;
- ☐ повідомлення про аварії та несправності.

Принцип роботи системи

Після подачі живлення Arduino Mega ініціалізує всі підключені пристрої.

Контролер періодично опитує датчики температури, тиску, рівня води, витрати та загазованості.

Отримані дані відображаються на LCD-дисплеї та можуть передаватися через Wi-Fi.

Програма порівнює виміряні значення із заданими уставками.

За результатами аналізу контролер подає сигнали на релейний модуль для керування насосом, вентилятором та клапаном.

У разі виникнення аварійної ситуації (перегрів, перевищення тиску, низький рівень води або витік газу) система:

- ☐ вимикає відповідне обладнання;
- ☐ перекриває подачу газу;
- ☐ активує аварійну сигналізацію;
- ☐ передає повідомлення оператору через мережу Wi-Fi.

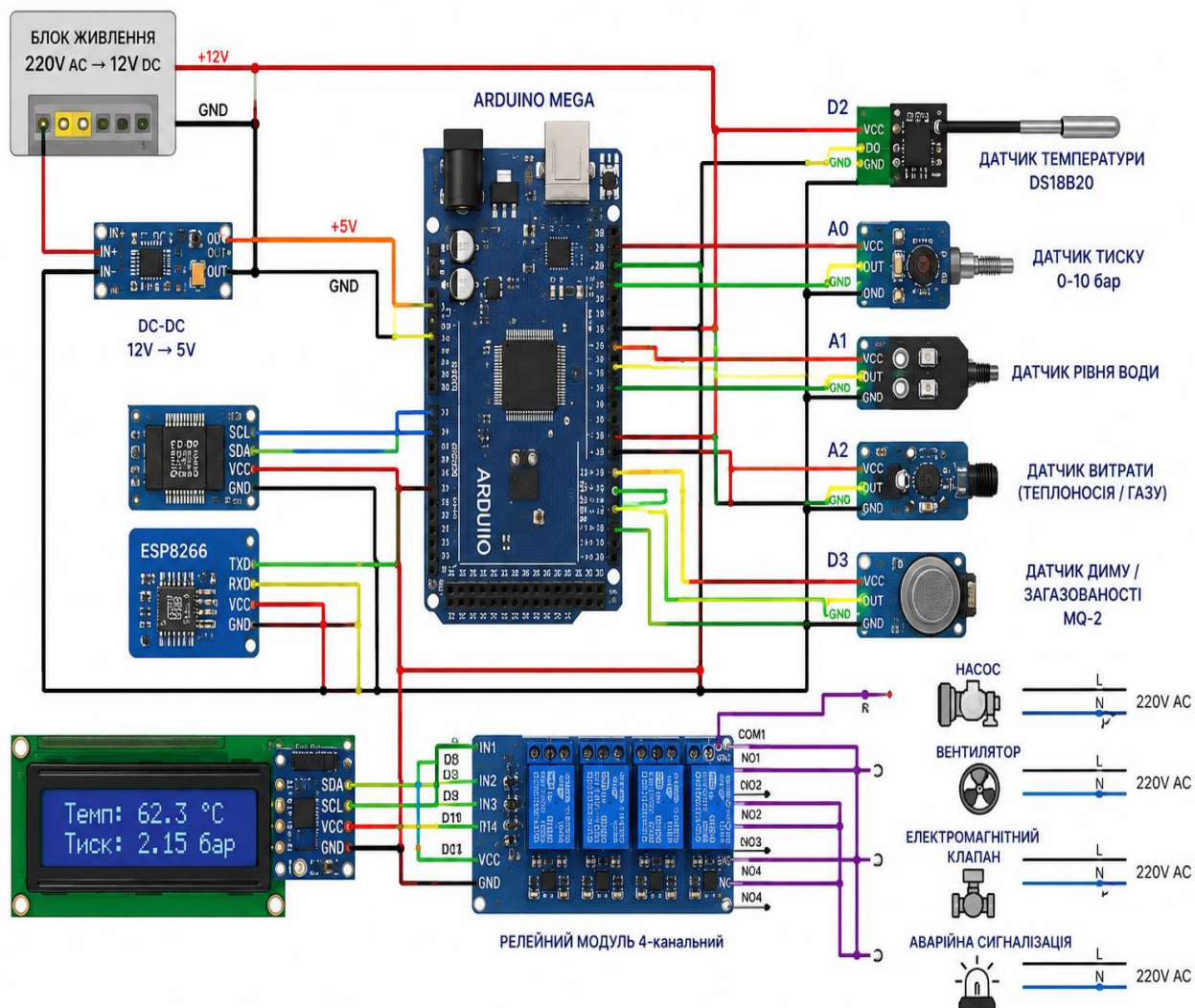


Рисунок 3.3 - Схема з'єднання комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Таким чином, запропонована комп'ютерна система забезпечує автоматичний контроль основних параметрів котельні, підвищує безпеку експлуатації обладнання та дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг технологічного процесу

3.4 Схема підключення комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Схема підключення комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні представлена на рисунку 3.4.



Рисунок 3.3 - Схема підключення комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Зображена установка є автоматизованою газовою котельнею, призначеною для виробництва теплової енергії та подачі теплоносія до системи опалення або гарячого водопостачання. До складу котельні входять водогрійний котел, газовий пальник, циркуляційні насоси, трубопроводи, запірно-регулююча арматура та шафа автоматичного керування рисунок 3.5.



Рисунок 3.5 - Установка є газовою котельнею, призначеною для виробництва теплової енергії та подачі теплоносія до системи опалення або гарячого водопостачання.

Принцип роботи установки

Природний газ надходить до пальника через газопровід та систему регулювання подачі газу. Після запуску пальника відбувається спалювання газоповітряної суміші, внаслідок чого утворюється тепла енергія. Отримане тепло передається теплоносію (воді), який циркулює через теплообмінні поверхні котла. Нагріта вода за допомогою циркуляційних насосів подається до системи опалення споживача. Після віддачі тепла в радіаторах або теплообмінниках охолоджений теплоносій повертається назад до котла для повторного нагрівання. Таким чином утворюється замкнений цикл циркуляції теплоносія. Для забезпечення безпечної та ефективної роботи котельні використовується система автоматичного контролю. Датчики температури контролюють температуру води на подачі та зворотній лінії, датчики тиску відстежують робочий тиск у системі, а датчики загазованості та диму забезпечують пожежну безпеку.

Шафа керування здійснює:

- ☐ автоматичний запуск і зупинку пальника;
- ☐ керування роботою насосів;
- ☐ підтримання заданої температури теплоносія;
- ☐ контроль аварійних режимів;
- ☐ світлову та звукову сигналізацію несправностей.

У разі перевищення допустимих значень температури, тиску або виявлення витoku газу система автоматично відключає подачу газу до пальника та подає сигнал тривоги оператору.

Основні функції автоматизації

- ☐ контроль температури теплоносія;
- ☐ контроль тиску в системі;
- ☐ контроль рівня води;
- ☐ контроль загазованості приміщення;
- ☐ автоматичне керування насосами;
- ☐ аварійний захист обладнання;
- ☐ передача даних на комп'ютер оператора.

Така система забезпечує надійну, економічну та безпечну роботу котельні з мінімальним втручанням обслуговуючого персоналу.

Функції програми

Функції програми

- ☐ контроль температури;

- ☐ контроль тиску;
- ☐ контроль рівня води;
- ☐ виявлення диму або газу;
- ☐ керування насосом;
- ☐ керування вентилятором;
- ☐ аварійна сигналізація;
- ☐ виведення інформації на LCD;
- ☐ передача даних у Serial Monitor.

Необхідні бібліотеки Arduino

- ☐ OneWire
- ☐ DallasTemperature
- ☐ LiquidCrystal_I2C

Підключення

Елемент	Пін
DS18B20	D2
Датчик рівня	D3
Датчик тиску	A0
MQ-2	A2
Насос (реле)	D8
Вентилятор	D9
Клапан	D10
Сигналізація	D11

Комп'ютерна система контролю котельні
 Arduino Mega / UNO

-----*/

```

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// ----- Пінни -----
#define TEMP_PIN 2
#define LEVEL_PIN 3
#define GAS_PIN A2
#define PRESSURE_PIN A0

#define RELAY_PUMP 8
#define RELAY_FAN 9
#define RELAY_VALVE 10
#define ALARM_PIN 11

// ----- Температура -----
OneWire oneWire(TEMP_PIN);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// ----- LCD -----
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

----- Змінні -----
float temperature;
float pressure;
int gasValue;
int waterLevel;

// ----- Межі -----
float MAX_TEMP = 80.0;
float MAX_PRESSURE = 3.0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  sensors.begin();

  lcd.init();

```

```

lcd.backlight();

pinMode(LEVEL_PIN, INPUT);

pinMode(RELAY_PUMP, OUTPUT);
pinMode(RELAY_FAN, OUTPUT);
pinMode(RELAY_VALVE, OUTPUT);
pinMode(ALARM_PIN, OUTPUT);

digitalWrite(RELAY_PUMP, LOW);
digitalWrite(RELAY_FAN, LOW);
digitalWrite(RELAY_VALVE, LOW);
digitalWrite(ALARM_PIN, LOW);

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("System Start");
delay(2000);
lcd.clear();
}

void loop()

// ----- Температура -----
sensors.requestTemperatures();
temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

// ----- Тиск -----
int pressureRaw = analogRead(PRESSURE_PIN);
pressure = map(pressureRaw, 0, 1023, 0, 100) / 10.0;

// ----- Рівень води -----
waterLevel = digitalRead(LEVEL_PIN);

// ----- Газ / дим -----
gasValue = analogRead(GAS_PIN);

// ----- LCD -----
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("T:");
lcd.print(temperature);
lcd.print((char)223);
lcd.print("C ");

```

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("P:");
lcd.print(pressure);
lcd.print("bar ");

// ----- Насос -----
if (waterLevel == LOW)
{
digitalWrite(RELAY_PUMP, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(RELAY_PUMP, LOW);
}

// ----- Вентилятор -----
if (temperature > MAX_TEMP)
{
digitalWrite(RELAY_FAN, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(RELAY_FAN, LOW);
}

// ----- Аварійний клапан -----
if (pressure > MAX_PRESSURE)
{
digitalWrite(RELAY_VALVE, HIGH);
digitalWrite(ALARM_PIN, HIGH);
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("HIGH PRESSURE!");
}
else
{
digitalWrite(RELAY_VALVE, LOW);
digitalWrite(ALARM_PIN, LOW);
}

```

```

}

// ----- Загазованість -----
if (gasValue > 500)
{
digitalWrite(ALARM_PIN, HIGH);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);

.....

```

3.6 Тестування основних функцій

Тестування основних функцій з метою перевірки працездатності, точності вимірювання параметрів та надійності роботи системи в різних режимах експлуатації.

Мета тестування

- ☐ перевірка коректності роботи датчиків;
- ☐ перевірка передачі даних до контролера;
- ☐ тестування алгоритмів керування;
- ☐ перевірка аварійної сигналізації;
- ☐ оцінка стабільності роботи системи.

Тестування датчика температури

Було виконано нагрівання датчика DS18B20 для перевірки правильності вимірювання температури.

Температура	Результат
25 °C	Норма

60 °C	Норма
>80 °C	Увімкнення вентилятора

Результат: система правильно реагує на перевищення допустимої температури.

Тестування датчика тиску

Проводилася подача змінного тиску на датчик

Тиск	Результат
1 бар	Норма
2 бар	Норма
>3 бар	Аварійний режим

Результат: при перевищенні критичного тиску система відкриває аварійний клапан та активує сигналізацію.

Тестування датчика рівня води

Стан	Результат
Нормальний рівень	Насос вимкнений
Низький рівень	Насос увімкнений

Результат: система коректно виявляє небезпечну концентрацію газу.

Тестування датчика загазованості mq-2 змодельовано появу диму та газу.

Значення датчика	Результат
Нормальний стан	Норма
Перевищення порогу	Аварійна сигналізація

Результат: система коректно виявляє небезпечну концентрацію газу.

Тестування lcd дисплея та serial monitor

Перевірено: відображення температури; відображення тиску; повідомлення про аварії; передачу даних на ПК.

Результат: інформація відображається без помилок

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Оцінка умов виконання дипломної роботи

Виконання дипломної роботи проходило в УДУНТ ННІ УДХТУ на кафедрі КІТ та Р. Протягом виконання роботи за темою «Розробка комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні» були ідентифіковані небезпечні та шкідливі фактори:

- Електромагнітне випромінювання через тривалу роботу з комп'ютером, особливо з моніторами та іншими електронними пристроями, може підвищувати рівень електромагнітного випромінювання, що у свою чергу негативно впливає на зір та нервову систему.
- Шумове навантаження через постійний фонову роботу системних блоків, вентиляторів та іншої техніки може викликати втоми та знижувати концентрацію уваги.
- Недостатнє або надмірне освітлення робочого місця може викликати швидкого навантаження на очі, що веде до зниження продуктивності та швидкої втоми.
- Ризик ураження електричним струмом через неправильне підключення обладнання чи використання несправних електроприладів може призвести до травм від електрики.
- Перегрівання електронних компонентів або коротке замикання можуть стати причиною виникнення пожежі.
- Недотримання температурного режиму в приміщенні може негативно позначатися на самопочутті та працездатності людини.

- Низька вологість сприяє пересиханню слизових оболонок, що може викликати дискомфорт та підвищити ризик захворювань [12, 13].

4.2 Міри щодо забезпечення безпечних і здорових умов праці

З метою забезпечення безпечних та комфортних умов праці під час розробки спеціалізованої комп'ютерної системи підрахунку об'єктів описано рекомендовані правила дотримання.

Робочі місця були обладнані відповідно до ергономічних вимог:

- Монітори розташовані на відстані 60–70 см від очей користувача, верхній край екрана знаходиться на рівні або трохи нижче рівня очей, щоб зменшує навантаження на шийну область та очі.

- Клавіатура розміщена на відстані 15–30 см від краю столу, з кутом нахилу до 5° - 15° для зручного набору тексту

- Робочі столи мають регулювання по висоті не більше 680 – 760 мм, або за відсутності такої можливості по висоті 720 мм. Робочий стілець повинен мати підймальний механізм, для регуляції висоти посадки та спини. Також повинно бути організовано місце для ніг у розмірі 600 мм. ширини, 650 мм висоти. та 500 мм. глибини.

- Мишка повинна розміщуватися на одну рівні з клавіатурою

Це дозволяє адаптувати місця під індивідуальні потреби працівників, забезпечуючи правильну поставу та зменшуючи статичне навантаження на опорно-руховий апарат [14].

На одне робоче місце повинно припадати не менше 6 м² та 20 м³ об'єму, так як це напряду впливає на концентрацію кисню в повітрі, регуляцію температури й вологості, що безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність робітника.

Відстань між бічними поверхнями ВДТ (відео терміналами) має бути не менше 1,2 м, а між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не менше 2,5 м.

Приміщення повинно бути обладнанні аптечками першої медичної допомоги та місцями для відпочинку.

Також за умовами вимог до організації режиму роботи необхідно дотримуватися правил щодо перерв під час роботи. Робітник повинен мати 2 або 3 перерви тривалістю 10 хвилин кожна. Кількість опрацьованих символів не повинна перевищувати 30 000 за 4 години роботи. Перерви та навантаження повинно рівномірно розподілити на весь час роботи та періодично змінювати тип роботи на інший вид діяльності [15].

Норми мікроклімату за класифікацією за важкістю та енерговитратами відповідають I категорії робіт (легкі, що виконуються сидячі), як параметрів повітряного середовища, які впливають на людини, повинні дотримуватися в залежності від типу пори року (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Нормативні параметри мікроклімату.

Пора року	Температура, С°	Вологість, %	Швидкість повітря
тепла	21-23	45 - 60	$\leq 0,1$
холодна	18 - 20	40 - 60	$\leq 0,2$

Недотримання сприяє тепловому дискомфорту, втомі та зниженню продуктивності.

При виборі освітлення потрібно спочатку провести розрахунки освітленості робочої кімнати для визначення необхідної кількості освітлювальних приладів. Величина світлового потоку розраховують за формулою 4.1.

$$V = X * Y * Z \quad (4.1)$$

де V - величина світлового потоку

X – стандарт норми освітлення, Лк

Y – Площа приміщення, м²

Z – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу залежить від висоти стелі:

До 2,7 м = 1;

Від 2,7 до 3 м = 1,2;

Від 3 до 3,5 = 1,5;

Від 3,5 до 5,5 = 2;

З урахуванням коефіцієнту при висоті стелі до 2,7м = 1, нормою освітленості для офісу або кабінету та площею робочого кабінету 20 м² величина світлового потоку буде розраховуватися за формулою 4.1 :

$$V = 300 * 20 * 1 = 6000 \text{ Лм}$$

Таким чином, для забезпечення належного рівня освітленості в кабінетному приміщенні площею 20 м² при висоті стелі до 2,7 м необхідний сумарний світловий потік у 6000 люменів.

Для забезпечення рівня освітленості найкращим варіантом буде LED лампа через енергоефективність. Середній світловий потік однієї становить в середньому 1500 Лм. Звідси для забезпечення світлового потоку для робочої кімнати необхідно встановити 4 світлодіодні лампи. Вони повинні бути розташовані між рядами робочих місць або в зонах бічного освітлення для запобігання засліплення або блисків на моніторі, без потрапляння до очей прямих променів світла [16].

Відповідно до будівельних норм, у приміщенні обов'язково має бути організована вентиляція - природна або штучна. Вона повинна забезпечувати достатній притік і відтік повітря, щоб у кімнаті завжди було свіже повітря у потрібній кількості. Для цього розраховується кратність повітрообміну за формулою 4.2.

$$L = V_{\text{пом}} * K_p \quad (4.2)$$

де L – кратність повітрообміну, м³/ год

$V_{\text{пом}}$ – об'єм приміщення, м³

K_p – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год.

Звідси для приміщення з об'ємом 54 м^3 , з мінімальною кратністю для офісного приміщення від 5 до 7 одиниць на годину за формулою 4.2 повітрообмін повинен бути:

$$L = 54 * 6 = 324 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Отже, щоб забезпечити хорошу вентиляцію в кімнаті площею 20 м^2 з висотою стелі $2,7 \text{ м}$, потрібно, щоб за годину повітря в приміщенні повністю оновлювалося - 324 м^3 на годину.

Досягти такого обсягу повітрообміну можливо кількома способами:

- Природня вентиляція за допомогою вікон або дверей.
- Штучна вентиляція з продуктивністю не менше 324 м^3 на годину.
- Кондиціонер з приливною вентиляцією або установка типу «Рекупатор», яка дозволяє очищати повітря без втрати тепла[17].

Щоб убезпечити працівників від ураження електричним струмом, потрібно організувати захисне заземлення та встановити автоматичні вимикачі, які спрацьовують при короткому замиканні чи перевантаженні. Всі електроприлади мають бути надійно заземлені, а допустимий опір заземлення для електронного обладнання $R_e \leq 4 \text{ Ом}$. Основні витрати енергії в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Потужність обладнання.

прилад	Потужність, Вт
Комп'ютер	300
Монітор	80
Принтер	200
Маршрутизатор	70
Інше	200
Разом	850

Отже, електричне обладнання використовує 850 Ватт або майже 1 Кіловатт для перевантажень. Звідси при напрузі 220 В за формулою 4.3 визначимо сили струму:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{220} = 4,55 \text{ A} \quad (4.3)$$

Де I – сила струму, А

P – потужність, Вт

U – Напруга, В.

Для заземлення можна використати сталевий прут діаметром 16 мм. та розрахувати опір вертикального електроду за формулою 4.4.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} * \ln\left(\frac{2L}{d}\right) \quad (4.4)$$

де R – опір заземлення, Ом

ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м

L – довжина електроду, м

d – діаметр електроду, м

Розрахуємо сталевий пруток довжиною 2,5 метру та діаметром 16 міліметр, середній рекомендований питомий опір ґрунту для чорнозему 100 Ом·м.. Тоді опір вертикального електроду за формулою 4.4. виглядає наступним чином

$$R = \frac{100}{2*3,14*2,5} * \ln\left(\frac{2*2,5}{0,016}\right) = \frac{100}{15,7} * \ln(312,5) = 36,6 \text{ Ом}$$

Так як отриманий опір більше ніж допустимий $R_e \leq 4 \text{ Ом}$, тоді потрібно визначити кількість додаткових заземлювачів за формулою 4.5

$$n = \frac{R}{R_e} = \frac{36,6}{4} = 9,15 = 10 \quad (4.5)$$

Тому для надійного заземлення потрібно додатково встановити 10 вертикальних електродів або об'єднати їх в контури [18].

4.3 Характеристика приміщення щодо вибухо- та пожежної безпеки

Кабінетне приміщення площею 20 м² з висотою стелі 2,7 м, обладнане комп'ютерами відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 класифікується за вибухопожежною та пожежною безпекою як категорія В. До цієї категорії належать приміщення, де знаходяться або використовуються горючі та важко займисті рідини, тверді горючі, які можуть стати джерелом пожежі. До основних причин пожежі належать:

- несправне електрообладнання або порушення правил експлуатації електроприладів, наприклад, залишення їх без нагляду чи використання не за призначенням;
- необережне поводження з вогнем, паління в заборонених місцях, застосування відкритого вогню.
- недотримання правил зберігання горючих матеріалів: зберігання паперу, тканин та інших легкозаймистих речовин поблизу джерел тепла, що може призвести до пожежі або вибуху [19].

4.4 Протипожежні заходи

Для запобігання пожежам у кабінеті слід дотримуватися комплексу заходів, які відповідають сучасним вимогам пожежної безпеки:

- регулярно перевіряти електромережі та обладнання та своєчасно усувати виявлені несправності.
- Встановити автоматичну систему пожежної сигналізації, яка дозволяє швидко виявити загоряння та повідомити про небезпеку.
- Оснастити кабінет первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ящиками з піском, водяними бочками, покривалами з

негорючого матеріалу, пожежними відрами, совковими лопатами та інструментом.

- Створити план евакуації з чітко позначеними шляхами виходу, а також провести навчання персоналу щодо дій у разі пожежі.
- Регулярно проводити інструктажі з пожежної безпеки та стежити за дотриманням встановлених правил усіма працівниками.

Кабінет розташований у будівлі II ступеня вогнестійкості, тобто основні конструкції виконані з негорючих матеріалів (залізобетон тощо), а межа вогнестійкості становить не менше 0,75 години.

В кабінеті площею 20 м² достатньо одного комплекту первинних засобів пожежогасіння, до якого входять:

- Вогнегасники;
- Пожежні кран-комплекти;
- Ящики з піском;
- Бочки з водою;
- Покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу;
- Пожежні відра, совкові лопати, пожежний інструмент, а саме: багор, лом, гак, сокира [20].

Для пожежного водопостачання розрахуємо об'єм резервного запасу води для гасіння пожежі визначається за формулою 4.6

$$Q = 3600 * r * q \quad (4.6)$$

де r – середній час гасіння, 3 години

q – сумарний витрат води, л·с⁻¹, яка визначається за формулою 4.7:

$$q = q_{\text{зовн}} + q_{\text{вн}} + q_{\text{авт}} \quad (4.7)$$

де $q_{\text{зовн}}$ - витрата води на зовнішнє пожежогасіння, 10 л/с

$q_{\text{вн}}$ - витрата на внутрішнє гасіння, 5 л/с

$q_{\text{авт}}$ - витрата на автоматичні установки пожежогасіння, 30 л/с.

Тоді за формулами 4.6 та 4.7 обсяг води розраховується так:

$$q = 10 + 5 + 30 = 45 \text{ л/с}$$

$$Q = 3600 * 3 * 45 = 486000 \text{ л.}$$

Таким чином необхідний запас обсягу води становить 486000 літрів води або 486 метрів кубічних.

4.5 Здійснення оцінки стану приміщення в екстрених випадках

З метою визначення стану будинку в надзвичайних ситуаціях розраховано надлишковий тиск вибуху балонів 40 на відстані 20 м. від місця роботи працівника для визначення можливих негативних наслідків вибуху для розробника та ступінь руйнування будівлі.

Визначення енергії вибуху визначається за формулою 4.8.

$$A = \frac{P - P_0}{\gamma - 1} * V \quad (4.8)$$

де P – тиск у балоні з пропан-бутаном при руйнуванні, 2500 кПа;

P_0 – атмосферний тиск, 101 кПа

γ – показник адіабати газу, 1,13

V – об'єм балонів, що визначається за формулою 4.9.

$$V = i * V_i \quad (4.9)$$

Де i – кількість балонів, 40

V_i – об'єм одного балона, 0.04.

$$V = 40 * 0.04 = 1.6 \text{ м}^3$$

Тоді енергія вибуху за формулою 4.8:

$$A = \frac{250000-10100}{1.13-1} * 1.6 = 29\,526\,154 \text{ Дж}$$

Або в тротиловому еквіваленті за формулою 4.10:

$$TE = \frac{A}{4,6 * 10^3} \quad (4.10)$$

$$TE = \frac{29\,526\,154}{4,6 * 10^3} = 6,4 \text{ кг}$$

Визначимо надлишковий тиск у фронті вибуху за формулою 4.11

$$\Delta P = \frac{105}{R} * \sqrt[3]{q} + \frac{410}{R} * \sqrt[3]{q^2} + \frac{1370}{R} * q \quad (4.11)$$

де R – дистанція до місця знаходження балонів, 20 м

q – показник вільного розповсюдження вибухової хвилі, за формулою 4.12

$$q = 0.5 * TE \quad (4.12)$$

$$q = 0.5 * 6.4 = 3.2$$

Тоді за формулою 4.11:

$$\Delta P = \frac{105}{20} * \sqrt[3]{3.2} + \frac{410}{20} * \sqrt[3]{3.2^2} + \frac{1370}{20} * 3.2 = 7.73 + 44.51 + 219.2 = 271.44 \text{ Па}$$

При надлишкову тиску в діапазоні вибухової хвилі на відстані 20 метрів досягає 271.44 Па, через те що епіцентр вибуху знаходиться на віддаленій відстані через це, вона буде відчуватися як вибухова хвиля. Під час такого вибуху робітник відчує коливання та вибухову хвилю, можливо зазнає стресу але вагомих поранень не дістане. Будівля не зазнає вагомих збитків, можливо падіння окремих легких предметів, обвалення штукатурки або розбиття старих, тонких вікон [21].

5. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ НА РЕАЛІЗАЦІЮ

5.1 Розрахунок витрат

Для розрахунку витрат при створенні системи підрахунку, необхідно визначити ціну кожного елемента системи та розрахувати час, який потрібно робітникам для встановлення системи та їх заробітну плату.

Для реалізації системи було використано наступні компоненти (ціни наведені відповідно до даних отриманих з інтернету в 2025 році) (таблиця 5.1.1).

Таблиця 5.1.1 – Розрахунок витрат компонентів

Найменування компоненту	Ціна, грн
Маршрутизатор Asus RT-AX88U PRO	6120
Комп'ютер ARTLINE X43 (X43v45) з монітором LG 27UL500-W для обробки відео	30 000
Додаткове обладнання (комутатор TP-Link TL-SG108, кабель Ethernet UTP Cat6 , подовжувач живлення на 5 метрів витратні матеріали)	3500
Разом	39 630

Заробітна плата (Z) одного залученого фахівця, який займається налаштуванням та тестуванням системи, підтримкою та керування 15000 грн.

Нарахування на заробітну плату (N) це обов'язкові внески, які роботодавець сплачує до державних фондів, що становлять 22 % [22]

Нарахування розраховують за наступною формулою 5.1.

$$N = Z * 22\%; \quad (5.1)$$

$$N = 25\,000 * 0.22 = 5\,500 \text{ грн}$$

Далі розрахуємо витрати накладні (V_n), які включають витрати на офісні ресурси, інструменти, електроенергію, інтернет, ремонт елементів системи або будівлі, збори на проведення інформаційних заходів тощо.

Розрахування буде проведено, при умові що збори становлять 15%, тоді за формулою 5.2 накладні витрати становлять:

$$V_n = Z * 18; \quad (5.2)$$

$$V_n = 15\,000 * 0.18 = 2\,700 \text{ грн}$$

Звідси розрахувавши зарплату робітника, вартість компонентів системи, податки роботодавця та додаткові витрати можливо розрахувати собівартість створення та підтримання системи підрахунку як суму всіх елементів за формулою 5.3.

$$S = V_n + N + Z + K_a \quad (5.3)$$

де K_a – сума всіх компонентів системи.

$$S = 2\,700 + 5\,500 + 25\,000 + 39\,630 = 72\,830 \text{ грн},$$

Також до загальної вартості додається ПДВ (податок на додану вартість) у розмірі 20% та розраховується за формулою 5.4 [23].

$$\text{ПДВ} = 67\,690 * 20\% = 12\,126 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Звідси загальні витрати наведені у таблиці 5.2

Таблиця 5.1.2 – Розрахунок загальних витрат

Витрати	Сума, грн
Вартість обладнання	39630
Заробітна плата	25 000
Нарахування на заробітну плату	3 300
Додаткові витрати	2 700
ПДВ	12 126
Загальна вартість	72830

Звідси вартість розробки та підтримки системи – 72830грн.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було виконано розробку комп'ютерної системи контролю режимів роботи котельні

Для досягнення поставленої мети було:

- ☐ переглянуто подібні розробки та літературу за темою;
- ☐ підібрано комплектуючі,
- ☐ зроблено структурну схему; розроблено та підключено схему розробки;
- ☐ зроблено алгоритм роботи КС
- ☐ написано програму в C++
- ☐ проведено тестування розробки.

В результаті проведеного тестування системи встановлено, що розроблена комп'ютерна система:

- ☐ стабільно працює у реальному часі;
- ☐ забезпечує контроль основних параметрів котельні;
- ☐ своєчасно реагує на аварійні ситуації;
- ☐ автоматично керує виконавчими механізмами;
- ☐ підвищує безпеку та ефективність роботи котельні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Модульні котельні на дизельному та рідкому паливі <https://ekoin.com.ua/modulnaya-kotelnyaya/dizelnaya-zhidkotoplivnaya-transportabelnaya-kotelnyaya/> (дата 2.05.2026)
2. Блоково-транспортабельні котельні КЗпП <https://kzot-kotel.com.ua/ru/modulnye-kotelnye/> (дата 9.05.2026)
3. Газові блочно-модульні котельні КЗпП від 100 кВт до 10 МВт <https://kzot-kotel.com.ua/ru/modulnye-kotelnye/> (дата 14.05.2026)
4. Бесєдін О. О. Автоматизація технологічних процесів : навчальний посібник. — Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. — 320 с.
5. Бойко В. С. Промислова автоматизація та мікроконтролерні системи. — Харків : Фактор, 2019. — 280 с.
6. Кулаков П. І. Теплотехніка та теплоенергетичні установки : підручник. — Київ : Центр учбової літератури, 2018. — 412 с.
7. Сажин Б. С. Котельні установки та їх експлуатація. — Львів : Новий Світ-2000, 2017. — 356 с.
8. Мартиненко О. М. Основи автоматизації котелень. — Дніпро : Акцент ПП, 2021. — 295 с.
9. Banzi M. Getting Started with Arduino. — Sebastopol : O'Reilly Media, 2015. — 132 p.
10. Monk S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. — New York : McGraw-Hill Education, 2016. — 177 p.
11. Barrett S. F., Pack D. J. Arduino Microcontroller Processing for Everyone! — Morgan & Claypool Publishers, 2020. — 245 p.
12. Yiu J. The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors. — Oxford : Newnes, 2014. — 832 p.
13. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual. — Germany, 2022.

14. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів. веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/articles/klasyfikaciya-nebezpechnyh-i-shkidlyvyh-vyrobnychyh-faktoriv>. (Дата звертання 19.04.2025).

15. Чинники при роботі на ПК та ВДТ. веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/2495940/page:2/>. (Дата звертання 19.04.2025).

16. Розробка заходів щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/4531795/page:13/>. (Дата звертання 23.04.2025).

17. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами: веб-сайт. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MOZ320>. (Дата звертання 25.04.2025).

18. Розрахунок освітленості в приміщенні: веб-сайт. URL: <https://ledtest.vestum.ua/uk/study/rozrahunok-kilkosti-lamp-dlja-osvitlennja-primishhennja/>. (Дата звертання 27.04.2025).

19. Розрахунок вентиляції робочого приміщення: веб-сайт. URL: <https://vents.ua/opredelenie-neobhodimosti-vozduhoobmena/>. (Дата звертання 28.04.2025).

20. Система технічних засобів і заходів електробезпеки: веб-сайт. URL: <https://сро.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/1110.html>. (Дата звертання 28.04.2025).

21. Класифікація приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою: веб-сайт. URL: <https://сро.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/1200.html>. (Дата звертання 29.04.2025).

22. Заходи пожежної безпеки: веб-сайт. URL: <https://antifire.ua/organizaciya-rozharnoy-bezopasnosti-2>. (Дата звертання 30.04.2025).

23. Вибухонебезпечність об'єктів і приміщень: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/10840387/page:47/>. (Дата звертання 01.05.2025).

24. Поняття заробітної плати: веб-сайт. URL: https://legalaid.wiki/index.php/Поняття_заробітної_плати._Порядок_і_строки_ви_плати_заробітної_плати. (Дата звертання 02.05.2025).

25. Види податків та їх різниця: веб-сайт. URL: <https://pravovsim.org/inform-portal/post/vidi-podatviv-ta-yihni-funkciyi>. (Дата звертання 02.05.2025).

26. Розробка системи підрахунку Андріана Розенброка: веб-сайт. URL: https://arduinointro.com/articles/projects/count-people-in-a-room-arduino-pir-sensor?utm_source=chatgpt.com. (Дата звертання 03.05.2025).