

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій КИРИЧУК
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

на тему: «Удосконалена автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення»

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-31мп
Коновал В.В. _____

Науковий керівник:

Асистент, к.т.н.
Ткаченко С.С. _____

Консультант з розділу розробки стартап проекту:

Професор, д.е.н.
Бояринова К.О. _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н.
Шевченко В.В. _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Коновал В.В.

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Коновалу Владиславу Валерійовичу

1. Тема дисертації «Удосконалена автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення», науковий керівник дисертації Ткаченко Світлана Сергіївна, асистент кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: автоматизована система управління насосами в системах опалення з дистанційним керуванням.

4. Вихідні дані: предметом дослідження є наступні властивості та характеристики удосконаленої автоматизованої підсистеми: енергоефективність: система повинна оптимізувати роботу насосів, забезпечуючи їх функціонування лише за необхідності, відповідно до реальних потреб опалювальної системи. Це дозволяє значно знизити енергоспоживання, зменшити витрати на електроенергію та скоротити викиди парникових газів. Комфорт: система повинна забезпечувати можливість зручного дистанційного управління всіма параметрами, такими як температура чи потужність насосів. Це дає користувачам змогу контролювати роботу системи в режимі реального часу через смартфон або інші пристрої, створюючи максимальний рівень зручності й адаптації до індивідуальних потреб.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: здійснити дослідження основних проблем автоматизованих систем управління насосами та визначити їхню важливість для сучасних опалювальних комплексів. Провести детальний огляд наявних аналогів і доступних технологій, які можуть бути використані для створення системи. Вибрати оптимальні компоненти системи з обґрунтуванням їхніх переваг. Розробити основні технічні документи, включаючи структурну та електрично-принципову схеми, для забезпечення чіткого опису роботи системи. Написати програмний код, який дозволяє налаштувати роботу насосів та код для додатку. Створити корпус із захистом від впливу вологи та підвищених температур для безпечної та довговічної експлуатації в умовах опалювального обладнання. Розробити план впровадження системи в масове виробництво у форматі стартап-проекту. Провести всебічну оцінку ефективності створеного рішення, враховуючи економічні, технічні та екологічні фактори, щоб підтвердити доцільність його реалізації.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 5 плакатів А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О. завідувач кафедри економічної кібернетики		

9. Дата видачі завдання 01.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів дисертації	Примітка
1	Отримання теми	01.09.2024	
2	Пошук літератури	15.09.2024–30.09.2024	
3	Розробка автоматизованої підсистеми системи з модулем для дистанційного керування	30.09.2024–25.10.2024	
4	Розробка структурної схеми системи	25.10.2024–01.11.2024	
5	Розробка електричної принципової схеми	01.11.2024–05.11.2024	
6	Розробка програмного коду для додатку	05.11.2024–15.11.2024	
7	Розробка стартап-проекту	15.11.2024–19.11.2024	
8	Підготовка ПЗ	19.11.2024–24.11.2024	

Студент

Владислав КОНОВАЛ

Керівник

Світлана ТКАЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми: Тема магістерської дисертації "Удосконалена автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення" є надзвичайно актуальною у сучасних умовах зростання потреб в енергоефективних технологіях. Постійне збільшення вартості енергоресурсів, а також необхідність зменшення викидів парникових газів ставлять перед суспільством завдання оптимізації використання енергії.

Існуючі системи опалення часто не здатні ефективно адаптуватися до змінних умов експлуатації, що призводить до підвищених витрат енергоресурсів та зниження ефективності. Удосконалена автоматизована підсистема енергозаощадження дозволяє вирішити цю проблему шляхом впровадження сучасних технологій, які забезпечують точний контроль роботи насосів та оптимізацію теплового режиму. Додаткову актуальність підкреслює можливість дистанційного керування системою, що відповідає сучасним потребам користувачів у зручності та мобільності.

Мета і задачі дослідження: метою дослідження є розробка та впровадження удосконаленої автоматизованої підсистеми енергозаощадження в системі опалення, яка забезпечить оптимізацію роботи насосів, зниження енергоспоживання, підвищення ефективності теплопостачання та комфортності управління системою.

Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання:

- Проведено аналіз проблематики енергозаощадження в системах опалення та визначено актуальність автоматизованих підсистем.
- Оглянуто сучасні технології та обґрунтовано вибір комплектуючих для підсистеми.
- Розроблено структурну та електрично-принципову схеми системи.
- Створено програмне забезпечення для управління насосами з функцією дистанційного керування.
- Реалізовано захист компонентів системи шляхом створення спеціального корпусу.
- Виконано тестування підсистеми, оцінено її енергоефективність, економічність та екологічність.

- Підготовлено рекомендації для впровадження системи у масове виробництво.

Об'єкт дослідження: автоматизована система управління насосами в системах опалення з дистанційним керуванням.

Предмет дослідження: принципи розробки, функціонування та оптимізації автоматизованої підсистеми енергозаощадження в системах опалення з використанням дистанційного керування.

Методи дослідження: робота базується на системному аналізі існуючих рішень, електронному проектуванні, програмуванні мікроконтролерів, а також тестуванні розроблених систем у модельних умовах.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Запропоновано новий підхід до оптимізації роботи насосів у системах опалення, що враховує реальні потреби системи та дозволяє знизити енергоспоживання.
- Розроблено алгоритм автоматизованого управління насосами, який забезпечує адаптивність роботи підсистеми залежно від змін температури та вологості в приміщенні.
- Удосконалено методи енергозаощадження у системах опалення шляхом розробки автоматизованої підсистеми управління насосами з адаптивним контролем параметрів.
- Запропоновано технічне рішення для дистанційного управління підсистемою

Ключові слова: автоматизована система, ESP 32, енергозаощадження, управління насосами, система опалення, дистанційне керування, енергоефективність, оптимізація роботи, адаптивне управління, програмне забезпечення, мікроконтролери.

ABSTRACT

Relevance of the topic: the topic of the master's thesis, "Enhanced Automated Energy-Saving Subsystem in Heating Systems," is highly relevant in the context of the growing demand for energy-efficient technologies. The continuous increase in energy resource costs and the need to reduce greenhouse gas emissions compel society to optimize energy usage.

Existing heating systems often lack the capability to adapt effectively to changing operating conditions, leading to increased energy consumption and reduced efficiency. The enhanced automated energy-saving subsystem addresses this issue by implementing modern technologies that ensure precise pump control and optimization of the thermal regime. Its relevance is further emphasized by the ability to manage the system remotely, meeting contemporary user demands for convenience and mobility.

Research Aim and Objectives: the aim of this study is to develop and implement an enhanced automated energy-saving subsystem in heating systems, optimizing pump performance, reducing energy consumption, improving heat supply efficiency, and ensuring convenient system control.

To achieve this aim, the following objectives were addressed:

- Analyzed energy-saving challenges in heating systems and determined the relevance of automated subsystems.
- Reviewed modern technologies and justified the selection of components for the subsystem.
- Developed structural, functional, and circuit diagrams of the system.
- Created software for pump management with remote control capabilities.
- Implemented component protection by designing a specialized enclosure.
- Conducted subsystem testing and assessed its energy efficiency, economic viability, and environmental impact.
- Prepared recommendations for scaling the system for mass production.

Object of research: an automated pump management system in heating systems with remote control capabilities.

Subject of research: principles of development, functioning, and optimization of the automated energy-saving subsystem in heating systems using remote control.

Research methods: the work is based on a systematic analysis of existing solutions, electronic design, microcontroller programming, and testing the developed systems under model conditions.

Scientific Novelty of the Results Obtained:

- Proposed a new approach to optimizing pump operation in heating systems, considering real system demands and enabling energy consumption reduction.
- Developed an algorithm for automated pump management that ensures adaptive subsystem operation based on temperature and humidity changes.
- Improved energy-saving methods in heating systems by creating an automated pump management subsystem with adaptive parameter control.
- Proposed a technical solution for remote subsystem management.

Keywords: automated system, ESP32, energy saving, pump management, heating system, remote control, energy efficiency, operational optimization, adaptive management, software, microcontrollers.

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАСОСАМИ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ	5
1.1. Актуальність автоматизації систем управління насосами в системах опалення	5
1.2. Огляд існуючих рішень для управління насосами	6
1.3. Аналіз аналогів автоматизованих систем управління насосами	11
1.4. Основні проблеми традиційних систем управління насосами	16
1.5. Вимоги до сучасних автоматизованих підсистем управління системами опалення	21
Висновки до першого розділу	25
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ НАСОСАМИ.....	27
2.1 Аналіз вимог до проєктованої системи	27
2.2 Розробка структурної схеми системи	28
2.3 Вибір компонентів для реалізації системи	30
2.4 Розробка електрично-принципової схеми	38
2.5 Розробка конструкторської документації для автоматизованої підсистеми енергозаощадження в системі опалення	41
Висновки до другого розділу	47
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСАМИ.....	49
3.1 Вибір середовищ розробки та інструментів	49
3.2 Структура програмного забезпечення ESP32	50
3.3 Логіка та реалізація програмного забезпечення ESP32	52
3.4 Логіка та реалізація програмного забезпечення для керування системою по WiFi	55
Висновки до третього розділу	58
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ.....	60
4.1 Опис ідеї проєкту технології	60
4.2 Дослідження ринкових перспектив для запуску стартап-проєкту	71
4.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту	86
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту	91
4.5 Планування та впровадження стартап-проєкту	97

Висновки до четвертого розділу.....	101
Список літератури.....	103
Додатки.....	107

ВСТУП

Сучасні тенденції в енергетиці та будівельній інженерії спрямовані на підвищення енергоефективності, зменшення викидів парникових газів і оптимізацію використання ресурсів. В умовах зростаючих цін на енергоносії та підвищених вимог до екологічної стійкості особливу увагу привертають автоматизовані системи, здатні адаптувати роботу інженерного обладнання до змінних умов експлуатації. Системи опалення, як одна з найважливіших складових житлових і комерційних будівель, часто стикаються з проблемами перевитрати енергії через статичні режими роботи насосів і недостатню адаптацію до фактичних потреб користувачів. Традиційні підходи не забезпечують необхідного рівня гнучкості та ефективності, що сприяє зростанню витрат і зниженню якості теплопостачання. Автоматизовані підсистеми енергозаощадження в системах опалення є перспективним рішенням цієї проблеми. Вони дозволяють оптимізувати роботу насосів, регулюючи їхню продуктивність залежно від параметрів температури й вологості, а також знижують споживання енергії, забезпечуючи комфорт і стабільність температурного режиму. Удосконалена автоматизована підсистема енергозаощадження, запропонована у рамках цієї магістерської дисертації, має на меті не лише покращити ефективність роботи систем опалення, але й інтегрувати функції дистанційного керування. Це дозволяє користувачам контролювати та налаштовувати систему за допомогою мобільних додатків або інших сучасних інтерфейсів, підвищуючи зручність і оперативність управління. У ході дослідження будуть проаналізовані сучасні технології, обрані оптимальні компоненти, розроблені структурні та функціональні схеми.

Результати дослідження спрямовані на розробку практичного рішення, яке може бути впроваджене у житлових і комерційних будівлях для підвищення їхньої енергоефективності, зменшення експлуатаційних витрат та поліпшення екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 1. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАСОСАМИ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

1.1. Актуальність автоматизації систем управління насосами в системах опалення

Системи опалення є одним із найбільших споживачів енергії у житлових та комерційних будівлях, що обумовлює актуальність їх модернізації та впровадження енергоефективних технологій. Насоси, як ключовий елемент таких систем, забезпечують циркуляцію теплоносія, але їх традиційне управління часто не враховує змінних умов експлуатації. Це призводить до перевитрати енергії, нерівномірного розподілу тепла та підвищення експлуатаційних витрат.

Автоматизація систем управління насосами дозволяє значно підвищити ефективність роботи опалення, адже вона забезпечує:

- Економія енергоресурсів: завдяки автоматичному регулюванню швидкості обертання насосів відповідно до реальних потреб системи, можна зменшити споживання електроенергії на 20–50%.
- Підвищення рівня комфорту: автоматизовані системи забезпечують стабільність температурного режиму в приміщенні, адаптуючи роботу насосів до змін температури чи погодних умов.
- Зниження експлуатаційних витрат: менша енерговитрата і оптимізація режиму роботи насосів зменшують зношення обладнання, що знижує витрати на обслуговування та ремонт.
- Інтеграцію з сучасними технологіями: автоматизація відкриває можливість дистанційного керування насосами через мобільні додатки або інші пристрої, що робить управління зручним і оперативним.

Важливість автоматизації також обумовлена необхідністю адаптації до сучасних екологічних стандартів. Зменшення енергоспоживання системами опалення сприяє зниженню викидів парникових газів.

Автоматизація систем управління насосами актуальна як для нових, так і для існуючих будівель. Для нових будівництв це можливість одразу інтегрувати інноваційні рішення, а для модернізації старих систем – спосіб

підвищити їхню ефективність без необхідності значних капіталовкладень у повну заміну обладнання. [28]

1.2. Огляд існуючих рішень для управління насосами

Системи управління насосами відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної роботи систем опалення. Сучасний ринок пропонує широкий спектр рішень, які можна умовно розділити на три основні категорії: механічні, напівавтоматичні та автоматизовані. Кожен із цих типів має свої особливості, переваги й обмеження.

Механічні системи управління:

- **Grundfos UPS:** простий насос без електронного керування, що працює за постійним режимом [1]. (див. рис. 1.1)

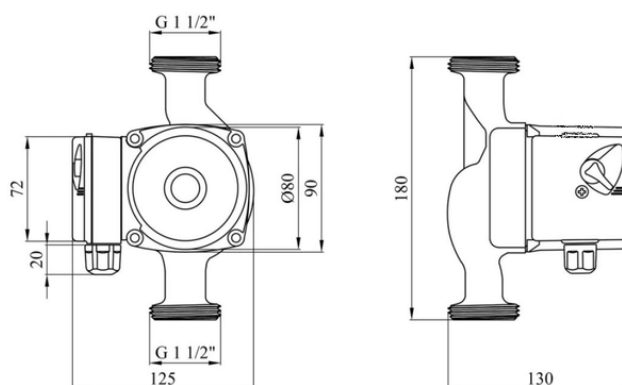


Рис. 1.1 – Монтажно-габаритне креслення Grundfos UPS 25/60 180

- **Pedrollo PKm 60:** простий насос для побутового використання з механічним реле тиску, що забезпечує ручне регулювання роботи в системах водопостачання та опалення. (див. рис. 1.2) [2]



Рис. 1.2 – Pedrollo PKm 60

- **Wilo Star RS:** використовується для ручного регулювання циркуляції в невеликих системах опалення. (див. рис. 1.3) [3]



Рис. 1.3 – Star-RS 25/6

Механічні системи є найпростішим і найдоступнішим рішенням. Управління насосами в таких системах здійснюється вручну або через базові механічні регулятори, які задають фіксований режим роботи. Основними характеристиками таких систем є:

- **Переваги:** низька вартість, простота встановлення та експлуатації.
- **Недоліки:** відсутність адаптивності, постійна робота насоса на однаковій потужності незалежно від змін температури або теплового навантаження, що призводить до значних енерговитрат.

Напівавтоматичні системи забезпечують часткову автоматизацію, використовуючи термостати, реле або механічні таймери для регулювання роботи насосів. Вони дозволяють задавати графік роботи насоса або керувати ним залежно від певних параметрів, наприклад, температури теплоносія.

- **DAB Active Driver Plus:** підтримує електронне регулювання тиску за допомогою вбудованого реле тиску. (див. рис. 1.4) [4]



Рис. 1.4 – DAB Active Driver Plus

- **Grundfos Comfort PM:** насос із вбудованим таймером і термостатом для базового контролю температури. (див. рис. 1.5) [1]

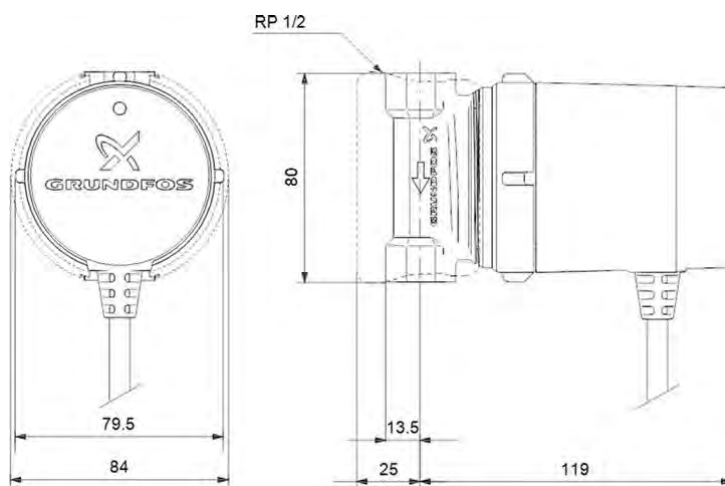


Рис. 1.5 – Монтажно-габаритне креслення Grundfos COMFORT 15-14B PM

Характеристики таких систем:

- **Переваги:** часткова оптимізація роботи, можливість встановлення базових режимів.

- **Недоліки:** обмежена точність регулювання, необхідність ручного налаштування параметрів, низька інтеграція з іншими компонентами системи опалення.

Автоматизовані системи є найбільш сучасним і технологічним рішенням. Вони використовують датчики температури, вологості, тиску та програмовані контролери для повністю автоматичного регулювання роботи насосів.

- **Grundfos Alpha3:** Енергоефективний насос із автоматичним регулюванням продуктивності, інтеграцією з мобільним додатком для віддаленого керування. (див. рис. 1.6) [1]

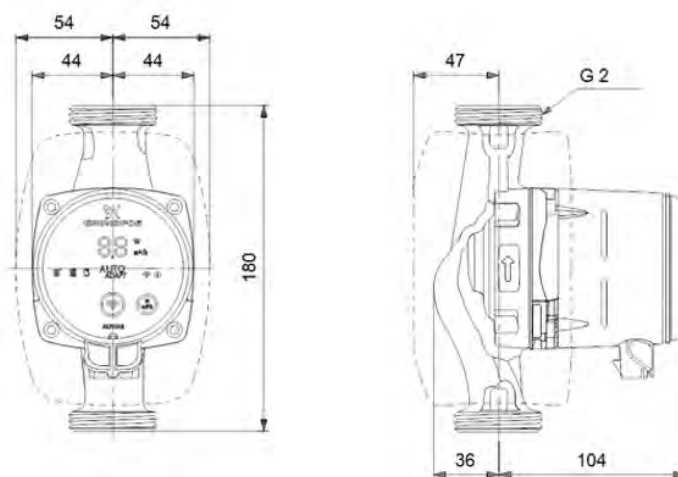


Рис. 1.6 – Монтажно-габаритне креслення Grundfos Alpha3 32-80 180

- **Wilo-Stratos PICO:** Оснащений функцією автоналаштування відповідно до теплових потреб системи. (див. рис. 1.7) [1]



Рис. 1.7 – зображення Wilo-Stratos PICO

Основні характеристики:

- **Переваги:**
 - адаптивність до змінних умов експлуатації;
 - зменшення енергоспоживання за рахунок точного регулювання;
 - можливість дистанційного керування через мобільні додатки або інші інтерфейси;
 - інтеграція з іншими системами для створення єдиного контуру управління теплом.
- **Недоліки:** відносно висока вартість впровадження, складність обслуговування для користувачів без технічної підготовки.

Однією з найефективніших технологій у автоматизованих системах є використання насосів із змінною частотою обертання. Такі насоси регулюють свою потужність відповідно до потреб системи, що забезпечує максимальну енергоефективність. Вони є основою для сучасних автоматизованих рішень і дозволяють: зменшити споживання енергії до 50%, продовжити термін служби обладнання, забезпечити плавний розподіл тепла у всіх зонах приміщення.

Серед провідних виробників систем управління насосами виділяються такі компанії, як Grundfos, Wilo та DAB. Вони пропонують як окремі насоси з вбудованими контролерами, так і комплексні рішення для управління всією системою опалення. Відмінності в продуктах стосуються рівня автоматизації, функціональності та цінового сегмента. (див. таблиця 1.1)

Таблиця 1.1 – порівняння систем

Тип системи	Приклад моделі	Ключова функція	Примітка
Механічна	Grundfos UPS	Ручне управління	Простота, низька ціна
Напівавтоматична	DAB Active Driver Plus	Таймер і реле тиску	Обмежена функціональність
Автоматизована	Grundfos Alpha3	Віддалене управління, енергоефективність	Максимальна адаптивність

Таким чином, сучасний ринок пропонує широкий вибір рішень для управління насосами, які відрізняються за рівнем складності, функціональністю та енергоефективністю. Перехід від механічних до автоматизованих систем є ключовим етапом у вдосконаленні систем опалення, спрямованому на задоволення сучасних вимог споживачів.

1.3. Аналіз аналогів автоматизованих систем управління насосами

Автоматизовані системи управління насосами займають важливе місце у сучасній енергетиці, оскільки вони спрямовані на забезпечення максимальної енергоефективності та зручності в експлуатації. Аналіз існуючих аналогів дозволяє виявити їхні сильні сторони, обмеження та перспективи для вдосконалення.

На ринку представлені численні рішення від відомих виробників, таких як:

- **Grundfos (серії Magna3, ALPHA3):** насоси з інтегрованими датчиками, системами дистанційного керування та алгоритмами оптимізації споживання енергії.
- **Wilo (серії Stratos, Yonos):** моделі, які дозволяють керувати потужністю залежно від зміни температури, мають можливість підключення до централізованих систем управління.

- **DAB (серії Evosta, ActiveDriver):** насоси з можливістю адаптації до змінних умов експлуатації та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом для кінцевих користувачів.

Розглянемо саме Wilo Stratos MAXO [5]. Він є високотехнологічним циркуляційним насосом, розробленим для застосування в системах опалення, вентиляції та кондиціонування, який поєднує передові технічні рішення та спрямований на забезпечення максимальної енергоефективності. (див. рис.1.8)



Рис. 1.8 – зображення Wilo Stratos MAXO

Автори презентують його, як: «Перший розумний насос в світі полегшує життя вже сьогодні, втілюючи інновації завтрашнього дня: Wilo-Stratos MAXO пропонує більше ефективності, зручності і можливостей підключення в мережу, ніж будь-коли раніше. Це перший насос, що має зручний для користувача інтерфейс і робить налаштування і управління надзвичайно простими.»[5]

Wilo-Stratos MAXO встановлює нові стандарти ефективності в управлінні насосами завдяки своїй передовій енергозберігаючій функціональності та вдосконаленим можливостям регулювання. Цей насос

забезпечує найвищий коефіцієнт корисної дії, оптимізуючи роботу системи та сумісний із більшістю існуючих систем. У 2017 році Wilo-Stratos MAXO був визнаний на міжнародному рівні, отримавши нагороду «Design Plus на базі ISH» за інноваційність та енергоефективність. У 2018 році він здобув золото в категорії «Техніка» на премії «BLUE INNOVATION AWARD», що проводилася у місті Вельс, підтверджуючи свою провідну позицію у сфері енергозберігаючих технологій.

Цей насос нового покоління об'єднує сучасну сенсоріку та інноваційні функції регулювання, такі як Dynamic Adapt plus і Multi-Flow Adaptation, пропонуючи двосторонню мережеву інтеграцію. Підключення здійснюється через Bluetooth, аналогові та бінарні входи й виходи, а також через інтерфейс Wilo Net. Можливість оновлення програмного забезпечення та інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс, включаючи Setup Guide і технологію зеленої кнопки, забезпечують зручність експлуатації.

Wilo-Stratos MAXO — це не просто насос із високою ефективністю, це новий клас «розумних» насосів, що поєднують інновації, продуктивність і зручність, забезпечуючи переваги як для власників, так і для користувачів. Його висока якість і можливості налаштування гарантують ефективність роботи та довгострокову вигоду від інвестицій у технології майбутнього.

Потужність, зручність обслуговування, надійність і тривалий термін служби – це характеристики, які забезпечують насоси Wilo. Завдяки своїй високій ефективності вони гарантують максимальну продуктивність у таких сферах, як опалення, охолодження та системи кондиціонування.

Безперебійна подача води та тепла на об'єкти потребує насосів, які відзначаються високою енергоефективністю та оптимальним використанням ресурсів. Для задоволення цих вимог Wilo пропонує індивідуальні рішення та передову техніку, що дозволяє досягати найвищих показників ефективності в системах опалення та теплопостачання.

Інноваційні способи регулювання розроблені для досягнення найвищої ефективності. Wilo-Stratos MAXO пропонує провідний системний коефіцієнт

корисної дії на ринку. Його максимальна ефективність досягається завдяки передовим енергозберігаючим функціям, таким як Multi-Flow Adaptation і No-Flow Stop, а також винятковому індексу енергоефективності в межах від $\leq 0,17$ до $\leq 0,19$. У поєднанні з іншими інтелектуальними функціями, наприклад Dynamic Adapt plus, цей насос гарантує не лише оптимальну енергоефективність, але й простоту управління, роблячи його ідеальним вибором для сучасних систем.

Dynamic Adapt plus – інноваційна функція регулювання автоматично підлаштовує значення напору відповідно до потреб гідравлічної системи, усуваючи необхідність попереднього налаштування. Під час первинного запуску Wilo-Stratos MAXO встановлює робочу точку в центрі поля характеристик насоса. У разі зміни витрати система автоматично коригує робочі точки. Головна мета цього регулювання — забезпечити максимальне відкриття клапанів, що мінімізує втрати тиску в системі. Адаптація до змін перепаду тиску відбувається повністю автоматично. Такий підхід дозволяє знизити споживання енергії до 20% у порівнянні з традиційним регулюванням $\Delta p-v$.

No-Flow Stop – ця енергоефективна функція автоматично зупиняє насос при виявленні нульової витрати. Wilo-Stratos MAXO розпізнає ситуації, коли витрата стає мінімальною, навіть за постійної швидкості обертання. Це свідчить про закриття клапанів у споживчих гілках. Завдяки інтелектуальному алгоритму насос вимикає двигун, якщо витрата досягає заданого мінімального рівня. Водночас насос періодично перевіряє стан системи, і якщо витрата зростає, автоматично переходить до роботи в обраному режимі регулювання. Такий підхід запобігає холостій роботі насоса та знижує споживання електроенергії, забезпечуючи ефективне використання ресурсів. [5]

Розглянемо технічні характеристики:

- Робочий діапазон температур: від -10°C до $+110^{\circ}\text{C}$.
- Максимальна потужність: до 75 Вт.
- Вбудовані датчики тиску та температури для адаптивного управління.

- Низький рівень шуму під час роботи.

Розглянемо сам зовнішній вигляд такого насосу. (див. рис.1.9 -1.10)



Рис. 1.9 – елементи корпусу Wilo Stratos MAXO

1. Корпус насоса із сірого чавуну з катафорезним покриттям
2. Теплоізоляційний кожух
3. Технологія ЕС-двигунів
4. Повнографічний дисплей з помічником налаштування
5. Інтерфейси для системи автоматизація споруди
6. Інтерфейс Bluetooth
7. Технологія зеленої кнопки
8. Кабельні з'єднання та клеми
9. Wilo-Connector



Рис. 1.10 – елементи дисплею Wilo Stratos MAXO

1. Головний екран
2. Спосіб керування
3. Налаштування пристрою, діагностика та виміряні значення
4. Індикація заданих значень
5. Робоча точка / виміряні значення
6. Відновлення / скидання та довідка
7. Активні фактори впливу
8. Контекстне меню для додаткової інформації / налаштування
9. Кнопки «Назад/контекст», зелена кнопка

Порівняємо популярні аналоги між собою (див. таблиця 1.2):

Таблиця 1.2 – порівняння систем

Параметр	Wilo-Stratos MAXO	Grundfos Alpha3	DAB Evosta 3
Енергоефективність	Висока	Висока	Середня
Інтеграція з іншими системами	Підтримка сучасних протоколів (Bluetooth, Wilo Net)	Обмежена інтеграція	Відсутня інтеграція
Рівень автоматизації	Інтелектуальні функції (Dynamic Adapt plus, Multi-Flow Adaptation)	Базові автоматичні функції	Прості функції
Вартість	Висока	Середня	Низька
Цільове застосування	Системи опалення та кондиціонування великих об'єктів	Малі та середні системи опалення	Малі системи опалення

1.4. Основні проблеми традиційних систем управління насосами

Традиційні системи управління насосами, які використовуються в системах опалення, стикаються з низкою проблем, що обмежують їхню ефективність, доступність і прийнятність для масового використання, особливо в приватних домогосподарствах. Ці проблеми включають низьку обізнаність споживачів, високі витрати на обладнання, зростання цін на енергоресурси, а також підвищені вимоги до стандартів енергоефективності.

Однією з ключових проблем, що обмежує впровадження автоматизованих систем управління насосами в системах опалення, є **низька обізнаність споживачів** щодо їхніх переваг. У більшості випадків власники приватних будинків або навіть невеликих комерційних об'єктів не знають, наскільки сучасні технології можуть зменшити витрати на енергоносії,

підвищити ефективність опалення та забезпечити комфортність експлуатації систем.

Серед причин низької обізнаності можна виділити кілька основних факторів:

1. **Відсутність інформаційних кампаній.** Багато виробників насосів і автоматизованих систем недостатньо інвестують у просвітницькі заходи, спрямовані на пояснення кінцевим споживачам переваг інтелектуальних насосів. Рекламні кампанії часто зосереджуються на корпоративних клієнтах або великих інженерних проектах, залишаючи поза увагою приватний сектор.
2. **Міфи про складність використання.** Часто потенційні покупці вважають, що автоматизовані насоси вимагають спеціальних знань для монтажу та експлуатації, що ускладнює їх інтеграцію в існуючі системи опалення. Цей стереотип формується через недостатню демонстрацію зручності використання сучасних насосів.
3. **Фокус на короткострокові вигоди.** Багато споживачів зосереджуються на зниженні початкових витрат на встановлення системи опалення, нехтуючи довгостроковими вигодами від використання енергоефективних технологій. Відсутність усвідомлення того, що інвестиції в автоматизовані насоси швидко окупаються через зменшення витрат на енергію, стає ключовим бар'єром.
4. **Невпевненість у якості та надійності.** Через недостатнє розуміння переваг і специфіки роботи сучасних насосів споживачі можуть побоюватися, що такі системи будуть ненадійними або швидко вийдуть з ладу, особливо в умовах постійної експлуатації.

Для збільшення обізнаності серед споживачів необхідно реалізувати кілька стратегічних заходів:

- **Розробка інформаційних кампаній.** Організація онлайн-вебінарів, виставок та рекламних кампаній, що пояснюють економічні, технічні й екологічні переваги автоматизованих насосів.

- **Простий доступ до інформації.** Створення доступних матеріалів, таких як інструкції, відео-демонстрації та інформаційні буклети, що роз'яснюють функціональність і принципи роботи автоматизованих насосів.
- **Демонстрація успішних кейсів.** Поширення реальних прикладів застосування автоматизованих систем у приватних і комерційних проектах із акцентом на досягнуту економію енергоресурсів і підвищення зручності.
- **Фінансова мотивація.** Надання державних субсидій або податкових знижок на встановлення енергоефективних систем опалення, що може значно стимулювати їхнє впровадження.
- **Партнерства з дистриб'юторами та монтажними компаніями.** Забезпечення їхньої обізнаності про переваги автоматизованих насосів для подальшого просування продукту кінцевим споживачам.

Зрештою, розв'язання проблеми низької обізнаності серед населення сприятиме більш широкому впровадженню автоматизованих насосів, що покращить енергоефективність систем опалення, зменшить споживання енергії та підвищить рівень комфорту користувачів.

В той же час, **ціна є важливим фактором**, що впливає на рішення про впровадження автоматизованих насосів. Хоча сучасні системи значно знижують витрати на енергію у довгостроковій перспективі, їхня початкова вартість може бути стримуючим фактором для багатьох користувачів. Наприклад, інтелектуальні насоси, такі як Wilo-Stratos MAXO, мають високу вартість через використання передових технологій, таких як інноваційні алгоритми регулювання, інтеграція з мережами та високоефективна сенсорика. Багато споживачів, особливо у приватному секторі, не готові до великих початкових інвестицій, навіть з урахуванням довгострокових переваг.

Взагалі, останніми роками **вартість енергоресурсів** значно зросла, що спонукало споживачів шукати шляхи зниження витрат. Традиційні насоси, які працюють постійно або без належного регулювання, споживають значну

кількість енергії, що робить їх експлуатацію економічно не вигідною. Попит на енергоефективні рішення в опаленні зростає, оскільки споживачі дедалі більше звертають увагу на економію енергії. Автоматизовані системи управління насосами пропонують відповіді на ці виклики.

Найбільше тарифи зростали у **2014-2016 роках та зараз (2024р.)**. Так, у 2014-му ціни піднялися на 123%. Електроенергія подорожчала до 42 коп. за кіловат, кубометр холодної води уже коштував 7,46 грн, за газ довелося сплачувати 1,09 грн за куб. м, а опалення підскочило в ціні до 9,22 грн за кв. м. Середня зарплата становила 3 167 грн. У деяких родинах платіжки забирали понад 15-20% доходу. (див. рис.1.11) [6]

Згідно з постановою Кабміну №632 від 31 травня 2024 року, побутові споживачі сплачуватимуть за світло **4,32 грн за кВт·год**. Тож, як ми бачимо, тенденція росту цін на енергоресурси тримається. До речі, це стосується не лише України, а і всієї Європи.



Рис. 1.11 – Динаміка змін вартості електроенергії (1992-2021)

Іншою важливою проблемою є **необхідність дотримання стандартів енергоефективності та безпеки**, що регулюють виробництво автоматизованих насосів. Основними міжнародними стандартами для енергоефективності насосів є **ISO 9906 (ДСТУ ГОСТ 6134:2009)**[7] та

ECODESIGN DIRECTIVE 2009/125/EC, яка встановлює вимоги до екодизайну енергоспоживчих продуктів.

Ці стандарти регламентують такі параметри:

- **Індекс енергоефективності (ЕЕІ)**, який має бути $\leq 0,23$ для насосів, що відповідають сучасним вимогам.
- Вимоги до зменшення викидів парникових газів через оптимізацію енерговитрат.
- Забезпечення відповідності системам охорони праці та технічної безпеки.

Традиційні насоси, як правило, не відповідають цим стандартам, що робить їх застарілими та неефективними в сучасних умовах.

Також, такі насоси не можуть адаптувати свою роботу до змінних умов, таких як різниця в потребах споживачів або варіації температури зовнішнього середовища. Це призводить до нераціонального використання енергії та зниження ефективності системи опалення загалом.

Автоматизовані насоси, з іншого боку, використовують функції, такі як Dynamic Adapt plus або Multi-Flow Adaptation, для автоматичного налаштування робочих параметрів, що значно покращує ефективність роботи системи.

Таким чином, основними проблемами традиційних систем управління насосами є їхня низька обізнаність серед користувачів, високі початкові витрати, зростання цін на енергоресурси, невідповідність сучасним стандартам і обмежена функціональність. Для вирішення цих проблем необхідне впровадження автоматизованих систем, які забезпечують високу енергоефективність, відповідність стандартам і адаптивність до потреб сучасних споживачів.

1.5. Вимоги до сучасних автоматизованих підсистем управління системами опалення

Сучасні автоматизовані системи управління насосами мають відповідати ряду чітких вимог, які забезпечують їхню надійну роботу, енергоефективність та зручність у використанні.

Дистанційний доступ є однією з найважливіших вимог до сучасних автоматизованих систем управління насосами, адже він забезпечує користувачам максимальну зручність у керуванні, оперативний контроль і ефективне реагування на зміну умов. Система повинна надавати можливість моніторингу основних параметрів, таких як тиск, температура або витрати теплоносія, у реальному часі за допомогою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, доступного через мобільний додаток чи веб-платформу. Завдяки цьому користувач може змінювати налаштування насосів, запускати або зупиняти їх роботу дистанційно, що особливо актуально для приватних будинків, де власники не завжди можуть бути фізично присутніми.

Однією з важливих функцій є **система сповіщень**, яка інформує про критичні зміни в роботі, наприклад, перепади тиску, перегрів чи можливі несправності. Це дозволяє не лише швидко реагувати на проблеми, але й запобігати їх виникненню. Сучасні технології забезпечують інтеграцію автоматизованих насосів із централізованими системами моніторингу або іншими елементами інфраструктури, такими як котли чи теплові насоси, через протоколи зв'язку, як-от Modbus або BACnet.

Для реалізації дистанційного доступу насоси оснащуються Wi-Fi модулями, які підключаються до локальної мережі та забезпечують доступ через інтернет. Завдяки цьому користувач отримує змогу контролювати систему навіть перебуваючи за сотні кілометрів від об'єкта. Важливо, що безпека таких систем гарантується завдяки шифруванню даних і використанню протоколів SSL/TLS, що унеможливорює несанкціонований доступ. Хмарні сервіси, які підтримують такі системи, надають можливість

зберігати історію роботи, аналізувати ефективність і прогнозувати потреби в обслуговуванні.

Надійність є ключовою вимогою до автоматизованих систем управління насосами, адже від неї залежить стабільність роботи опалювальної системи в цілому. Сучасні системи повинні забезпечувати безперервну роботу навіть за екстремальних умов, таких як перепади температур, підвищена вологість чи нестабільна напруга в мережі. Для цього використовуються якісні компоненти, захищені корпуси та алгоритми самодіагностики, які своєчасно виявляють несправності й запобігають можливим збоям. Надійність також передбачає тривалий термін служби обладнання та мінімальні вимоги до обслуговування, що знижує експлуатаційні витрати і забезпечує довіру користувачів до системи.

Енергоощадність є ключовою характеристикою сучасних автоматизованих систем управління насосами, оскільки вони сприяють значному зниженню споживання електроенергії та підвищенню загальної ефективності систем опалення. Використання високоефективних безсальникових циркуляційних насосів, оснащених електронно-комутованими синхронними двигунами (ЕСМ) з постійними магнітами, дозволяє досягти підвищеної ефективності та зменшити споживання електроенергії до 80% порівняно з традиційними насосами. [8] [10]

Впровадження інтелектуальних алгоритмів управління, які автоматично регулюють роботу насосів відповідно до поточних потреб системи, забезпечує оптимальне використання енергії. Такі системи можуть автоматично змінювати параметри роботи насосів залежно від змін у гідравлічній системі, що дозволяє уникнути непотрібного споживання енергії та зменшити експлуатаційні витрати.[19], [26]

Крім того, відповідність сучасним директивам, таким як Директива ЄС щодо екодизайну (ErP), встановлює мінімальні стандарти енергоефективності для насосів, сприяючи зниженню енергоспоживання та викидів парникових газів. Таким чином, інтеграція автоматизованих систем управління насосами,

що відповідають цим стандартам, не лише знижує витрати на електроенергію, але й сприяє екологічній стійкості.

Наприклад, за листопад 2023 року – лютий 2024 року споживання електроенергії населенням та промисловістю України збільшилося на 16,4% в порівнянні з відповідним періодом 2022-2023 рр. – до 22 млрд кВт·год. (див. рис. 1.12) [9]



Рис. 1.12 – Динаміка змін вартості електроенергії (1992-2021)

Також, системи повинні легко **інтегруватися** з іншими елементами інфраструктури, такими як котли, теплові насоси та датчики. Це забезпечує комплексне управління та оптимізацію роботи всієї системи опалення. Використання стандартних протоколів зв'язку, таких як Modbus або BACnet, сприяє сумісності між різними компонентами. Модульна конструкція системи повинна забезпечувати легкий доступ до основних компонентів для швидкого обслуговування чи заміни. Наявність детальних інструкцій та доступ до технічної підтримки є обов'язковими для забезпечення безперебійної роботи системи. [11]

Системи мають включати вбудований захист від перевантажень, перегріву, перепадів тиску та короткого замикання. Функція автоматичного аварійного вимкнення забезпечує збереження обладнання та захист

користувачів. Відповідність міжнародним стандартам, таким як ІЕС 61511, гарантує належний рівень безпеки. [10]

Не менш важливим є те, що всі системи повинні відповідати міжнародним стандартам, що регулюють їх проектування та експлуатацію. Наприклад, стандарти Міжнародного товариства автоматизації (ISA) встановлюють вимоги до безпеки та сумісності обладнання. Дотримання цих стандартів забезпечує надійність та ефективність систем.

Також, існують багаторівневі системи, які теж важливо оглянути, адже вони дуже допомагають у великих системах. Отже, багаторівневі системи моніторингу — це комплексні рішення, які забезпечують ефективний контроль, управління та аналіз процесів на різних рівнях ієрархії. Такі системи знаходять широке застосування в промисловості, автоматизації будівель, енергетиці та розумних будинках. Їх головна мета — оптимізація використання ресурсів, підвищення надійності систем і забезпечення безпеки.

Багаторівневі системи моніторингу зазвичай складаються з кількох ключових рівнів. Польовий рівень відповідає за збір даних із датчиків і виконавчих механізмів, наприклад, у системах опалення — це можуть бути датчики температури, тиску або вологості. Отримані дані передаються на рівень контролю, де вони аналізуються за допомогою мікроконтролерів або програмованих логічних контролерів (PLC). Рівень контролю приймає рішення щодо подальших дій, таких як включення або вимкнення насосів. Інформаційний рівень відповідає за інтеграцію, візуалізацію даних і передачу їх користувачеві через зручний інтерфейс, наприклад, на смартфон або комп'ютер. Останній, управлінський рівень, дозволяє аналізувати зібрані дані для стратегічного прийняття рішень, наприклад, щодо оптимізації енергоспоживання.

Функціональність таких систем включає моніторинг у реальному часі, обробку зібраних даних для виявлення аномалій, інтеграцію з іншими автоматизованими системами та сповіщення у разі перевищення граничних параметрів. Наприклад, у системах опалення це може бути контроль

температури теплоносія, сигналізація про перевищення тиску або несправності насоса.

Багаторівневі системи моніторингу забезпечують низку переваг. Вони дозволяють зменшити витрати енергоресурсів завдяки оптимізації роботи систем, підвищують надійність обладнання за рахунок своєчасного виявлення несправностей та забезпечують гнучкість завдяки можливості масштабування і додавання нових компонентів.

Такі системи широко застосовуються у багатьох галузях. У системах опалення вони допомагають контролювати параметри теплоносія та роботу насосів, виявляти збої та своєчасно реагувати на них. У промисловості вони контролюють виробничі процеси, забезпечуючи безперебійність роботи. У розумних будинках вони керують кліматом, освітленням і безпекою, забезпечуючи комфорт і енергоефективність.

Таким чином, багаторівневі системи моніторингу є невід'ємною частиною сучасної автоматизації, сприяючи підвищенню ефективності, надійності та безпеки у багатьох сферах. [28-29]

Висновки до першого розділу

У першому розділі проведено всебічний аналіз автоматизованих систем управління насосами в системах опалення, що дозволило визначити їхню актуальність, існуючі проблеми та перспективи розвитку. Розглянуто потребу в удосконаленні традиційних рішень, включаючи високі витрати енергоресурсів, нестабільність температурного режиму та обмежені можливості дистанційного керування.

Проведений огляд сучасних технологій продемонстрував зростаючу популярність автоматизованих систем, які забезпечують оптимізацію роботи насосів, адаптацію до змінних умов експлуатації та підвищення енергоефективності. Однак, існуючі рішення мають певні недоліки, зокрема високу вартість впровадження та обмежену сумісність з іншими елементами опалювальних систем.

На основі аналізу сформульовано вимоги до таких систем, які охоплюють технічні, економічні та нормативні аспекти. Ці вимоги дозволяють створити ефективну та надійну систему, здатну забезпечити стабільну роботу насосів, знизити енергоспоживання та підвищити комфорт користувачів.

Загалом, результати дослідження цього розділу підкреслюють актуальність і необхідність удосконалення автоматизованих систем управління насосами в системах опалення. Це створює основу для подальшого дослідження, спрямованого на розробку інноваційної підсистеми, яка забезпечить оптимізацію роботи насосів, відповідатиме сучасним стандартам і задовольнятиме потреби користувачів.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ НАСОСАМИ

2.1 Аналіз вимог до проєктованої системи

Для забезпечення ефективного функціонування автоматизованої системи управління насосами в системах опалення, необхідно визначити основні вимоги, які забезпечать відповідність системи сучасним стандартам енергоефективності, надійності, функціональності та зручності управління .

1. Система повинна забезпечувати **можливість віддаленого доступу** через Wi-Fi, що дозволить користувачам контролювати роботу насосів із будь-якого місця. Ця функція має включати:
 - Відображення поточних показників температури з трьох датчиків (вхід, вихід, зовнішня температура).
 - Управління станом насосів (увімкнення/вимкнення) та сигналізацією про критичні умови.
 - Налаштування температурних меж для автоматизації роботи насосу.
2. **Реалізація управління** через панель із кнопками на корпусі пристрою (налаштування температури, перегляд стану системи на LCD-дисплеї).
3. Система повинна працювати в **автоматичному** режимі, забезпечуючи:
 - Увімкнення/вимкнення насосів залежно від встановлених температурних меж.
 - Активацію сигналізації при підвищенні або зниженні тиску до критичних рівнів.
4. Система має бути **сумісною** з існуючими елементами системи опалення, такими як котли, датчики тиску тощо.
5. **Корпус системи** повинен мати захист від пилу і вологи, щоб гарантувати стабільну роботу в котельному приміщенні (рівень захисту IP54 або вище).
6. **Запобігання перегріву** – реалізація функцій аварійного відключення насосу при досягненні критичних температур.

- **Мікроконтролер ESP32** - забезпечує стабільний зв'язок через Wi-Fi, достатню обчислювальну потужність і підтримку підключення кількох датчиків і реле.
- **Датчики температури** - точність вимірювань $\pm 0,5$ °C та сумісність з інтерфейсом One-Wire.
- **Реле** - струм до 10 А, необхідний для управління насосами.
- **LCD-дисплей** - чітке відображення інформації навіть при поганому освітленні.
- **Елементи керування** - надійні кнопки, які витримують багатократне натискання.

Проектована система повинна відповідати високим вимогам до енергоефективності, функціональності, безпеки та надійності. Врахування всіх зазначених параметрів забезпечить стабільну роботу системи, зручність у користуванні та високу конкурентоспроможність на ринку [25] [27].

2.2 Розробка структурної схеми системи

Розробка структурної схеми є важливим етапом створення автоматизованої системи управління насосами для систем опалення. Вона дозволяє зрозуміти функціональну взаємодію між основними компонентами системи та забезпечує чітке уявлення про її роботу. Структурна схема дає змогу розподілити задачі між різними модулями системи та оптимізувати їхню взаємодію [17].

Розберемо нашу структурну схему на рис. 2.1:

- ЦТД – цифровий температурний датчик;
 - ТР – терморезистор;
 - АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
- МК – мікроконтролер;
- Д – дисплей;
- ЕК – елементи керування;
- Р – реле;

- ОК – об'єкт керування (насос);
- ЕКМ – електроконтактний манометр;
- Т – девайс, на якому встановлена програма для моніторингу та керування насосом.
- П - п'єзовипромінювач.

Надається за запитом до авторів

Рис. 2.1 – структурна схема до пристрою на базі ESP32 WROOM-32

Для автоматизованої системи управління насосами структурна схема включає такі основні компоненти:

1. Цифрові температурні датчики (**DS18B20**) відповідають за зчитування температури теплоносія в різних точках системи: від котла, від дому та на вулиці. Інформація передається до мікроконтролера через інтерфейс One-Wire.
2. Мікроконтролер (**ESP32**) є центральним елементом системи, який обробляє дані з датчиків, реалізує логіку управління насосом, сигналізацією та передає інформацію на дисплей. Завдяки вбудованому Wi-Fi модулю, мікроконтролер забезпечує дистанційний доступ до управління та моніторингу системи.
3. Реле управління насосом (**Rayex LEG-12**) буде використовуватись для включення або відключення насоса на основі команд від мікроконтролера. Це дозволяє автоматизувати роботу насоса залежно від температурних параметрів. Також, ще одне реле для керування сигналізацією. Підключено до електромагнітного манометра **WIKА PGS21.100**, який контролює тиск у системі. У разі перевищення встановленого порогу, реле активує сигналізацію.
4. Дисплей (**LCD 20x4 із I2C інтерфейсом**) буде відображати основні параметри роботи системи, такі як температури на датчиках, стан насоса та сигналізацію. Забезпечує зручність користування системою.

5. Елементи керування (**три DS-212**) будуть відповідати за можливість локального управління системою. Користувач може задавати граничні значення температури та активувати режими роботи.
6. Звуковий сигналізатор (**п'єзовипромінювач**) використовуватиметься для аудіоінформування користувача у разі аварійної ситуації, такої як надлишковий тиск у системі.
7. Об'єкт керування (**насос будь-який**) – основний виконавчий пристрій, що забезпечує циркуляцію теплоносія в системі.

Принцип роботи системи:

1. Цифрові датчики температури зчитують дані про температуру в системі.
2. Мікроконтролер обробляє отримані дані та визначає, чи потрібно активувати насос або сигналізацію.
3. Реле включає або вимикає насос на основі команд від мікроконтролера.
4. Інформація про стан насоса, температури та сигналізацію відображається на дисплеї.
5. Користувач може задавати налаштування через кнопки або мобільний застосунок.

2.3 Вибір компонентів для реалізації системи

Для розробки автоматизованої системи управління насосами в системах опалення, яка забезпечує ефективність, енергоощадність і зручність використання, необхідно ретельно підійти до вибору компонентів. У цьому розділі ми визначимо основні складові системи, їх характеристики та доцільність застосування.

Оскільки, за основу беремо вже розроблену схему в бакалаврському проєкті, то тут покращимо загальний варіант з заміною мікроконтролера та реалізацією ідеї Wi-Fi та додатку на телефон.

Розпочнемо з **ESP32** (див. рис. 2.2). ESP32 — це сучасний Wi-Fi мікроконтролер, створений компанією Espressif Systems, який оснащений двоядерним 32-розрядним процесором Tensilica Xtensa LX6 із тактовою

частотою до 240 МГц та 520 Кб оперативної пам'яті SRAM. Завдяки своїй високій продуктивності та низькому енергоспоживанню, він став популярним вибором для реалізації широкого спектра задач. [13]



Рис. 2.2 – ESP32 WROOM-32

Мікроконтролери цієї серії застосовуються у сферах автоматизації, включаючи системи управління насосами, побутову електроніку, робототехніку, розпізнавання зображень і голосу, промислову автоматику та багато інших.

Часто у відкритих джерелах плутають плату ESP32 з серією мікроконтролерів, що може викликати неточності в інформації. Компанія Espressif випускає різні версії ESP32, такі як ESP32-C3, ESP32-S2, ESP32-H та інші, але для базових задач найчастіше використовують класичний ESP32. Його особливості залежать від наявності внутрішньої флеш-пам'яті та корпусу:

- **ESP32-D0WD-V3, ESP32-D0WDQ6-V3, ESP32-D0WD, ESP32-D0WDQ6** — без внутрішньої флеш-пам'яті.
- **ESP32-D0WDR2-V3** — з 2 МБ внутрішньої пам'яті PSRAM.
- **ESP32-U4WDH** — має 4 МБ флеш-пам'яті.
- **ESP32-S0WD** — без флеш-пам'яті та з одним ядром Tensilica Xtensa LX6.

ESP32 має Wi-Fi, Bluetooth, PWM, 10 портів у режимі сенсорних кнопок, 34 виходи GPIO, три UART, два I2C, чотири SPI, два I2S, інфрачервоний контролер (прийняття-передання), CAN 2.0, 18 АЦП (12-біт) та 2 ЦАП (8-біт). Для шифрування при передачі даних по WiFi є криптографічні модулі AES і SHA. (див. рис. 2.3) [12]

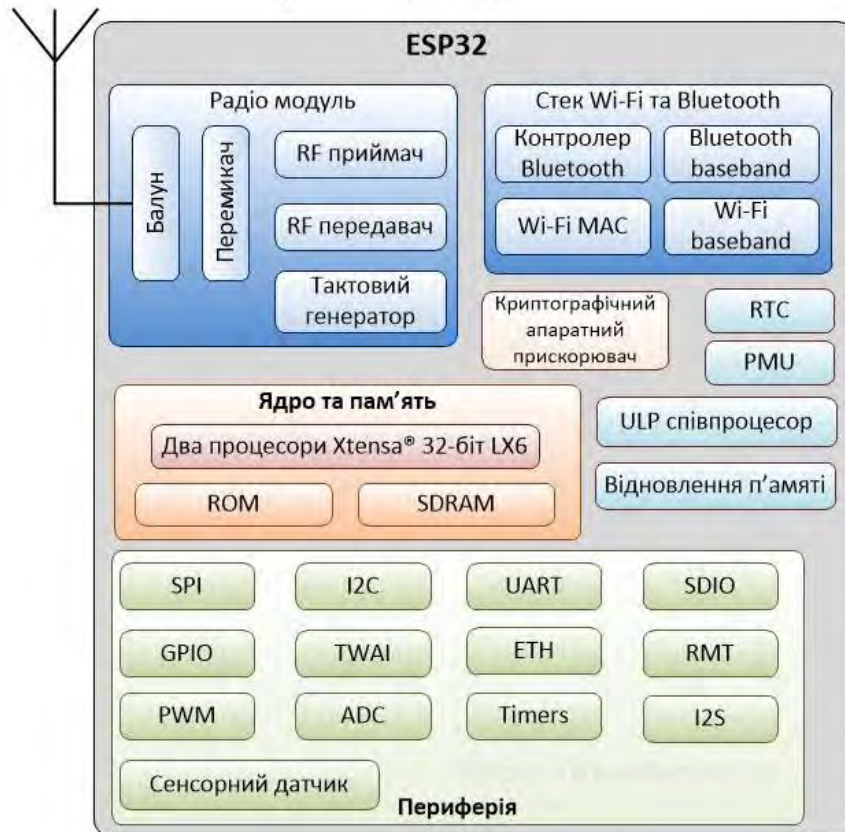


Рис. 2.3 – Блок-схема ESP32

ESP32 є потужним рішенням для сучасних автоматизованих систем управління, завдяки своїй функціональності, енергоефективності та підтримці широкого набору протоколів. [12-13]

Такий варіант нам **підходить** тому, що забезпечує високу продуктивність та наявність Wi-Fi, що дозволяє організувати дистанційне керування системою. Містить необхідну кількість GPIO-пінів для підключення датчиків і виконавчих механізмів.

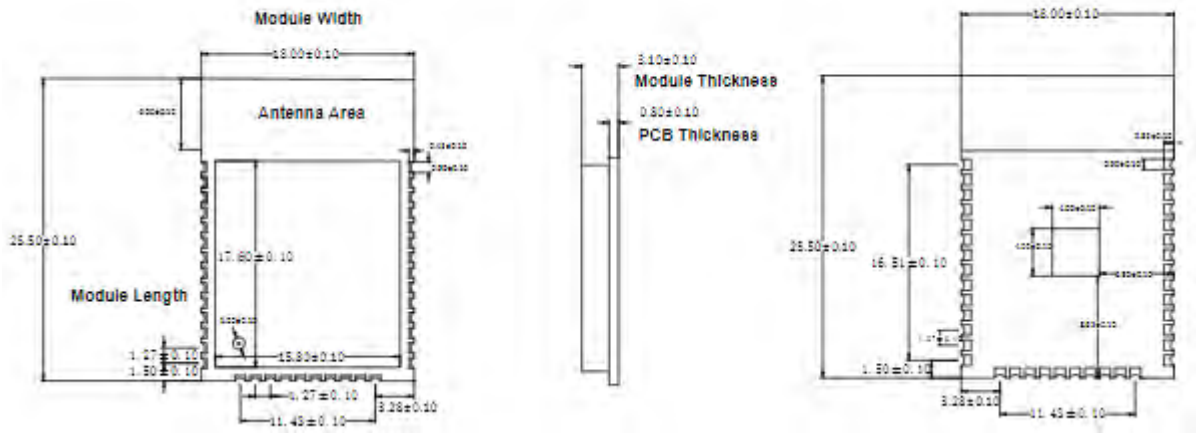


Рис. 2.4 – Фізичні розміри ESP32 WROOM-32

Розглянемо датчики температури (див. рис. 2.5), їх буде три.
Використаємо саме **DS18B20** [14].



Рис. 2.5 – датчик температури DS18B20

- GND – земля;
- DQ – Дані (вхід/вихід);
- V_{DD} – Напруга живлення;

DS18B20 — це цифровий датчик температури, широко використовуваний у різних автоматизованих системах завдяки своїй точності, надійності та простоті інтеграції. Цей датчик працює в діапазоні температур від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ із точністю $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ у межах -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$, що робить його придатним для застосування як у побутових, так і в промислових умовах. Однією з ключових особливостей DS18B20 є використання інтерфейсу 1-Wire,

який дозволяє передавати дані та отримувати живлення через один провід, спрощуючи підключення та знижуючи кількість необхідних проводів.

Датчик забезпечує цифровий вивід температури у форматі від 9 до 12 біт, причому точність можна налаштувати програмно залежно від потреб. Кожен DS18B20 має унікальний 64-бітний код, що дозволяє одночасно підключати декілька датчиків до однієї шини без конфліктів. Живлення може здійснюватися як у паразитному режимі (через сигнальний провід), так і від зовнішнього джерела напругою від 3.0 до 5.5 В. Це додає гнучкості під час його використання в різних проєктах.

Датчик зазвичай виготовляється у форм-факторі TO-92, який нагадує корпус транзистора. Також існують герметичні версії у водонепроникних корпусах, що дозволяє використовувати DS18B20 у вологих або складних умовах, наприклад, у системах опалення чи резервуарах із водою. Переданий датчиком цифровий сигнал є стійким до електромагнітних перешкод, що гарантує стабільність вимірювань навіть у складних умовах.

Завдяки своїм характеристикам DS18B20 ідеально підходить для застосування в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), управління насосами, моніторингу температури в побутовій техніці, промислових процесах та інших областях. Його популярність обумовлена простотою використання, високою точністю та можливістю зчитувати показники з кількох датчиків одночасно через одну лінію передачі даних.

Поставимо на плату електромагнітне реле, а саме LEG-12 Rayex, 2шт. Він є компонентом електричної системи, яке використовується для керування електричними навантаженнями шляхом перемикання електричних контактів.

Реле LEG-12 від Rayex — це електромеханічне реле на 12 В, яке використовується для управління електричними ланцюгами. Воно має компактний розмір і високу надійність, що робить його ідеальним для застосування в автоматизованих системах, таких як опалення та вентиляція. Реле здатне перемикати навантаження змінного або постійного струму,

забезпечуючи ефективне управління підключеними пристроями, наприклад, насосами чи сигналізаторами. (див. рис. 2.6)



Рис. 2.6 – Реле LEG-12 Rayex

Дисплей для виводу інформації буде звичайний LCD 20x4, але обов'язково з I2C. (див. рис. 2.7)



Рис. 2.7 – LCD дисплей

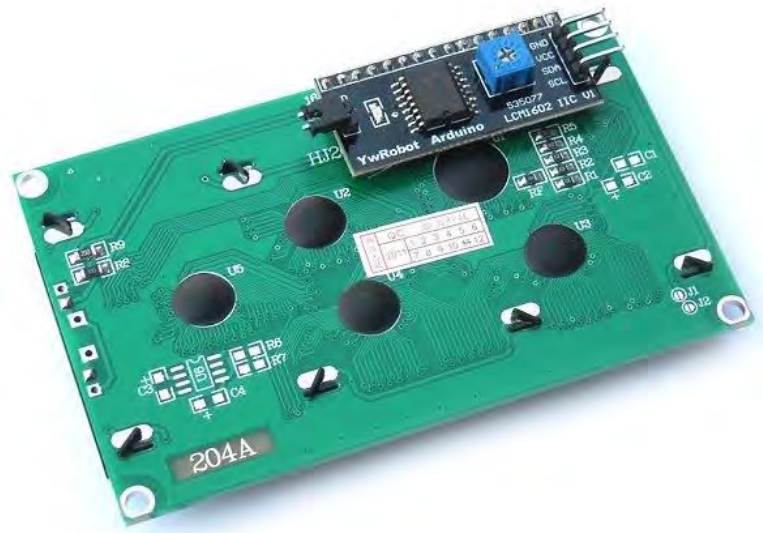


Рис. 2.7.1 – LCD дисплей (I2C)

Із елементів керування, будуть звичайні кнопки без фіксації положення. (див. рис. 2.8)



Рис. 2.8 – кнопка DS-212

Основні характеристики [14]:

- Максимальний струм: 3А
- Макс. напруга АС: 125V
- Підсвітка: немає
- Розмір клеми: 3,4 мм
- Установлювальний отвір: Ø16мм
- Матеріал корпусу: метал
- Робоча температура: -25°C ... +80°C

WIKА PGS21.100 — високоякісний манометр з вбудованим електричним сигналізатором, який забезпечує точний контроль і моніторинг тиску в системах. Цей пристрій поєднує функції традиційного механічного манометра з додатковим електричним виходом, що дозволяє інтегрувати його в автоматизовані системи управління. Манометр має клас точності 1.0, що забезпечує високу точність вимірювань. [16]



Рис. 2.9 – манометр WIKА PGS21.100

Корпус WIKА PGS21.100 виготовлений із нержавіючої сталі, що забезпечує стійкість до корозії та довговічність навіть у важких умовах експлуатації, таких як системи опалення, вентиляції або промислові установки. Діапазон вимірювання тиску залежить від конкретної моделі і може становити до 400 бар, що дозволяє використовувати манометр для контролю в широкому спектрі застосувань.

Електричний вихід представлений у вигляді контактного сигналізатора, який дозволяє передавати сигнали про перевищення заданих значень тиску на керуючий пристрій або систему сигналізації. Це значно підвищує рівень безпеки та ефективність роботи системи, забезпечуючи своєчасне реагування на зміни в параметрах тиску.

Дисплей манометра чіткий і легко читається завдяки великим шкалам і позначенням. Вбудовані функції дозволяють швидко налаштувати порогові

значення для сигналізатора. WIKA PGS21.100 сумісний із різними середовищами, включаючи воду, повітря та неагресивні рідини.

Цей манометр є оптимальним вибором для автоматизованих систем, де потрібна висока точність, надійність і можливість інтеграції з іншими компонентами, такими як контролери або програмовані логічні пристрої.

Для **живлення** мікросхеми візьмемо такий блок на 5В:



Рис. 2.10 – Блок живлення 5В microUSB

Кінцевий варіант представлений в додатку **В**.

2.4 Розробка електрично-принципової схеми

Електрично-принципова схема є ключовим етапом проектування системи, що забезпечує повне уявлення про взаємодію всіх її компонентів. Вона деталізує, як підключені елементи, якими сигналами і за якими протоколами обмінюються пристрої, а також показує джерела живлення і точки їх розподілу. У системі автоматизованого управління насосами схема має відобразити підключення мікроконтролера ESP32, який є центральним елементом управління і взаємодіє з периферійними пристроями, такими як датчики, реле, дисплей і кнопки.

Схема включає три датчики температури DS18B20, які підключені до одного цифрового піну ESP32 через OneWire-протокол. Це дає змогу зчитувати температуру з трьох різних зон системи: вхідного потоку, зворотного потоку і зовнішнього середовища. Мікроконтролер отримує ці дані та обробляє їх згідно з запрограмованими алгоритмами. Реле, підключені до

ESP32, виконують функції ввімкнення та вимкнення насоса і звукової сигналізації. Реле забезпечують можливість розриву чи замикання високовольтного кола без участі мікроконтролера у високих струмах, забезпечуючи безпеку системи.

ЛСД-дисплей із вбудованим I2C-інтерфейсом підключається до відповідних пінів ESP32 і служить для виведення інформації, зокрема температурних показників і стану насоса. Керування параметрами системи реалізується через три кнопки: дві для регулювання налаштувань і одна для підтвердження вибору. Передбачена передача даних через WiFi, що дозволяє контролювати і налаштовувати систему дистанційно. У схемі це реалізовано через внутрішній WiFi-модуль ESP32, який взаємодіє з мобільним додатком.

Окрім основних функціональних елементів, у схемі включені додаткові захисні компоненти, такі як резистори підтягування на лінії датчиків, діоди для захисту від переполюсовки і стабілізатори напруги для захисту живлення. Електрично-принципова схема також деталізує джерела живлення системи: ESP32 живиться від USB Type-C, а периферійні пристрої, такі як реле та дисплей, отримують живлення через стабілізатор.

У нашій системі електрично-принципова схема відобразить:

- Підключення трьох датчиків температури DS18B20 через OneWire-інтерфейс.
- Реле для управління насосом і звуковою сигналізацією.
- Контролер ESP32 як центральний елемент обробки даних і управління.
- ЛСД-дисплей із I2C для відображення інформації.
- Кнопки для локального управління системою.
- WiFi-з'єднання для віддаленого управління і моніторингу.

Сенс ЕПС — забезпечити чітке уявлення про функціональну взаємодію всіх компонентів, полегшити монтаж системи та усунути помилки на етапі розробки і тестування.

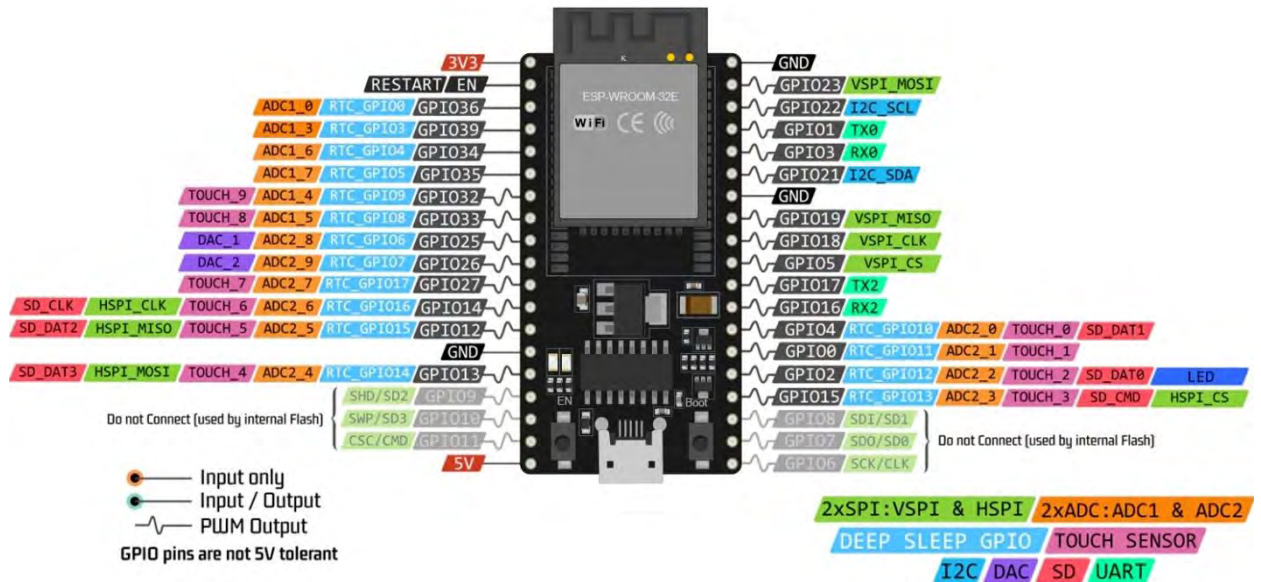


Рис. 2.11 – Зображення з пінами до ESP32E

Не менш важливим є те, що потрібно підібрати правильно компоненти, оскільки допустимий струм на пінах ESP32 **20mA – 40 mA**, але все ж таки рекомендується **20mA**.

Наприклад, підключаючи наш пристрій до насосу, потрібно врахувати струм для всіх доступних на ньому режимів за формулою:

$$I = \frac{P}{U}$$

Далі потрібно врахувати «пусковий струм», оскільки при запуску, двигун споживає більше ресурсів і він буде вищим за робочий струм. Для цього ми просто **домножаємо робочий на значення «у скільки разів вищий»**.

Для стабільної роботи та захисту, встановлюється захисний діод (у нашому випадку КД522А). Через котушку в реле, яке встановлене паралельно з цим діодом має проходити струм не вище 150 mA, тож, щоб дізнатися чи ми підібрали правильний варіант:

$$I = \frac{U}{R}$$

Де U – напруга від джерела живлення, R – опір обмотки реле.

Також, потрібно буде розрахувати струмообмежуючий резистор, який підходить до транзистора:

$$R = \frac{U - U_d}{I}$$

Де U – напруга від пінів (3.3 В), U_d – це падіння напруги на самому транзисторі (0,3-0,6 В)

Обов'язково потрібно розуміти, яким струмом потрібно керувати, щоб підібрати транзистор та опір резистора. В цьому допоможе формула:

$$I_b = \frac{I}{h_{fe}}$$

Де I_b – струм на базу, h_{fe} – допустимі значення для конкретного транзистора.

Всі інші компоненти можна також порахувати за законом Ома.

У додатку А зображена друкована плата, яка використовується для розміщення реле та інших компонентів.

2.5 Розробка конструкторської документації для автоматизованої підсистеми енергозаощадження в системі опалення

Розробка конструкторської документації для автоматизованої системи управління насосами здійснюється відповідно до вимог національних і міжнародних стандартів, що регламентують оформлення технічних креслень, проектної документації та електричних схем. Основні вимоги визначаються такими стандартами:

- **ДСТУ ГОСТ 2.701:2011 "Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем"**

Цей стандарт визначає загальні правила виконання електричних схем, включаючи електрично-принципові, структурні та монтажні схеми.[17]

- **ДСТУ Б А.2.4-4:2009 "Правила виконання проектної та робочої документації"**

Цей стандарт регламентує оформлення креслень та схем, забезпечуючи зрозумілість і доступність для виготовлення та монтажу.

- **ДСТУ 3321-94 "Єдина система конструкторської документації. Загальні вимоги до виконання креслень"**

Цей стандарт визначає принципи побудови креслень. [18]

Після вибору ключових компонентів автоматизованої системи управління насосами стало можливим врахувати їхні розміри для розробки корпусу та конструктивних елементів, необхідних для забезпечення стабільної роботи системи. Цей етап є критично важливим, оскільки правильно спроектований корпус і монтажні деталі гарантують захист внутрішніх елементів, підвищують їхню надійність, безпечність та зручність експлуатації.

Для цього використовується програмне забезпечення SolidWorks, яке дозволяє створити детальну 3D-модель корпусу, забезпечуючи відповідність сучасним стандартам, зокрема рівню захисту IP54.

У процесі проектування в SolidWorks враховуються всі аспекти конструкції, зокрема загальна геометрія корпусу, яка повинна забезпечити оптимальне розміщення внутрішніх компонентів, таких як мікроконтролер ESP32, реле, дисплей, кнопки, манометр та інші елементи. Використовуючи функціонал програми, розробник може точно визначити розміри корпусу, розташування монтажних отворів.

Особливу увагу приділяють вибору матеріалу корпусу. Найчастіше використовується ABS-пластик або полікарбонат, які відзначаються високою міцністю, стійкістю до впливу вологи і температурних змін. Це дозволяє забезпечити довговічність і надійність системи навіть у складних умовах експлуатації.

Для досягнення рівня захисту IP54 у моделі передбачаються ущільнювачі в місцях з'єднань, що запобігають проникненню пилу та бризок води всередину корпусу. Також враховуються вентиляційні отвори з додатковим захистом, які забезпечують необхідну циркуляцію повітря без ризику потрапляння вологи.

Після завершення етапу проектування створюється комплект конструкторської документації, що включає креслення корпусу, відповідні

вказівки щодо матеріалів, методів складання та параметрів ущільнень. Усі креслення виконуються згідно з вимогами ДСТУ/ГОСТ, що гарантує відповідність виробу національним та міжнародним стандартам.

В результаті розробки корпусу в SolidWorks створюється надійна конструкція, яка не лише захищає електроніку, але й відповідає сучасним вимогам до естетики, ергономіки та зручності монтажу. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільну роботу автоматизованої системи управління насосами в реальних умовах експлуатації.

Розробка корпусу для нашого приладу є ключовим етапом у створенні надійної та функціональної системи управління насосами. Корпус виконує критично важливу роль у захисті внутрішніх компонентів пристрою від впливу зовнішніх факторів, таких як волога, пил, механічні пошкодження. Це особливо важливо, враховуючи умови експлуатації в системах опалення.

Окрім захисної функції, корпус має відповідати стандартам електробезпеки, забезпечуючи ізоляцію від електричних компонентів та запобігаючи можливому ураженню струмом.

Зовнішній вигляд і ергономіка корпусу є важливими для зручності користувача, адже передбачені дисплей, кнопки керування та інші елементи мають бути легко доступними та інтуїтивно зрозумілими. Водночас, корпус має забезпечувати необхідний ступінь захисту, наприклад IP53, щоб пристрій міг функціонувати навіть у складних умовах. Таким чином, розробка корпусу впливає не лише на функціональність, але й на довговічність, безпеку та загальну ефективність нашої системи.

В нашому корпусі будуть розміщуватись 2 плати, тож під них потрібні певні місця. Також потрібно 3 отвори під кнопки, 2 отвори під конектори C13, місця для кріплення до стіни або кронштейну та один отвір для провода під живлення плати на ESP32. (рис.2.12)

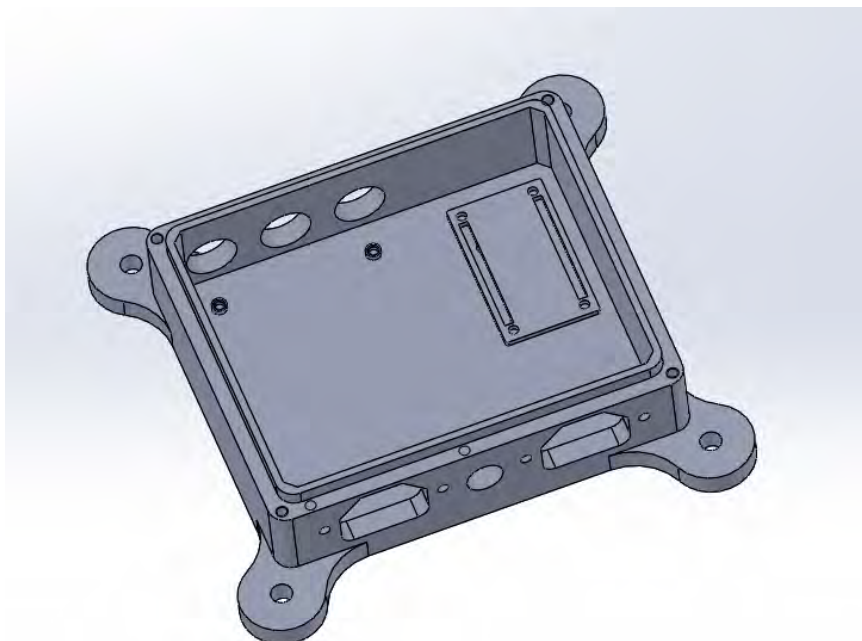


Рис. 2.12 – зображення корпусу в SolidWorks

Не менш важливим є кришка до корпусу, яка буде надійно закриватись та матиме місце під дисплей 20х4.(рис.2.13)

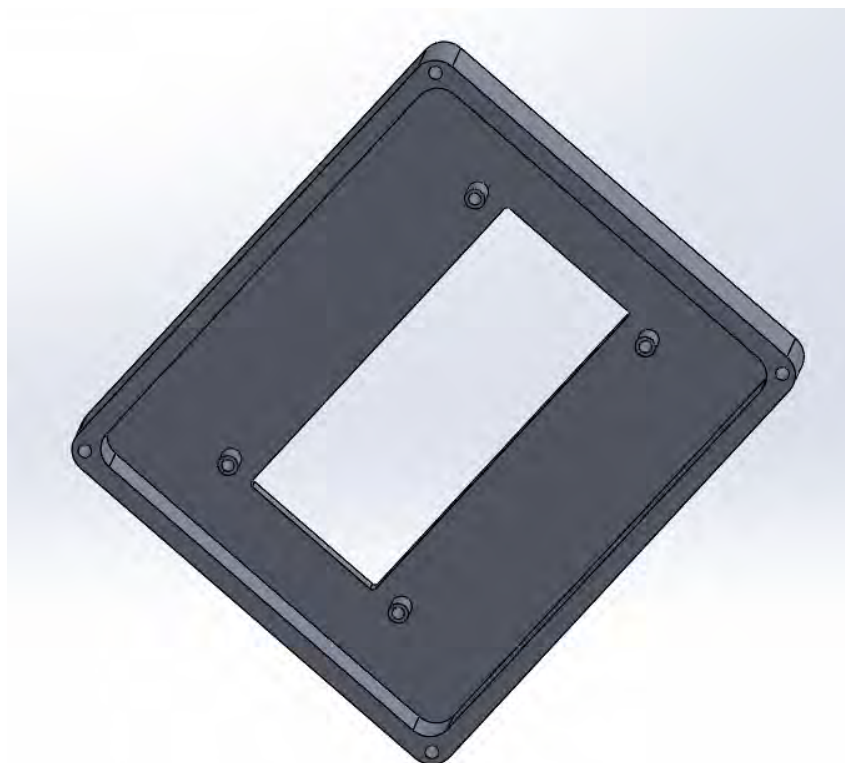


Рис. 2.13 – зображення кришки в SolidWorks

У сучасному процесі проектування в SolidWorks значну частину роботи можна спростити завдяки використанню готових 3D-моделей покупних

деталей. Багато виробників компонентів, таких як датчики, реле, корпусні елементи та інші стандартні вузли, пропонують 3D-моделі своїх виробів у загальнодоступних форматах, які можна завантажити безпосередньо з офіційних сайтів або з платформ, як-от GrabCAD чи 3D Content Central.

Ці моделі можна легко імпортувати в SolidWorks і інтегрувати в загальну конструкцію проєкту. Це значно скорочує час, необхідний для створення точних геометричних зображень, а також дозволяє уникнути помилок, які могли б виникнути при ручному моделюванні. Крім того, використання готових моделей забезпечує повну відповідність реальним розмірам і характеристикам деталей, що є критичним для точного складання і подальшого виробництва.

Готові моделі також сприяють швидшому виконанню перевірок на сумісність, а також дозволяють здійснити віртуальну діагностику конструкції, перевіряючи, як окремі компоненти взаємодітимуть у складі пристрою. Завдяки цьому розробники можуть сфокусуватися на ключових аспектах проєктування, покращуючи ефективність та якість кінцевого продукту.

Наприклад, ми використовуємо ESP32 (рис.2.14)



Рис. 2.14 – зображення ESP32 в SolidWorks

Для забезпечення надійності і безпеки системи управління, було підібрано кабельний ввід PG7 для підключення живлення. Вибір PG7

базується на його характеристиках, що забезпечують щільне кріплення кабелю і запобігають проникненню вологи або пилу до корпусу пристрою. Це особливо важливо для збереження працездатності системи, яка може експлуатуватися в умовах підвищеної вологості або інших несприятливих середовищ.

PG7 має компактний розмір, що дозволяє легко інтегрувати його в корпус приладу, не займаючи зайвого місця. Він також відповідає рівню захисту IP54.

Таким чином, використання PG7 гарантує довговічність системи, стабільність роботи та зниження ризику короткого замикання або пошкодження електронних компонентів через вплив зовнішніх факторів. Враховуючи, що корпус також розроблений відповідно до вимог стандартів захисту IP, це рішення дозволяє забезпечити загальну герметичність і безпечну експлуатацію пристрою.

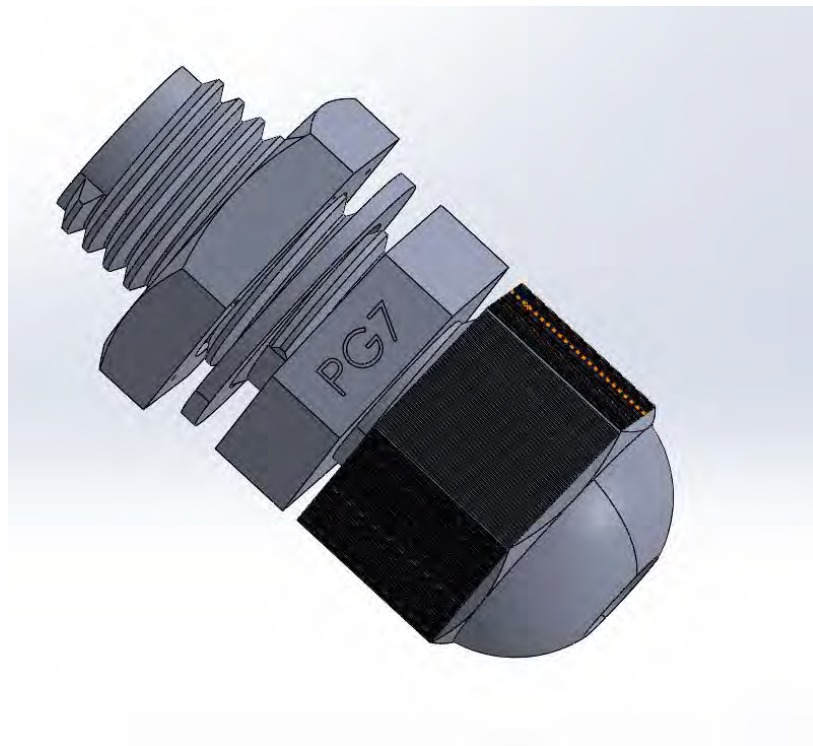


Рис. 2.15 – зображення PG7 в SolidWorks

Також, для побудови системи управління було використано такі ключові компоненти:

- **Мережевий кабель C13** – стандартний кабель для живлення електронних пристроїв, що забезпечує надійне підключення до джерела живлення.
- **Кнопки DS-212** – механічні кнопки, які використовуються для ручного управління налаштуваннями системи, таких як зміна граничних температур або вибір датчика.
- **LCD-дисплей 20x4** – текстовий дисплей із підтримкою I2C, що дозволяє відображати інформацію про температуру з трьох датчиків, стан насоса, а також індикатори тривоги.

Тож, кінцевий варіант представлений **в додатку Б**

Висновки до другого розділу

У другому розділі було проведено комплексну роботу з проектування автоматизованої системи управління насосами для систем опалення. Було визначено вимоги до функціонування системи, що дозволило сформулювати чітко розуміння її основних характеристик. Розроблено структурну схему, яка відображає взаємозв'язки між компонентами, що забезпечують узгоджену роботу системи.

Значна увага була приділена вибору компонентів, таких як мікроконтролер ESP32, цифрові датчики температури DS18B20, реле Rayex LEG-12 та манометр WIKA PGS21.100. Ці компоненти забезпечують надійність, точність вимірювань та можливість реалізації дистанційного керування підсистемою через Wi-Fi.

Розробка електрично-принципової схеми дозволила врахувати специфіку роботи кожного компонента, забезпечивши надійність системи. Усі зв'язки між компонентами продумані таким чином, щоб мінімізувати ризик несправностей та забезпечити зручність у реалізації.

Під час створення корпусу для системи використано сучасні підходи конструкторського проектування із застосуванням програмного забезпечення SolidWorks. Корпус спроектовано з урахуванням габаритів компонентів, вимог

до захисту ІР та зручності у монтажі, що забезпечує надійність і довговічність системи.

Робота другого розділу створила ґрунтовну базу для переходу до програмної реалізації автоматизованої системи, розробки алгоритмів керування та інтерфейсів для користувачів. Реалізовані підходи забезпечують високий рівень енергоефективності, надійності та функціональності системи, що відповідає сучасним стандартам автоматизації та потребам користувачів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСАМИ

3.1 Вибір середовищ розробки та інструментів

В цьому розділі розглянемо підбір оптимальних інструментів для програмування ESP32 та розробки мобільного додатка, який забезпечуватиме управління автоматизованою системою управління в системах опалення.

Для програмування ESP32 було обрано **Arduino IDE** як основне середовище розробки. Воно є простим у використанні, має широкий набір бібліотек і документованих прикладів для роботи з ESP32. Основні переваги Arduino IDE полягають в тому, що присутня **підтримка мови програмування C/C++**, що дозволяє створювати оптимізовані програми для мікроконтролера. Також наявна широка бібліотечна база для роботи з Wi-Fi, датчиками та іншими компонентами та інтеграція з різними операційними системами (Windows, MacOS, Linux).

Альтернативним варіантом може бути використання **PlatformIO** – сучасної інтегрованої платформи розробки, яка забезпечує розширені можливості для створення масштабних проєктів із великою кількістю компонентів, але зупинимось на **Arduino IDE**.

Для розробки мобільного додатка, який забезпечуватиме управління системою через Wi-Fi, було обрано **Android Studio**. Це офіційне середовище розробки для платформ Android, яке надає інструменти для створення, тестування та оптимізації додатків. **Мовою програмування буде Kotlin**. [30]

Зупиняємось на цьому варіанті тому, що тут присутній вбудований емульовальний пристрій для тестування додатка на різних конфігураціях смартфонів та хороша підтримка бібліотек для роботи з Wi-Fi модулями та передачі даних. Також, наявні зручні інструменти для розробки інтерфейсу користувача, які дозволяють створити інтуїтивно зрозумілий дизайн додатка, що є досить важливим.

Можемо використати наступні інструменти:

- **Serial Monitor (Arduino IDE)** – для перевірки роботи ESP32 та діагностики передачі даних між мікроконтролером і зовнішніми компонентами.
- **Wireshark** – для аналізу трафіку Wi-Fi і перевірки коректності передачі даних між ESP32 і мобільним додатком.
- **ADB (Android Debug Bridge)** – інструмент для тестування та налагодження мобільного додатка на реальних пристроях.

3.2 Структура програмного забезпечення ESP32

У мікроконтролері ESP32 буде реалізовано повний цикл управління автоматизованою системою насосів для опалення, включаючи зчитування даних із датчиків, обробку отриманої інформації, прийняття рішень, управління виконавчими елементами та організацію взаємодії з користувачем через дисплей, кнопки й мобільний додаток.

Основним завданням ESP32 є зчитування даних із трьох цифрових температурних датчиків DS18B20, підключених через інтерфейс One-Wire. Кожен датчик має унікальну адресу, що дозволяє зчитувати окремі значення температури: на виході, на вході з системи опалення та зовні (вулиця). Контролер отримує ці значення з визначеною періодичністю та зберігає їх у змінних для подальшої обробки. [31]

На основі отриманих температурних даних ESP32 проводить аналіз поточного стану системи опалення. Для цього в пам'яті контролера зберігаються порогові значення температури, які встановлює користувач. Контролер порівнює реальні температури з пороговими, визначаючи, чи потрібно вмикати або вимикати насос для підтримки оптимального температурного режиму.

Управління насосом здійснюється через реле, підключене до одного з GPIO-пінів ESP32. Якщо температура опускається нижче встановленого мінімального значення, контролер подає сигнал на реле для вмикання насоса. Коли температура перевищує порогове значення, насос вимикається.

Аналогічно, друге реле використовується для сигналізації про перевищення допустимого тиску в системі або інших аварійних ситуацій. Це може супроводжуватися звуковим сигналом за допомогою електромеханічної "пищалки".

Дані про стан системи виводяться на LCD-дисплей (20x4), підключений через інтерфейс I2C. На дисплеї відображаються поточні значення температури з усіх датчиків. ESP32 також забезпечує обробку сигналів від кнопок, розташованих на корпусі системи. Ці кнопки дозволяють користувачу змінювати граничні значення температури, переглядати поточні налаштування та активувати певні режими роботи.[20]

Важливим елементом системи є підтримка Wi-Fi-з'єднання, яке забезпечує ESP32. Мікроконтролер підключається до локальної мережі, що дозволяє взаємодіяти з мобільним додатком. Через додаток користувач може отримувати інформацію про стан системи, температури, стан насоса та сигналізацію. Також додаток дає змогу дистанційно змінювати налаштування, наприклад, коригувати порогові значення температури або вмикати/вимикати насос вручну. Для передачі даних і команд використовуються захищені протоколи, такі як MQTT або HTTPS, що гарантує безпеку передачі інформації.

Протокол MQTT працює на основі стека TCP/IP і використовує модель публікації та підписки (publish-subscribe, або pub/sub). Клієнт, який відправляє повідомлення, називається видавцем (publisher), а той, хто отримує повідомлення, — абонентом (subscriber). Центральним елементом є MQTT-брокер (MQTT broker), який відповідає за пересилання повідомлень між клієнтами та фільтрацію даних (див. рис. 1). Така архітектура розділяє функції відправника повідомлень і їх отримувача. На відміну від традиційної моделі клієнт-сервер, у MQTT клієнти, які публікують або підписуються на повідомлення, не мають потреби знати фізичні ідентифікатори пристроїв чи програм (такі як IP-адреси або порти TCP/UDP). Вони взаємодіють лише через брокера, який виступає посередником у мережі. Протокол дозволяє

використовувати багато видавців і абонентів одночасно, забезпечуючи ефективний обмін даними.[32]

HTTP — це клієнт-серверний протокол, де запити надсилаються однією стороною, яка виступає в ролі користувачького агента (або проксі від його імені). Найчастіше таким агентом є веб-браузер, однак це може бути й інша програма, наприклад, робот, який індексує веб-сторінки для пошукових систем.

Кожен запит надсилається серверу, який обробляє його та повертає відповідь. Зазвичай між клієнтом і сервером знаходяться численні посередники — проксі, що виконують різні функції, працюють як шлюзи або, наприклад, використовуються для кешування даних.[33]

Крім основних функцій, ESP32 виконує моніторинг стану компонентів системи, таких як датчики, реле, дисплей та модулі зв'язку. У разі виявлення несправностей або збоїв контролер відображає відповідні повідомлення на дисплеї та передає їх у мобільний додаток.

Завдяки підтримці енергоефективних режимів роботи ESP32 знижує споживання енергії. Наприклад, у стані очікування або за низького навантаження контролер автоматично переходить у режим зниженого енергоспоживання, що є важливим для забезпечення ефективної роботи системи опалення.

3.3 Логіка та реалізація програмного забезпечення ESP32

Код реалізує логіку автоматизованої системи управління насосами в системі опалення, забезпечуючи контроль температури та безпеку роботи через підключені датчики, реле, звуковий сигнал, кнопки управління та дисплей. Основним елементом системи є мікроконтролер ESP32, який збирає дані з датчиків і приймає рішення про вмикання або вимикання насоса та сигналізації. [21]

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.1 – використані бібліотеки

Для реалізації проєкту автоматизованої системи управління насосами в системах опалення використано кілька ключових бібліотек, які забезпечують функціональність та стабільну роботу пристрою. Одна з основних — це **LiquidCrystal_I2C**, яка дозволяє інтегрувати LCD-дисплей із інтерфейсом I2C. Вона надає можливість швидко ініціалізувати дисплей, виводити на нього текстову інформацію та управляти підсвіткою, що значно полегшує роботу з дисплеями.

Для зчитування температурних даних використано бібліотеку **OneWire**, яка підтримує роботу з датчиками DS18B20 через однодротовий протокол. Вона дозволяє отримувати дані з кількох датчиків, підключених до однієї шини. Для розширеної роботи з цими датчиками застосовується бібліотека **DallasTemperature**, яка спрощує взаємодію з цифровими термометрами, надаючи зручний інтерфейс для зчитування температури та керування запитами.

Щоб зберігати критично важливі налаштування, такі як граничні температури, використовується бібліотека **EEPROM**, яка забезпечує доступ до енергонезалежної пам'яті ESP32. Завдяки цьому користувач може налаштовувати систему, а збережені дані не втрачаються навіть після перезавантаження пристрою.

Для реалізації протоколу I2C використано бібліотеку **Wire**, яка відповідає за передачу та прийом даних між ESP32 та периферійними пристроями, такими як LCD-дисплей. Ця бібліотека є базовим інструментом для налаштування та управління I2C-з'єднаннями.

На початку роботи система проходить етап ініціалізації, де налаштовуються всі компоненти. Значення температури теплоносія та зовнішнього середовища завантажуються з енергонезалежної пам'яті (EEPROM). Якщо ці значення не визначені, задаються параметри за замовчуванням, які можна змінити за допомогою кнопок.

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.2 – зчитування температур

Датчики температури підключені через шину OneWire і забезпечують вимірювання трьох ключових параметрів: температури води на виході до системи опалення, температури зворотної води після обігріву будинку та температури зовнішнього повітря. Отримані дані оновлюються кожену секунду та відображаються на дисплеї з чотирма рядками. Користувач може бачити поточні температури, а також налаштовані граничні значення.

Система керує насосом на основі температурних умов. Якщо температура води, що подається до системи опалення, перевищує налаштоване граничне значення, насос автоматично вмикається. Аналогічно, насос активується, якщо температура зовнішнього повітря опускається нижче встановленого мінімального рівня. Якщо ці умови не виконуються, насос вимикається, що дозволяє уникнути зайвого енергоспоживання.

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.3 – умови ввімкнення насоса

Система також включає механізм безпеки, що реагує на критичну температуру теплоносія або на дані, отримані від манометра. У разі перевищення критичної температури активується сигналізація, яка попереджає користувача через звуковий сигнал і візуальний індикатор. Це дозволяє оперативно реагувати на потенційно небезпечні ситуації.

Управління параметрами здійснюється за допомогою трьох кнопок. Кнопка SET дозволяє вибрати, яке з граничних значень змінювати, тоді як кнопки "+" і "-" змінюють значення в межах від 0°C до 100°C. Усі зміни відображаються на дисплеї в реальному часі, що забезпечує зручність налаштування. Після завершення змін значення зберігаються в енергонезалежній пам'яті, щоб уникнути необхідності повторного налаштування після перезавантаження системи.

Таким чином, код забезпечує інтеграцію всіх компонентів системи, реалізує автоматичне управління насосами, моніторинг ключових параметрів, а також ручне налаштування і безпеку роботи. Логіка роботи передбачає можливість адаптації до змін умов, що робить цю систему гнучкою та надійною у використанні.

3.4 Логіка та реалізація програмного забезпечення для керування системою по WiFi

Для початку роботи в Android studio вибираємо SDK:

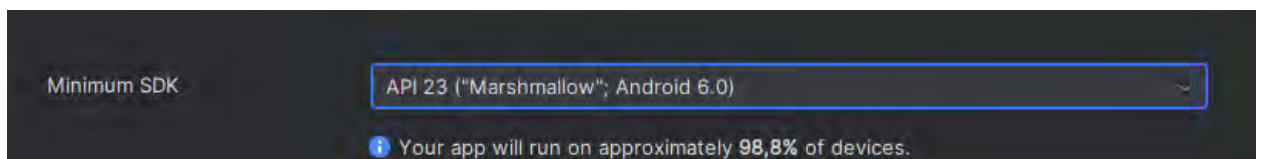


Рис. 3.4 – зображення з вибору версії ОС та приблизний % девайсів

SDK (Software Development Kit) в Android Studio – це набір інструментів і бібліотек, які дозволяють розробникам створювати, тестувати й запускати Android-застосунки. При виборі API рівня в Android Studio ви фактично обираєте, на які версії Android операційної системи буде орієнтований ваш застосунок. [22]

Спочатку даємо дозвіл на використання мережі:

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
```

Також для використання протоколу HTTPS додаємо:

```
«android:usesCleartextTraffic="true"»
```

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.5 – зображення коду з наданням дозволів

Для використання мережі з певною безпекою використовується HTTPS, але для цього потрібен сертифікат безпеки.[23]

Після написання коду, на екрані мобільного додатку відображається комплексна інформація про стан системи опалення та надаються інструменти для її управління. (рис. 3.5) У верхній частині екрана розташований текст, що

інформує про вибраний датчик температури та його граничне значення. Наприклад, користувач бачить повідомлення "Вибраний: T1, Гранична температура: 20.0°C", яке допомагає ідентифікувати, який саме датчик налаштовується в даний момент.

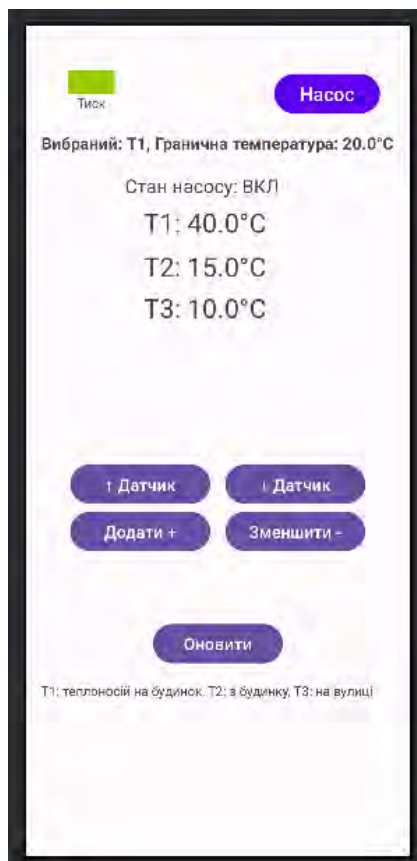


Рис. 3.5 – зовнішній вигляд програми на Android

Праворуч від цього тексту розташована кругла кнопка для ручного увімкнення або вимкнення насосу, яка позначена символом увімкнення/вимкнення. Ця кнопка забезпечує пряме управління насосом незалежно від автоматичного режиму.

Зліва знаходиться індикатор тиску, оформлений у вигляді прямокутнику з написом "Тиск". Індикатор змінює колір залежно від стану: зелений сигналізує про нормальний тиск у системі, тоді як червоний інформує про перевищення допустимих параметрів. Це дозволяє користувачу швидко оцінити безпеку роботи системи.

Далі відображається поточний стан насосу у текстовому форматі. Повідомлення "Стан насосу: ВКЛ" або "Стан насосу: ВИКЛ" дає змогу

миттєво зрозуміти, чи активний насос у даний момент. Стан насосу змінюється залежно від логіки роботи системи, а також може бути змінений вручну за допомогою відповідної кнопки.

У центральній частині екрана відображаються поточні значення температур з трьох датчиків. Для кожного датчика вказано його ідентифікатор (T1, T2, T3) та температура у градусах Цельсія. Наприклад, користувач може побачити: "T1: 40.0°C", "T2: 15.0°C", "T3: 10.0°C". Ці значення оновлюються у реальному часі або за допомогою кнопки "Оновити".

У нижній частині екрана розташовані кнопки управління. Кнопки "Додати +" і "Зменшити -" дозволяють змінювати граничну температуру для вибраного датчика, забезпечуючи зручність налаштування. Кнопки "↑ Датчик" і "↓ Датчик" відповідають за переключення між датчиками T1, T2 і T3, щоб налаштувати кожен з них окремо. Кнопка "Оновити" запускає процес оновлення даних з усіх датчиків, гарантуючи, що на екрані відображається актуальна інформація.

У самому низу екрана розташований текстовий пояснювач, який допомагає користувачу розуміти функціональність кожного датчика. Текст пояснює, що T1 відповідає за теплоносій, який подається на будинок, T2 — за температуру, що повертається з будинку, а T3 вимірює температуру повітря на вулиці. Це забезпечує зрозумілість навіть для користувачів, які вперше взаємодіють із системою.

Принцип використання WiFi у зв'язці ESP32 та коду на Android Studio базується на двосторонньому зв'язку між мікроконтролером ESP32 та мобільним додатком Android, який працює як клієнт. Основні етапи взаємодії полягають в тому, що ESP32 виступає як сервер і підключається до локальної WiFi-мережі. У прошивці ESP32 прописані ім'я мережі (SSID) та пароль, що дозволяє модулю отримати IP-адресу в мережі. Ця IP-адреса використовується для встановлення зв'язку між ESP32 і додатком.

ESP32 налаштовується як вебсервер, що обробляє HTTP-запити. Сервер може відповідати на запити GET та POST [23-24]:

- **GET-запити:** Додаток Android може запитувати поточні дані про температуру, стан насоса чи сигналізації, надсилаючи GET-запити на сервер ESP32.
- **POST-запити:** Додаток може передавати дані для зміни налаштувань, наприклад, граничної температури для конкретного датчика, або команди для ввімкнення чи вимкнення насосу.

Далі наш код на Android Studio реалізує клієнтську частину:

- **Бібліотека OkHttp:** Використовується для формування HTTP-запитів та отримання відповідей від ESP32. Наприклад, запити можуть мати формат `http://<IP-адреса ESP32>/get-data` або `http://<IP-адреса ESP32>/set-data`.
- **Обробка даних:** Отримані відповіді від ESP32 розпарсовані, і на їх основі оновлюється інтерфейс мобільного додатку.

Наприклад, Android додаток надсилає GET-запит:

```
http://192.168.1.10/get-data
```

ESP32 відповідає JSON-даними:

```
{
  "T1": 40.0,
  "T2": 15.0,
  "T3": 10.0,
  "PumpState": "ON",
  "PressureAlarm": false
}
```

Далі, наприклад, POST – встановлення граничної температури на T1:

```
http://192.168.1.10/set-data
```

```
Body: {"sensor": "T1", "threshold": 50}
```

Висновки до третього розділу

У третьому розділі було детально розглянуто процес розробки програмного забезпечення для автоматизованої системи управління

насосами, включаючи створення мобільного додатку на платформі Android та програмування контролера ESP32 для забезпечення зв'язку через WiFi. Було розроблено мобільний додаток з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, який дозволяє користувачеві отримувати актуальну інформацію про температуру теплоносія, зворотної лінії та зовнішнього середовища, а також здійснювати управління насосом у ручному або автоматичному режимах. В інтерфейсі додатку реалізовано функцію індикації аварійного стану тиску, що дає змогу швидко реагувати на можливі несправності.

Програмування ESP32 забезпечило функціонування контролера як вебсервера для обробки HTTP-запитів, обмін даними з мобільним додатком та обробку даних з датчиків температури і манометра. Було впроваджено алгоритми управління насосом, які враховують температуру теплоносія, зворотної лінії та зовнішнього середовища. Реалізована логіка дозволяє автоматично вмикати або вимикати насос залежно від досягнення встановлених граничних параметрів, які можна змінювати через мобільний додаток.

Ключовим досягненням є забезпечення двостороннього обміну даними між ESP32 та мобільним додатком через WiFi, що дозволяє системі працювати в реальному часі та своєчасно оновлювати інформацію. Це значно підвищує зручність та безпеку експлуатації, адже користувач отримує доступ до управління системою опалення з будь-якого місця. Крім того, впроваджені механізми економії енергії дозволяють оптимізувати роботу насоса, знижуючи споживання ресурсів.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ

4.1 Опис ідеї проєкту технології

У попередніх розділах дипломного проєкту було сформовано концепцію автоматизованої підсистеми для системи опалення. У цьому розділі зосереджено увагу на аналізі стартап-проєкту, орієнтованого на створення пристрою **OptiHeat** — автоматизованого рішення для оптимізації енерговитрат у системах опалення. Основна мета полягає у розробці пристрою, що включає WiFi-модуль для віддаленого керування, а також використання інтелектуальних алгоритмів для енергоефективності та підвищення комфорту.

Ця система має забезпечити зниження енергоспоживання, підтримання стабільної температури в приміщенні та інтеграцію з іншими елементами "розумного будинку."

Для детального визначення вимог до реалізації проєкту, формулювання його цілей, завдань та орієнтовних термінів виконання, була розроблена інформаційна карта. Вона представлена у вигляді таблиці 4.1, яка ілюструє ключові етапи проєкту та основні показники ефективності, сприяючи плануванню наступних кроків.

Таблиця 4.1 - Інформаційна карта стартап проєкту "OptiHeat"

Назва блоку	Характеристика
1	2
Загальна характеристика стартап-проєкту "OptiHeat"	
Назва стартап-проєкту	Автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення.
Проблематика, яку вирішує стартап проєкт	Стартап OptiHeat вирішує низку актуальних проблем, пов'язаних із використанням традиційних систем опалення. Серед основних викликів – високі витрати на енергоресурси, спричинені неефективним керуванням системою, та відсутність адаптивності до змін зовнішніх умов. Крім того, більшість існуючих рішень не забезпечують можливості віддаленого контролю, що ускладнює управління опаленням, особливо для користувачів, які часто перебувають поза домом. OptiHeat пропонує інноваційне рішення, яке забезпечує ефективне управління.

Головні цілі та завдання проекту	<ol style="list-style-type: none"> 1. Реалізація автоматичного управління опаленням: використання сучасних сенсорів та алгоритмів для підтримання комфортної температури без участі користувача. 2. Досягнення енергоефективності: мінімізація втрат енергії шляхом адаптивного регулювання системи залежно від присутності мешканців та змін навколишнього середовища. 3. Розширення функціональності: забезпечення можливості дистанційного контролю за допомогою мобільного додатку та інтеграція системи в єдину платформу "розумного будинку."
Головні цільові групи, на які спрямований проект	<ul style="list-style-type: none"> • Власники приватних будинків – люди, які прагнуть зменшити витрати на опалення та забезпечити комфортне проживання, використовуючи інноваційні технології. • Комерційні об'єкти та офісні приміщення – власники бізнесів, які бажають скоротити витрати на опалення та інтегрувати сучасні рішення для автоматизації. • Інсталювальники та підрядники у сфері опалення та "розумних будинків" – спеціалісти, які займаються встановленням та обслуговуванням інноваційних систем управління. • Екологічно свідомі споживачі – люди, які обирають технології, спрямовані на зменшення впливу на довкілля через зниження викидів CO₂.
Автори та команда стартап-проекту	
Автори стартап-проекту	Автори проекту: Коновал Владислав, Ткаченко Світлана Сергіївна
Команда стартап-проекту	Коновал Владислав, Ткаченко Світлана Сергіївна автори проекту, інженери, інвестори, керівники, працівники-дизайнери
Опис продукту стартап-проекту	
Назва та коротка характеристика мінімального життєздатного продукту стартапу (MVP)	OptiHeat — це компактний пристрій для автоматизації управління системою опалення, оснащений WiFi-модулем для віддаленого контролю через мобільний додаток. Основні функції включають підтримку заданої температури, моніторинг споживання енергії в реальному часі, а також базову інтеграцію з екосистемами "розумного будинку." OptiHeat дозволяє користувачам значно скоротити витрати на опалення, забезпечуючи простоту використання і швидке впровадження у вже існуючі системи.
Сфера застосування та функціональне призначення продукту	Продукт OptiHeat призначений для автоматизації систем опалення в житлових і комерційних приміщеннях з можливістю інтелектуального регулювання температури, віддаленого управління через WiFi та інтеграції з екосистемою "розумного будинку" для підвищення комфорту, енергоефективності та оптимізації витрат.
Опис унікальних властивостей продукту стартапу	OptiHeat вирізняється можливістю інтелектуального регулювання температури завдяки адаптивним алгоритмам, інтеграцією з екосистемою "розумного будинку," віддаленим управлінням через мобільний додаток з WiFi-з'єднанням, моніторингом споживання енергії в реальному часі та екологічною спрямованістю, що забезпечує суттєве зниження енергоспоживання і підвищення комфорту для користувачів.
Стадія розробки продукту стартапу	Розробка робочого прототипу та його тестування в реальних умовах, підготовка до серійного виробництва, налагодження співпраці з українськими компаніями, а також перспективне планування виходу на міжнародний ринок.

Технічні характеристики	OptiHeat – це компактний пристрій, призначений для встановлення в житлових або комерційних приміщеннях. Основні компоненти включають: мікроконтролер ESP32 з вбудованим WiFi-модулем для віддаленого керування, датчики температури та вологості (DHT22), модуль керування реле для підключення до існуючих систем опалення, енергоефективний блок живлення, а також програмне забезпечення з інтелектуальними алгоритмами для адаптивного регулювання температури. Усі компоненти інтегруються в єдину систему, яка забезпечує стабільну роботу, низьке енергоспоживання та зручний контроль через мобільний додаток.
Супровід продукту	Безкоштовне обслуговування в межах гарантійного терміну з можливістю регулярної діагностики системи за запитом користувача.
Забезпечення стартап-проєкту	
Необхідні ресурси	Для реалізації проєкту OptiHeat необхідні ресурси включають мікроконтролер ESP32, датчики температури та вологості (DHT22), реле для підключення опалювальної системи, блоки живлення, монтажні матеріали та корпуси для пристроїв. Інвестиції для запуску проєкту становлять 2 500 000 гривень, які покривають витрати на виробництво, маркетинг та просування продукту.
Потреба в інвестиціях	Залучення інвестицій через краудфандингові платформи, такі як Kickstarter або Indiegogo, пошук стратегічних партнерів серед компаній, що працюють у сфері "розумного будинку", а також використання грантових програм для підтримки інноваційних розробок в Україні.
Інтелектуальна власність	Унікальні рішення, розроблені для стартапу OptiHeat , включаючи дизайн, програмне забезпечення та технічну документацію, є виключною інтелектуальною власністю його творців, що гарантує оригінальність і захищеність проєкту.
Результати стартап-проєкту	
Термін реалізації стартап-проєкту	Орієнтовний термін реалізації стартап-проєкту OptiHeat становить 12-18 місяців, що включає етапи розробки прототипу, тестування, запуску серійного виробництва та виходу на ринок.
Плановані кількісні показники стартап-проєкту	Очікувані кількісні результати стартап-проєкту передбачають успішний комерційний запуск на українському ринку з поступовим розширенням діяльності на міжнародну аудиторію.
Якісні показники стартап-проєкту	Якісні показники стартап-проєкту OptiHeat включають підвищення енергоефективності опалювальних систем, покращення комфорту в житлових і комерційних приміщеннях, забезпечення надійної роботи пристрою за будь-яких умов.
Загальні очікувані результати	Очікувані результати стартап-проєкту OptiHeat включають успішний запуск інноваційного продукту на українському ринку, скорочення витрат користувачів на опалення до 30%, підвищення рівня комфорту завдяки автоматизації управління, а також створення конкурентоспроможного рішення з перспективою виходу на міжнародний ринок.

На основі представленої інформаційної карти стартапу OptiHeat можна дійти висновку, що реалізація проєкту вимагає терміну тривалістю 12–18 місяців. За цей період планується завершити повний цикл розробки: від створення та тестування прототипу до запуску серійного виробництва та

виходу на ринок. Такий підхід дозволяє не лише ретельно пропрацювати всі етапи створення продукту, але й забезпечити його високу якість і відповідність очікуванням цільової аудиторії.

Особливістю OptiHeat є його інноваційність та орієнтація на реальні потреби споживачів, зокрема економія енергії, адаптивне управління опаленням, інтеграція з екосистемами "розумного будинку" та можливість дистанційного контролю через мобільний додаток. Такі переваги вигідно вирізняють продукт серед конкурентів і дозволяють не лише задовольняти актуальні потреби користувачів, але й створювати нові стандарти в сфері опалення.

Фінансування передбачається забезпечити за рахунок краудфандингових платформ, грантових програм і співпраці з компаніями, які займаються автоматизацією будинків. Така стратегія дозволяє залучити необхідні інвестиції, а також створити перспективи для подальшого масштабування. Орієнтація на широку аудиторію, включаючи власників житлових і комерційних приміщень, відкриває шлях до виходу на міжнародний ринок, що сприятиме розширенню впливу проєкту.

Для створення ефективної конфігурації системи було застосовано метод морфологічної карти, яка представлена нижче 4.2. Цей підхід дозволив опрацювати всі можливі варіанти компонентів і їх взаємодії, забезпечуючи оптимальну функціональність продукту. В результаті, **OptiHeat** має всі передумови для того, щоб стати провідним рішенням у сфері автоматизованих систем опалення, об'єднуючи енергоефективність, комфорт та інноваційність.

Таблиця 4. 2 - Морфологічна карта проєкту

Параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ге	3-тє	4-те	5-те
Кількість датчиків	1 датчик	2 датчики	3 датчики	4 і більше	Інше
Тип датчиків	Температури	Температури і тиску	Температури, вологості, тиску	Комплексний	Інші специфічні датчики
Тип опалювального обладнання	Котел	Радіатори	Тепла підлога	Гібридні системи	Інші сучасні інноваційні системи

Тип управління системою опалення	Ручне керування	Автоматичне включення	За графіком	Інтеграція з розумним будинком	Інші види управління (дистанційне і тд.)
Тип підключення	Провідне	Бездротове (Wi-Fi)	Комбіноване	Комбіноване з провідним	Інші види
Оптимальні точки встановлення датчиків	На стіні біля батареї	У зоні біля вікон	На стелі для контролю температури	Внутрішня частина опалювального обладнання	Інші індивідуальні місця (за потребою власника)
Механізм зв'язку	Wi-Fi	Bluetooth	Змішаний (Wi-Fi + Bluetooth)	Локальна мережа	Інші методи
Види монтажу системи	Монтаж на поверхню стіни	Інтеграція у стіну або на підлогу	Встановлення на опалювальне обладнання	Мобільне кріплення для тимчасових рішень	Інші індивідуальні варіанти монтажу

Відповідно до морфологічної карти проекту OptiHeat, оптимальні рішення для розробки автоматизованої системи керування насосами в опалювальних комплексах визначаються наступним чином:

- Кількість датчиків: 3 датчики, що забезпечують моніторинг температури, тиску та витрати води, дозволяючи системі адаптувати роботу насоса до реальних потреб.
- Тип датчиків: комбіновані датчики температури, тиску та вологості, що сприяють точному регулюванню роботи насосів і оптимізації витрат енергії.
- Тип опалювального обладнання: інтеграція з циркуляційними насосами в системах радіаторного опалення, теплої підлоги та котлів, що забезпечує ефективну циркуляцію теплоносія.
- Тип управління системою опалення: автоматизоване керування насосами з алгоритмами адаптивного регулювання швидкості

обертання, залежно від поточних умов, з можливістю дистанційного налаштування через мобільний додаток.

- Тип підключення: комбіноване, з можливістю дротового підключення для забезпечення надійності та бездротового зв'язку (Wi-Fi) для зручності віддаленого управління.
- Оптимальні точки встановлення датчиків: розміщення датчиків на вході та виході насоса, а також у магістральних трубопроводах для забезпечення точного контролю параметрів теплоносія.
- Механізм підключення: бездротове з'єднання через Wi-Fi для дистанційного керування та моніторингу роботи системи в реальному часі.
- Види монтажу системи: монтаж у корпус насоса або на трубопровід за допомогою спеціальних кріплень, що забезпечує надійність та зручність обслуговування.

Таким чином, оптимальна конфігурація системи OptiHeat для насосів враховує необхідність підвищення енергоефективності, забезпечення стабільної роботи та зручності в управлінні. Інноваційний підхід до використання датчиків і алгоритмів керування дозволяє зменшити витрати енергії, підвищити надійність системи опалення та створити комфортні умови для користувачів.

Для створення чіткої концепції автоматизованої системи керування насосами в опалювальних системах розроблено таблицю, яка деталізує ключові напрямки використання технології та основні переваги для споживачів. Вона дозволяє не лише візуалізувати сфери застосування, але й підкреслити практичні вигоди, як-от енергозбереження, підвищення ефективності опалення та зручність управління. Такий підхід сприяє глибшому розумінню значення автоматизації для покращення роботи опалювальних систем і створює основу для подальшого розвитку (див. Таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 - Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизована система керування насосами в опалювальних комплексах OptiHeat. Підсистема автоматизації роботи циркуляційних насосів для ефективного розподілу теплоносія та енергозаощадження.	Автоматизація управління насосами в системах опалення житлових і комерційних приміщень.	Забезпечує ефективне функціонування системи опалення без необхідності ручного втручання, економлячи час користувача та знижуючи ризик помилок.
	Інтелектуальне регулювання циркуляції теплоносія залежно від температури та тиску.	Дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат з мінімальними витратами енергії, знижуючи рахунки за опалення.
	Інтеграція з іншими компонентами для створення єдиної автоматизованої екосистеми управління опаленням.	Забезпечує централізоване управління всіма системами будинку, підвищуючи комфорт та зручність для користувача.
	Плавне регулювання потужності насосів для забезпечення стабільної циркуляції теплоносія та уникнення гідравлічних ударів.	Захищає обладнання від зношення, зменшуючи витрати на технічне обслуговування та ремонт.
	Автоматичне відключення насосів при відсутності потреби в опаленні або при тривалому простої системи для зниження енергоспоживання.	Зменшує енергоспоживання та подовжує термін служби обладнання, знижуючи витрати користувача.

Автоматизована система управління насосами в опалювальних комплексах OptiHeat пропонує інноваційний підхід до оптимізації роботи системи опалення, поєднуючи сучасні технології для підвищення комфорту та енергоефективності. Основною перевагою системи є її здатність адаптувати роботу насосів відповідно до реальних потреб, забезпечуючи стабільну циркуляцію теплоносія та мінімізуючи енергоспоживання.

Інтелектуальні функції, такі як автоматичне регулювання швидкості насосів залежно від температури та тиску, гарантують ефективність роботи навіть у складних умовах. Впровадження автоматичного відключення під час

простою системи дозволяє значно знизити витрати на енергію, сприяючи раціональному використанню ресурсів.

Система забезпечує плавне регулювання потужності насосів, що запобігає гідравлічним ударам і подовжує термін служби обладнання. Крім того, можливість інтеграції OptiHeat з іншими елементами "розумного будинку" дозволяє створити єдину екосистему для зручного управління опаленням.

Рішення не лише підвищує комфорт користувачів завдяки автоматизації процесів, але й допомагає зменшити витрати на опалення, знижуючи вплив на довкілля. Таким чином, OptiHeat об'єднує функціональність, економічну вигоду та екологічну відповідальність, відповідаючи потребам сучасного користувача.

Розглянемо основних конкурентів, що працюють на ринку автоматизованих систем управління насосами для опалювальних комплексів:

- Grundfos Alpha3 Smart Pump – інтелектуальна система циркуляції з дистанційним управлінням через мобільний додаток.
- Wilo-Stratos PICO – енергоефективний насос із адаптивним регулюванням потужності відповідно до потреб системи.
- DAB Evosta 3 – сучасний насос із простим управлінням і низьким рівнем енергоспоживання.

Щоб оцінити технічні особливості та переваги OptiHeat у порівнянні з іншими рішеннями на ринку автоматизованих систем управління насосами, було проведено порівняльний аналіз, результати якого представлені в таблиці. Ключові характеристики конкурентів оцінювалися за принципом: "W" — слабкі сторони, "N" — нейтральні показники, "S" — сильні сторони. Аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

- Оптимальне керування продуктивністю насосів є базовою функцією для всіх розглянутих систем. Проте OptiHeat вирізняється адаптивним алгоритмом регулювання потужності, який враховує реальні умови в режимі реального часу, забезпечуючи більшу точність.

- Інтеграція з датчиками температури, тиску та витрати теплоносія забезпечує перевагу нашого проєкту, оскільки конкуренти часто пропонують лише базові параметри моніторингу.
- Можливість управління через Wi-Fi наявна у більшості конкурентів, але OptiHeat надає розширені можливості, включаючи комбіноване підключення через Bluetooth та локальні мережі, що робить систему більш гнучкою.
- Простота в налаштуванні є однією з ключових переваг OptiHeat, адже система розроблена так, щоб навіть недосвідчений користувач міг швидко адаптувати її до своїх потреб.
- Монтаж системи в OptiHeat значно простіший завдяки модульному дизайну, що дозволяє мінімізувати час і витрати на встановлення, на відміну від конкурентів, де процес часто потребує професійної допомоги.
- Зниження енергоспоживання досягається завдяки впровадженню інтелектуальних алгоритмів роботи насосів, що дозволяє зменшити рахунки за енергію до 30% порівняно з традиційними системами.
- Доступна ціна компонентів і обслуговування виділяє наш продукт серед конкурентів, роблячи його економічно вигідним для кінцевого користувача.

Таким чином, OptiHeat не лише відповідає високим стандартам ринку, але й перевершує конкурентів завдяки інноваційності, простоті використання та ефективності. Система орієнтована на реальні потреби користувачів, забезпечуючи високу надійність, економію ресурсів та комфортне управління.

Для детального аналізу та оцінки поточного стану проєкту **OptiHeat** було створено таблицю, яка класифікує сильні, слабкі та нейтральні характеристики системи. Цей підхід дозволяє чітко визначити аспекти, які потребують вдосконалення, та підкреслити ключові переваги, які виділяють проєкт на ринку.

Таблиця 4.4 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п		(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій Проект	Конкурент1 Grundfos Alpha3	Конкурент2 Wilost Stratos PICO	Конкурент3 DAB Evosta 3			
1.	Адаптивне управління продуктивністю насосів	Наявний	Наявний	Наявний	Відсутнє	-	+	-
2.	Інтеграція з датчиками температури, тиску та витрати	Повна	Часткова	Відсутня	Часткова	-	-	+
3.	Віддалене керування (Wi-Fi та Bluetooth)	Розширене	Базове (Wi-Fi)	Базове (Wi-Fi)	Відсутнє	-	-	+
4.	Легкість у налаштуванні	Висока	Висока	Середня	Складна	-	+	-
5.	Легкість у використанні	Наявна	Наявна	Відсутня	Відсутня	-	-	+
6.	Простота монтажу	Проста	Складна	Складна	Складна	-	-	+
7.	Енергоефективність	Висока	Середня	Середня	Низька	-	-	+
8.	Доступність обслуговування і ціна компонентів	Низька	Висока	Середня	Висока	-	-	+

Автоматизована система OptiHeat вирізняється своїми передовими технологіями, економічністю у використанні та розширеними функціями, які забезпечують комфорт і зручність для кінцевих користувачів. Інтеграція датчиків температури, тиску та витрати теплоносія дозволяє системі адаптуватися до умов у реальному часі, підвищуючи ефективність роботи опалювальних комплексів.

Для оцінки технічної спроможності та перспективності системи заплановано проведення детального аудиту. Дослідження має на меті визначити функціональність, здатність до інтеграції з іншими автоматизованими компонентами та відповідність сучасним стандартам енергоефективності та безпеки. Глибокий аналіз отриманих результатів дозволить не лише виявити сильні сторони системи, але й окреслити можливості для її вдосконалення, які будуть представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Автоматизована система керування насосами в опалювальних комплексах	Використання мікроконтролера ESP32 для управління насосами	Наявні	У відкритому доступі
2.	Інтеграція датчиків температури, тиску та витрати	Застосування сенсорів DS18B20, MPX5010 та витратоміра	Наявні	Доступно
3.	Енергоефективність системи	Використання алгоритмів оптимізації роботи насосів на основі PID-регуляції	Наявні	У відкритому доступі
4.	Автоматизоване регулювання швидкості насосів	Інтеграція програмованих таймерів і реального часу RTC DS3231	Наявні	Доступно
5.	Віддалене управління насосами	Використання Wi-Fi та Bluetooth модулів для дистанційного керування	Наявні	У відкритому доступі
6.	Монтаж і компактність системи	Розробка компактного корпусу з легким монтажем на трубопровід	Наявні	Доступно
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: можлива для реалізації				

На основі наведеної таблиці можна стверджувати, що реалізація проекту OptiHeat є цілком досяжною з технічної точки зору. Усі необхідні компоненти для створення системи керування насосами в опалювальних комплексах доступні на ринку та легко інтегруються в загальну концепцію. Використання мікроконтролера ESP32 відкриває широкі можливості для реалізації адаптивних алгоритмів роботи завдяки його багатофункціональності та підтримці бездротового зв'язку. Інтеграція сенсорів температури, тиску та витрати теплоносія забезпечує точний контроль параметрів системи, дозволяючи автоматично оптимізувати її роботу. Усі ці датчики мають доступну ціну, що сприяє зменшенню загальної вартості реалізації.

Енергоефективність системи досягається завдяки застосуванню алгоритмів оптимізації роботи насосів, які дозволяють зменшити споживання енергії та подовжити термін служби обладнання. Автоматизоване

регулювання швидкості насосів за допомогою програмованих таймерів і модулів реального часу гарантує безперебійну роботу системи навіть за змінних умов. Віддалене управління через Wi-Fi та Bluetooth забезпечує зручність і простоту контролю, дозволяючи користувачам швидко адаптувати роботу системи до своїх потреб.

Компактність конструкції та простота монтажу реалізовані завдяки модульному дизайну, який забезпечує легкість встановлення на трубопроводі без необхідності значного втручання у вже існуючу інфраструктуру. Корпус системи розроблено з урахуванням довговічності та захисту від зовнішніх впливів, що робить її надійним рішенням навіть у складних умовах експлуатації.

Отже, проєкт OptiHeat є не лише економічно вигідним, але й відповідає сучасним стандартам енергоефективності та безпеки. Крім того, система має великий потенціал для подальшого розвитку, включаючи інтеграцію з іншими компонентами "розумного будинку", що робить її універсальним і перспективним рішенням для користувачів.

4.2 Дослідження ринкових перспектив для запуску стартап-проєкту

Розглянемо ключові можливості та виклики, які можуть виникнути при впровадженні нашого стартап-проєкту на ринок. Такий аналіз є важливим етапом у розробці стратегії запуску, орієнтованої на український ринок із подальшими перспективами виходу на міжнародний рівень. Особливу увагу буде приділено оцінці попиту на продукт, аналізу його масштабу, динаміки розвитку та конкурентної ситуації. Це дозволить отримати чітке уявлення про потреби цільової аудиторії та визначити напрями для вдосконалення системи з урахуванням цих потреб.

Також буде враховано зовнішні фактори, включаючи економічні, технологічні та соціальні аспекти, які можуть впливати на успішність виходу продукту на ринок. Особливий акцент зроблено на аналізі попиту на

автоматизовану систему керування насосами для опалення, що включає вивчення ринкового потенціалу, обсягів та динаміки його розвитку. Це дозволить не лише визначити можливості для розширення, але й спрогнозувати темпи прийняття технології споживачами.

Результати аналізу наведені у таблиці, яка містить попередню оцінку ринкового потенціалу стартап-проєкту (див. таблицю 4.6).

Таблиця 4.6 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	12 000 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільний ріст з підвищеним інтересом до енергоефективних систем опалення
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Сильна конкуренція, необхідність сертифікації продукту та відповідності стандартам енергоефективності
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність стандартам енергозбереження та безпеки
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20%

Згідно з характеристикою потенційного ринку, автоматизовані системи управління насосами в опалювальних комплексах мають значні перспективи для впровадження завдяки постійному зростанню галузі та підвищеному інтересу до енергоефективних технологій. Середня рентабельність у 20% вказує на можливість стабільного прибутку при належному позиціонуванні продукту. Хоча конкуренція на ринку присутня, його відкритість до інновацій створює можливості для нових гравців, особливо для тих, хто пропонує унікальні технологічні рішення.

Одним із ключових факторів для успішного виходу є відповідність продукту стандартам енергозбереження та безпеки, а також забезпечення сертифікації всіх компонентів. Ці вимоги формують високий бар'єр для гравців із недостатньо розвиненими технологіями, водночас створюючи конкурентну перевагу для проєктів із високим рівнем інновацій. Ринок демонструє інтерес до продуктів, які не лише автоматизують опалювальні процеси, але й пропонують інтеграцію з екосистемами "розумного будинку,"

що відкриває додаткові можливості для розширення функціональності системи.

Загальний обсяг продажів у 12 млн грн/рік і потреба в локальних інноваційних рішеннях вказують на перспективи для успішного впровадження OptiHeat. Продукт може зайняти значну нішу, пропонуючи конкурентоспроможну ціну, високотехнологічні функції та відповідність сучасним вимогам. Усе це створює сприятливі умови для виходу на український ринок із подальшою експансією на міжнародному рівні.

Для більш детального вивчення ринку та визначення можливостей впровадження автоматизованої системи управління насосами необхідно провести сегментацію потенційних клієнтів, визначити їхні ключові характеристики та сформулювати перелік вимог до продукту. Це дозволить точніше адаптувати функціонал системи до потреб різних категорій споживачів. Підсумкові результати дослідження відображені у таблиці 4.7.

Таблиця 4. 7 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Автоматизоване управління насосами та зменшення енергоспоживання	Домашні господарства, девелоперські компанії	Власники приватних будинків, керуючі компанії житлових комплексів	Власники будинків прагнуть зменшити витрати та підвищити комфорт
Ефективність роботи опалювальних систем та мінімізація витрат	Комерційні об'єкти, готелі, промислові підприємства	Готелі зацікавлені в оптимізації витрат, а промислові об'єкти – у стабільності та надійності систем	Висока продуктивність, відповідність сучасним стандартам

Після аналізу таблиці, можна дійти висновку, що попит на автоматизовані системи управління насосами в опалювальних комплексах формується через зростаюче бажання споживачів зменшити витрати на енергію, підвищити комфорт і відповідати екологічним стандартам. Основними групами клієнтів є власники приватних будинків, керуючі

компанії житлових комплексів, готелі, офіси та промислові підприємства. Для приватних споживачів важливими є зручність у використанні, легкість інтеграції та автономність системи, тоді як для комерційного сегмента ключовими залишаються масштабованість, довговічність і економічна доцільність.

Підвищений інтерес до автоматизації та енергоефективності відкриває широкі можливості для проєкту. Наприклад, готелі можуть значно зменшити витрати на опалення, одночасно покращуючи умови для гостей, а офіси отримують можливість оптимізувати енергоспоживання та підтримувати комфортний клімат. Універсальність системи, яка дозволяє її адаптацію до різних типів споживачів, створює потенціал для виходу як на локальний, так і на міжнародний ринок.

Разом із тим, впровадження автоматизованих систем опалення має свої виклики. Серед них можна виділити технічні аспекти, як-от забезпечення стабільної роботи системи у різних умовах, а також ринкові фактори, зокрема конкуренцію та необхідність сертифікації. Для успішної реалізації проєкту та збереження конкурентоспроможності важливо враховувати ці аспекти, що детально описані у таблиці 4.8. Врахування цих чинників дозволить ефективно адаптувати продукт до потреб ринку та забезпечити його довготривалий розвиток.

Таблиця 4.8 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Складність інтеграції з іншими системами	Можливість недостатньої сумісності з іншими компонентами опалювальних систем	Ретельне тестування та вдосконалення інтеграції з іншими системами, адаптація до сучасних стандартів
2.	Низька обізнаність споживачів	Потенційні клієнти можуть недооцінити переваги автоматизації систем опалення	Проведення інформаційно-просвітницьких кампаній, демонстрація економічних і функціональних переваг системи через реальні кейси
3.	Вартість компонентів	Коливання цін на електронні компоненти може призвести до зростання собівартості	Встановлення довгострокових контрактів із постачальниками, пошук альтернативних джерел закупівель

		продукту	
4.	Економічна нестабільність	Зниження купівельної спроможності клієнтів через економічну нестабільність	Впровадження гнучкої системи знижок, розстрочок або підтримки для клієнтів
5	Регуляторні обмеження	Введення нових стандартів чи сертифікаційних вимог може ускладнити запуск продукту	Підготовка до сертифікації відповідно до національних і міжнародних стандартів, співпраця з регулюючими органами

Розглядаючи потенційні виклики для реалізації проєкту OptiHeat, можна виокремити кілька ключових факторів, які потребують детального опрацювання для зменшення ризиків і підвищення успішності. Однією з найбільших загроз є складність інтеграції системи з існуючими рішеннями "розумного будинку". Це може бути пов'язано з технічними розбіжностями, несумісністю обладнання чи різними стандартами передачі даних. Для подолання цієї проблеми передбачено ретельне тестування, оптимізацію програмних алгоритмів та співпрацю з виробниками популярних платформ "розумного будинку".

Ще одним важливим викликом є недостатня обізнаність цільової аудиторії щодо переваг автоматизованих систем управління насосами. Це створює потребу в активних маркетингових кампаніях, орієнтованих на інформування споживачів. Показ реальних кейсів, демонстрація економії енергії та зручності користування допоможуть підвищити довіру та інтерес до продукту.

Ризик зростання собівартості продукту через коливання цін на ринку електронних компонентів також вимагає уваги. Для його мінімізації компанія планує укладати довгострокові угоди з надійними постачальниками, розширювати пул партнерів та проводити закупівлі з урахуванням змін ринку.

Економічна нестабільність, що може зменшити купівельну спроможність клієнтів, є ще одним важливим фактором. Для адаптації до цього виклику пропонуються гнучкі умови придбання, такі як розстрочка платежів, лізинг і спеціальні акційні пропозиції. Це дозволить залучити ширшу аудиторію, включаючи споживачів із середнім рівнем доходу.

Регуляторні обмеження, що пов'язані з вимогами щодо сертифікації та безпеки, можуть вплинути на швидкість виходу продукту на ринок. Враховуючи це, компанія готується до завчасного проходження сертифікаційних процедур і налагодження співпраці з відповідними регуляторними органами.

Враховання можливих викликів та розробка ефективних стратегій їх подолання формують основу для успішного запуску проєкту.

Крім потенційних загроз, існують численні можливості для розвитку OptiHeat. Впровадження інноваційних технологій, розширення функціональності системи та вихід на нові сегменти ринку є ключовими напрямками для масштабування проєкту. Ці перспективи, які здатні позитивно вплинути на реалізацію продукту, відображені у таблиці 4.9, та слугують стратегічною основою для довгострокового розвитку.

Таблиця 4.9 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Ефективність вартості	Зниження витрат виробництва завдяки використанню відкритих технологій і доступних компонентів	Оптимізація процесу виробництва, співпраця з надійними постачальниками
2	Інноваційна технологія	Інтеграція сучасних алгоритмів управління насосами та можливість адаптації до нових стандартів	Впровадження алгоритмів AI та IoT для підвищення функціональності
3	Простота конструкції	Розробка компактного дизайну, який спрощує монтаж та обслуговування	Тестування нових конструктивних рішень і зменшення кількості компонентів
4	Масштабованість	Можливість розширення продукту для великих систем опалення, включаючи комерційні та промислові об'єкти	Розробка модульних систем для масштабованих рішень
5	Розвиток екологічних трендів	Популяризація енергоефективних рішень через зростаючий інтерес до екологічної відповідальності	Акцент на маркетинг, що підкреслює енергоефективність продукту
6	Підвищений попит	Збільшення запиту на автоматизовані системи опалення серед приватних та комерційних клієнтів	Розширення функціональності продукту та активні рекламні кампанії

Розглядаючи доступні можливості для реалізації проєкту OptiHeat, можна зробити висновок, що система має значний потенціал для успішного

виходу як на локальні, так і на міжнародні ринки. Однією з основних переваг проєкту є інноваційність запропонованих рішень: автоматизоване управління насосами з інтеграцією датчиків температури, тиску та витрати теплоносія, що дозволяє значно перевершити існуючі аналоги. Завдяки цьому продукт може бути позиціонований як сучасне та "розумне" рішення для опалювальних комплексів.

Простота конструкції системи є ще одним важливим фактором успіху. Легка установка без необхідності складних налаштувань забезпечує доступність продукту для широкого кола користувачів, включаючи тих, хто не має технічної підготовки. Це сприяє масштабуванню проєкту та залученню нових сегментів споживачів. Крім того, можливість інтеграції з іншими елементами "розумного будинку" створює перспективи для розширення функціональності системи відповідно до специфічних потреб клієнтів.

Популярність енергоефективних рішень і зростання попиту на автоматизовані системи є ще одним вагомим аргументом на користь успішності проєкту. Акцент на екологічності та оптимізації витрат дозволяє проєкту не лише задовольнити поточні потреби споживачів, але й підтримати сучасні тренди сталого розвитку. Це, у свою чергу, допоможе створити позитивний імідж компанії та забезпечити довіру серед клієнтів.

Завдяки комплексному підходу до реалізації цих можливостей, проєкт має всі шанси закріпитися на ринку, забезпечити конкурентні переваги та стати лідером у своїй ніші. Активне просування продукту, впровадження нових технологій і вдосконалення функціональності дозволять вивести систему OptiHeat на новий рівень.

Для більш чіткого розуміння ринкової ситуації та позиціонування продукту був проведений аналіз конкурентного середовища, включаючи порівняння основних технологій конкурентів та їх ринкових стратегій. Результати цього аналізу представлені у таблиці 4.10, яка допоможе визначити ключові переваги та виклики для проєкту, а також скоригувати стратегію для максимально ефективного виходу на ринок.

Таблиця 4.10 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	Тип конкуренції: олігополія	Наявність обмеженої кількості ключових гравців, які домінують на ринку автоматизованих систем опалення	Розробка унікальних функцій та технологій, які виділятимуть продукт на фоні конкурентів
2	Рівень конкурентної боротьби: міжнародний	Продукти для опалювальних комплексів конкурують не лише локально, але й на міжнародних ринках	Орієнтація на інноваційні рішення, які відповідатимуть вимогам міжнародного ринку
3	Галузева ознака: внутрішньогалузева	Конкуренція зосереджена між постачальниками схожих технологій у межах однієї галузі	Фокус на покращенні якості та впровадженні нових функціональних можливостей
4	Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Основне змагання відбувається між продуктами з подібною функціональністю, але різними характеристиками	Пропозиція конкурентоздатної ціни та додаткових опцій для клієнтів
5	Характер конкурентних переваг: нецінова	Конкуренти роблять акцент на інноваціях і технологічному вдосконаленні своїх продуктів	Інвестування в дослідження та розробку для збереження лідерства в інноваціях
6	Інтенсивність конкуренції: марочна	Боротьба за ринок ведеться через впровадження новітніх функцій, які вирізняють продукт на тлі конкурентів	Активне впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект та IoT

Вивчення конкурентного середовища на ринку автоматизованих систем управління насосами для опалювальних комплексів показує, що ця галузь має свої унікальні особливості, які визначають складність входу на ринок і способи утримання позицій. Ринок функціонує в умовах олігополії, де провідні позиції займає обмежене коло компаній, що пропонують високотехнологічні рішення для автоматизації. Це створює певні перешкоди для новачків, але водночас дає можливість запропонувати інноваційні продукти з унікальними характеристиками, такими як інтеграція з системами "розумного будинку" чи адаптивне управління енергоспоживанням.

Конкуренція має як локальний, так і міжнародний характер, оскільки багато існуючих продуктів є імпортованими. Це підкреслює важливість розробки локального виробництва, яке дозволить запропонувати конкурентну вартість, врахувати специфіку українського споживача та забезпечити оперативну сервісну підтримку. На тлі глобалізації важливо адаптувати продукт до міжнародних стандартів, зберігаючи його доступність для місцевого ринку.

Галузева конкуренція стимулює інтеграцію з популярними платформами "розумного будинку", такими як Google Home чи Apple HomeKit, що дозволяє створити універсальні та багатofункціональні рішення. Водночас альтернативні технології, наприклад, традиційні системи управління насосами чи базові таймери, створюють конкуренцію на рівні функціональних можливостей. Для того щоб забезпечити перевагу, проєкт повинен запропонувати розширені функції, зокрема автоматичний контроль за температурою, тиском і витратами, які допомагають зменшити енергоспоживання.

Конкурентні переваги базуються на поєднанні інновацій, енергоефективності та зручності використання. Успішне позиціонування продукту як екологічно відповідального та технологічно передового рішення дозволить зайняти вагомую частку ринку. Крім того, створення локального бренду, що асоціюється з надійністю та інноваціями, сприятиме формуванню довготривалих відносин із клієнтами.

Завдяки стратегії, орієнтованій на інноваційний розвиток, високу якість та адаптацію до потреб місцевих і міжнародних ринків, проєкт може не лише закріпитися на внутрішньому ринку, але й поступово розширювати свою присутність на глобальному рівні.

Після загального аналізу конкурентного середовища був проведений детальніший аналіз за моделлю Портера, який дозволяє оцінити ключові сили, що впливають на ринок: бар'єри для входу, загрози з боку замінників, вплив постачальників і клієнтів, а також інтенсивність конкуренції між існуючими гравцями. Результати цього аналізу відображені в таблиці 4.11 і допоможуть

сформулювати чітку стратегію для ефективного виходу на ринок і підкреслення конкурентних переваг проєкту.

Таблиця 4.11 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Grundfos, Wilo та DAB	Стартапи з новими технологічними підходами	Постачальники електронних компонентів	Приватні будинки, підприємства	Системи з базовими таймерами або альтернативні методи
Висновки:	Займають провідні позиції на ринку автоматизованих насосних систем	Інтегрують датчики та IoT-рішення, можуть скласти конкуренцію	Надійність постачальників електронних компонентів є ключовою для стабільності виробництва	Клієнти очікують систем, що пропонують зручність, енергоефективність та інтеграцію з іншими рішеннями 'розумного будинку'	Альтернативні рішення, такі як ручні регулятори або стандартні насоси, менш зручні та не забезпечують автоматизації

Аналіз конкурентного середовища на ринку автоматизованих систем управління насосами для опалення вказує на наявність як сильних прямих конкурентів, таких як Grundfos, Wilo і DAB, так і перспективних новачків, які можуть запропонувати інноваційні підходи. Незважаючи на відносно низьку інтенсивність конкуренції в галузі, вирішальну роль відіграють нові гравці, здатні інтегрувати свої продукти з екосистемами "розумного будинку". Постачальники електронних компонентів, таких як контролери, датчики та елементи управління, мають непрямий вплив на ринок, проте їхня стабільність і якість поставок є критично важливими. Задля уникнення ризиків, необхідно вибудовувати міцні партнерські відносини та диверсифікувати джерела поставок.

Клієнти, включаючи власників приватних будинків, комерційні компанії та керуючі організації, цінують рішення, які пропонують зручність, енергоефективність та адаптацію до їхніх індивідуальних потреб. Це дає змогу

створити унікальну пропозицію, зосереджену на надійності, функціональності та доступності. Альтернативні продукти, такі як стандартні насоси чи системи з базовими таймерами, мають обмежені можливості автоматизації та не можуть конкурувати з високим рівнем технологічності й інтеграції, що реалізований у сучасних рішеннях.

Таким чином, ринок створює сприятливі умови для впровадження інноваційного продукту, який відповідатиме потребам сучасного споживача, акцентуючи увагу на ефективності та зручності. Важливим етапом стане розвиток локального бренду, адаптованого до вимог місцевого ринку, і постійне вдосконалення функціоналу системи, щоб забезпечити її конкурентоспроможність.

Для точнішого оцінювання позицій проєкту на ринку та визначення його конкурентних переваг було сформовано комплексний перелік факторів, що безпосередньо впливають на успіх. До них належать технічні характеристики, інноваційність рішення, рівень енергоефективності та можливість інтеграції з іншими елементами "розумного будинку". Ці аспекти детально представлені в таблиці 4.12, яка слугуватиме основою для подальшої оцінки ринкових перспектив проєкту.

Таблиця 4.12 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Точність і надійність роботи сенсорів	Висока точність датчиків температури, тиску та витрати теплоносія забезпечує стабільну роботу системи, оптимізацію споживання енергії
2	Енергоефективність	Застосування енергоефективних насосів із адаптивними алгоритмами регулювання допомагає зменшити витрати енергії, що є важливим для клієнтів із великими системами опалення
3	Довговічність компонентів	Використання якісних матеріалів і компонентів забезпечує довготривалий термін служби системи, знижуючи витрати на обслуговування та підвищуючи надійність продукту
4	Гнучкість інтеграції з іншими системами	Можливість інтеграції з іншими системами опалення, створює додаткову цінність для споживачів та підвищує конкурентоспроможність продукту

Фактори конкурентоспроможності автоматизованої системи управління насосами для опалювальних комплексів чітко демонструють її здатність завоювати ринок і утримувати стабільні позиції серед конкурентів. Надійність і точність роботи датчиків температури, тиску та витрати теплоносія є ключовими перевагами, оскільки забезпечують безперебійну роботу системи, знижуючи ризик помилок і оптимізуючи витрати енергії. Така точність є важливою для клієнтів, які цінують ефективність і стабільність у роботі опалювальних систем.

Енергоефективність, досягнута завдяки впровадженню адаптивних алгоритмів управління насосами, надає можливість суттєво зменшити витрати на опалення, що відповідає сучасним тенденціям до енергозбереження. Це особливо привабливо для споживачів, які прагнуть знайти економічно вигідні рішення, не жертвуючи якістю.

Довговічність компонентів, використаних у системі, мінімізує потребу в обслуговуванні та ремонті, що підвищує лояльність клієнтів, орієнтованих на тривале використання продукції без додаткових витрат. Гнучкість інтеграції з іншими системами додає продукту універсальності та розширює спектр його застосування, що важливо для користувачів, які прагнуть створити цілісну автоматизовану інфраструктуру.

Загальна сукупність цих переваг робить систему інноваційним та конкурентоспроможним рішенням, яке може відповідати різноманітним запитам клієнтів, забезпечуючи комфорт, ефективність та економічну вигоду.

У наступному етапі дослідження буде проведено аналіз сильних і слабких сторін системи OptiHeat. Оцінка таких аспектів, як інтеграція, енергоефективність та надійність, допоможе виявити потенційні слабкості, наприклад, залежність від ланцюга постачання чи витрати на впровадження нових функцій. Детальні результати цього аналізу представлені в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали	Рейтинг товарів-конкурентів у
---	-------------------------------	------	-------------------------------

п/п		1-20	порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Інтелектуальне управління насосами	18						+	
2	Енергоефективність	17					+		
3	Сумісність із сучасними платформами автоматизації	15		+					
4	Можливість точного налаштування параметрів	16			+				
5.	Довговічність компонентів	17						+	

Аналіз порівняльних характеристик виявив вагомі переваги системи автоматизованого управління насосами для опалення, які роблять її конкурентоспроможною в сучасному ринковому середовищі. Основними сильними сторонами продукту є його здатність інтелектуально регулювати роботу насосів, забезпечуючи оптимальне споживання енергії, а також висока енергоефективність, надійність компонентів і можливість детального налаштування. Усі ці аспекти формують унікальну пропозицію, що відповідає потребам сучасних споживачів, орієнтованих на зручність і довговічність рішень.

Система також вирізняється сумісністю з іншими елементами, що дозволяє створювати комплексні рішення для автоматизації. Ця функціональність підвищує її цінність на ринку та робить привабливою для клієнтів, які прагнуть інтегрувати новітні технології у свої домівки чи комерційні об'єкти. У порівнянні з конкурентами, чия продукція часто поступається за рівнем налаштування параметрів та довговічності, система демонструє істотні переваги.

Загалом, проведений аналіз підтвердив високий потенціал продукту для досягнення успіху на ринку автоматизованих рішень. Завдяки своїм характеристикам і адаптації до сучасних запитів користувачів, система здатна завоювати довіру споживачів і утримувати провідні позиції в галузі.

Для розширення уявлення про можливості продукту та його місце на ринку було виконано SWOT-аналіз. Цей інструмент дозволив виявити ключові сильні сторони, наприклад, енергоефективність, інтеграцію з платформами автоматизації та гнучкість, а також визначити можливі ризики, як-от

залежність від постачальників компонентів. SWOT-аналіз став основою для розробки стратегії вдосконалення продукту, враховуючи як перспективи зростання, так і потенційні виклики. Детальні результати представлені в таблиці 4.14, що допоможе сформуванню оптимальної стратегії розвитку проєкту та забезпечити його успішне позиціонування на ринку.

Таблиця 4.14 - SWOT-аналіз для стартап проєкту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Інноваційне управління насосами для оптимізації теплового балансу 2. Висока енергоефективність завдяки адаптивним алгоритмам. 3. Довговічність матеріалів і компонентів, що знижує витрати на обслуговування. 4. Інтеграція з платформами автоматизації 'розумного будинку'. 5. Простота установки та використання системи для кінцевого споживача." 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Залежність від постачання електронних компонентів, таких як датчики й контролери. 2. Відносно висока початкова вартість установки порівняно з базовими системами. 3. Потреба в сертифікації для відповідності міжнародним стандартам.
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Розширення ринку через впровадження модульних рішень для різних типів будівель. 2. Зростання попиту на енергоефективні рішення через збільшення цін на енергоносії. 3. Впровадження додаткових функцій, таких як дистанційний моніторинг і керування. 4. Розвиток співпраці з будівельними компаніями для інтеграції продукту на етапі проектування будинків." 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конкуренція з боку відомих брендів, таких як Grundfos і Wilo. 2. Коливання цін на компоненти через глобальні економічні фактори. 3. Можливі затримки в постачанні компонентів через логістичні проблеми. 4. Поява нових технологій, які можуть зменшити актуальність поточного рішення."

SWOT-аналіз проєкту OptiHeat вказує на значний потенціал системи завдяки її ключовим перевагам, серед яких виділяються точність роботи сенсорів, висока енергоефективність, довговічність компонентів і можливість легкої інтеграції з платформами "розумного будинку". Ці сильні сторони дозволяють системі відповідати широкому спектру потреб користувачів і забезпечують конкурентоспроможність на ринку автоматизованих рішень для опалення. Разом із тим, аналіз виявив і певні слабкі сторони, серед яких залежність від стабільності постачання електронних компонентів та необхідність адаптації до високої конкуренції в сегменті енергоефективних рішень.

Основними загрозами для продукту є активна діяльність провідних гравців ринку, таких як Grundfos і Wilo, а також ризики, пов'язані з логістикою та коливаннями вартості компонентів. Водночас SWOT-аналіз показує, що ці виклики можуть бути подолані завдяки інвестиціям у вдосконалення технологій, створенню альтернативних каналів постачання та фокусуванню на локальних ринках із високим попитом.

Перспективність проєкту підкреслюється й тими можливостями, які відкриваються для його реалізації: впровадження інноваційних функцій, таких як віддалене керування й автоматичне навчання системи, а також розширення співпраці з будівельними компаніями та виробниками компонентів для спільної розробки нових рішень. Ці фактори створюють фундамент для успішного виходу системи на ринок і закріплення її позицій.

На основі результатів SWOT-аналізу була підготовлена таблиця можливих альтернатив для впровадження проєкту на ринок. Вона містить комплекс різних стратегій, орієнтованих на технологічне вдосконалення, розширення маркетингових кампаній і оптимізацію виробничих процесів. Ці стратегії сприятимуть адаптації продукту до динамічних умов ринку, підвищенню його привабливості для кінцевих користувачів і забезпеченню довгострокової конкурентоспроможності.

Таблиця 4.15 - Альтернативи ринкового впровадження стартап проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Оптимізація роботи насосів для зниження споживання енергії	Ресурси доступні через локальних постачальників і сучасні технології	3-4 місяці
2	Додавання функцій віддаленого моніторингу та керування	Забезпечується попит на інноваційні рішення та фінансування стартапів	4-6 місяців
3	Розширення співпраці з енергетичними компаніями для створення партнерських рішень	Вимагає переговорів і укладення угод з ключовими партнерами	2-4 місяці
4	Зниження виробничих витрат через пошук альтернативних постачальників	Необхідний аналіз ланцюга постачання для виявлення нових можливостей	3-5 місяців

На основі детального аналізу можливостей впровадження стартапу OptiHeat визначено стратегічні напрями розвитку, які сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності та розширенню присутності на ринку. Запропоновані альтернативи включають вдосконалення технологій управління насосами, розширення функціональних можливостей системи для підвищення її адаптивності, оптимізацію виробничих процесів для зменшення собівартості та розбудову партнерських відносин із ключовими гравцями ринку.

Кожен із цих напрямів спрямований на задоволення конкретних потреб споживачів, одночасно відкриваючи можливості для масштабування продукту та виходу на нові ринки. Реалізація цих заходів залежить від доступності ресурсів і термінів, що дозволяє впроваджувати їх поступово, відповідно до поточних бізнес-пріоритетів компанії.

Такий поетапний підхід забезпечує як ефективну адаптацію продукту до вимог ринку, так і стійке зростання проєкту. Це дозволяє створити надійну основу для формування довгострокової конкурентної переваги та зміцнення позицій на ринку автоматизованих систем опалення.

4.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Для успішного виходу на ринок системи автоматизованого управління насосами в опалювальних системах важливо визначити основні групи споживачів і їхні потреби. Аналіз потенційних користувачів, представлений у таблиці 4.16, охоплює різноманітні сегменти, серед яких ключовими є власники приватних будинків, керуючі компанії житлових комплексів, а також промислові об'єкти, які прагнуть оптимізувати витрати на опалення, підвищити енергоефективність і забезпечити стабільну роботу системи.

Розуміння особливостей кожного сегмента дає змогу краще налаштувати продукт під специфічні потреби споживачів. Наприклад, приватні домовласники зацікавлені в зручності використання та економії енергії, тоді як будівельні компанії орієнтовані на інтеграцію автоматизованих

рішень у свої проекти. Промислові клієнти, своєю чергою, зосереджені на довговічності компонентів і можливості роботи у складних умовах.

Врахування цих вимог дозволяє розробити більш таргетовані маркетингові стратегії, оптимізувати канали дистрибуції та підвищити ефективність впровадження продукту на ринку, створюючи стійку основу для його успіху.

Таблиця 4.16 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники приватних будинків з інтересом до енергоефективних рішень	Висока, завдяки популярності систем енергозбереження	Високий, через зростання попиту на рішення для розумного будинку	Середня	Простий доступ через індивідуальних замовників
2	Керуючі компанії багатоквартирних будинків, що прагнуть зменшити витрати на опалення	Середня, залежно від фінансових можливостей	Середній, залежно від масштабів обслуговуваних будинків	Висока	Потребує переговорів із керуючими компаніями
3	Промислові об'єкти, які потребують стабільного та надійного обігріву	Висока, з огляду на потребу в оптимізації витрат	Середній, залежно від специфіки об'єктів	Середня	Вимагає довгострокової співпраці
4	Будівельні компанії, що впроваджують інновації у новобудови	Середня, залежно від тенденцій у будівельному секторі	Середній, залежно від проектів у будівельному секторі	Середня	Необхідна співпраця з девелоперами
<p>Обрані наступні цільові групи: Приватні домоволодіння — через великий попит на рішення, які оптимізують витрати на опалення, забезпечують комфорт та підвищують енергоефективність. Для цього сегмента важливою є доступність і простота використання автоматизованих систем.</p> <p>Будівельні компанії — перспективний сегмент, що дозволяє інтегрувати систему на етапі проектування новобудов. Це збільшує ринкову привабливість житлових об'єктів та додає їм додаткову цінність через використання інноваційних енергоефективних рішень.</p>					

Проект OptiHeat орієнтований на дві основні цільові групи: приватні

домоволодіння та будівельні компанії. Приватні домовласники цінують комфорт і енергоефективність, що робить систему ідеальним рішенням для оптимізації витрат на опалення. Будівельні компанії бачать у продукті перспективу інтеграції його в новобудови, що підвищує ринкову вартість об'єктів і відповідає сучасним вимогам до енергоефективності.

Стратегія впровадження передбачає розробку гнучких рішень, що дозволять адаптувати систему до специфічних потреб кожної з груп. Для приватних домоволодінь акцент зроблено на простоті встановлення та доступності, а для будівельних компаній — на можливості інтеграції в масштабні проєкти. Такий підхід дозволяє ефективно позиціонувати продукт на ринку та забезпечити його популярність серед ключових споживачів.

Таблиця 4.17 висвітлює основні аспекти стратегії впровадження системи автоматизованого управління насосами. Вона включає розробку функціоналу для кожної групи, що дозволяє оптимально реалізувати потенціал продукту та зміцнити його конкурентні переваги на ринку.

Таблиця 4.17 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Розширення функціоналу системи з інтеграцією дистанційного управління насосами	Стратегія концентрованого зростання	Енергоефективність, легкість інтеграції, адаптація до різних умов використання	Стратегія диференціації через інноваційні рішення
2	Запуск рекламної кампанії для залучення приватних домоволодінь	Стратегія сегментування	Збільшення впізнаваності бренду, привабливість для індивідуальних клієнтів	Стратегія охоплення спеціалізованих сегментів
3	Розробка додаткових модулів для моніторингу та автоматизації витрат енергії	Стратегія інноваційного розвитку	Інноваційність продукту, оптимізація витрат енергії, підвищення комфорту	Стратегія розвитку через унікальні інноваційні рішення
4	Створення партнерства з	Стратегія проникнення	Зниження витрат на інтеграцію,	Стратегія розвитку через

	будівельними компаніями для інтеграції систем у новобудови		відповідність сучасним будівельним стандартам	стратегічне партнерство
--	--	--	---	-------------------------

Обрана стратегія конкурентної поведінки для проекту OptiHeat зосереджується на поєднанні розширення ринкової присутності та впровадження інновацій, які вдосконалюють існуючі рішення на ринку. Це дозволяє орієнтуватися на розробку функцій, які задовольняють унікальні потреби споживачів у сегменті автоматизованих систем управління насосами. Хоча проект і не є повністю унікальним, його сильні сторони — енергоефективність, адаптивність, простота інтеграції та довговічність — створюють основу для зайняття стійкої ніші на ринку.

Основна увага приділяється розробці продукту, який вирізняється зручністю використання, високою якістю та можливістю адаптації до потреб різних груп клієнтів. Це дозволяє запропонувати альтернативу для тих, хто шукає вдосконалені системи, що поєднують функціональність і економічність.

Наступним етапом є визначення чіткої стратегії конкурентної поведінки, яка дозволить ефективно позиціонувати продукт на ринку. Вона буде орієнтована на залучення нових споживачів, зміцнення довіри серед існуючих клієнтів і підвищення конкурентоспроможності. Деталі обраної стратегії представлені в таблиці 4.18 нижче.

Таблиця 4.18 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проєкт «першопроходьцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні/частково (у сегменті автоматизованих опалювальних систем)	Активно залучатиме нових споживачів через інноваційні функції та енергоефективність	Компанія адаптуватиме певні функції для підвищення інтеграції, але з додаванням унікальних рішень для енергоефективності	Стратегія зайняття конкурентної ніші

Така стратегія конкурентної поведінки для проекту OptiHeat орієнтується на активне освоєння нових ринків і залучення споживачів через інтеграцію окремих функцій конкурентів, доповнених унікальними інноваційними рішеннями. Такий підхід дозволяє спрямувати зусилля на вдосконалення системи управління насосами для задоволення специфічних потреб споживачів у сфері автоматизованих опалювальних рішень.

З огляду на проведений аналіз ринку та особливості обраної стратегії розвитку, необхідно розробити чіткий план позиціонування продукту. Цей план має враховувати переваги продукту та його відповідність сучасним запитам споживачів. Деталі стратегії наведено в таблиці 4.19.

Основна увага у стратегії позиціонування приділяється високій точності роботи системи, її енергоефективності та надійності. Також наголошується на можливості інтеграції продукту з іншими автоматизованими системами, що робить його універсальним і зручним для користувачів. Ключові атрибути, які формують сприйняття продукту: технологічність, комфорт, економічність та адаптивність до потреб споживачів.

Таблиця 4.19 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні і позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Надійна, безпечна та енергоефективна система управління опаленням	Стратегія лідерства по витратах	Низьке енергоспоживання, довговічність компонентів, безпека у використанні	Енергоефективність. Надійність. Безпека.
2	Гнучкість інтеграції з іншими системами енергоефективності	Стратегія адаптації та інтеграції інновацій	Легка інтеграція з іншими автоматизованими системами, модульність	Інтеграція. Простота. Універсальність.
3	Сучасний дизайн та простота використання	Стратегія диференціації за дизайном	Сучасний вигляд, зручність в установці та використанні	Дизайн. Зручність. Сучасність.

4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для розробки дієвої маркетингової стратегії важливо створити концепцію продукту, яка чітко демонструє його ключові переваги та практичну цінність для кінцевих користувачів. У випадку системи автоматизованого управління насосами в опалювальних системах ця концепція має підкреслити унікальні характеристики продукту, його технічну досконалість і вигоди для різних сегментів ринку. В результаті проведеного аналізу було визначено основні переваги системи, які є конкурентними сильними сторонами. Вони представлені в таблиці 4.20.

У таблиці висвітлено головні аспекти, які формують привабливість системи для споживачів: висока енергоефективність, гнучкість інтеграції з іншими технологіями, простота налаштування та використання, а також можливість адаптації до різних умов експлуатації. Такі переваги створюють додатковий комфорт для користувачів, сприяють економії енергоресурсів і забезпечують легкість впровадження в існуючу інфраструктуру.

Ці характеристики дозволяють не лише виділитися на тлі конкурентів, а й створити довготривалу цінність для клієнтів, що є основою для успішного позиціонування на ринку.

Таблиця 4.20 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Енергоефективне управління насосами	Економія енергоресурсів за рахунок оптимізованої роботи насосів	Використання енергоефективних технологій з мінімальним енергоспоживанням
2	Автоматизація роботи системи відповідно до навантаження	Автоматичне включення та вимкнення залежно від потреб системи	Наявність інтелектуальних алгоритмів для адаптації до змін умов
3	Довговічність компонентів і стабільна робота в різних умовах	Збільшення терміну служби системи завдяки високоякісним матеріалам	Високий рівень надійності та зменшення потреби в обслуговуванні
4	Інтеграція з іншими автоматизованими системами опалення	Універсальна сумісність з популярними платформами автоматизації	Легка інтеграція з різними системами

Після аналізу переваг проекту OptiHeat свідчить про його унікальні

властивості, орієнтовані на задоволення актуальних потреб споживачів. Система забезпечує енергоефективне управління насосами завдяки інтелектуальним алгоритмам, що оптимізують їхню роботу залежно від навантаження, тим самим знижуючи споживання енергоресурсів. Автоматизація дозволяє адаптувати роботу до конкретних умов, забезпечуючи максимальну зручність та комфорт для користувача.

Довговічність і надійність системи досягаються завдяки використанню якісних матеріалів і перевірених технічних рішень, що робить продукт вигідним вибором для клієнтів, які шукають довготривалі інвестиції. Крім того, можливість інтеграції з іншими системами автоматизації створює додаткову гнучкість і універсальність, що сприяє широкому застосуванню продукту в різних умовах.

Для структурованого аналізу характеристик і переваг системи управління насосами було розроблено багаторівневу модель продукту. Цей підхід дозволяє виокремити основні елементи системи: ключову цінність, функціональні особливості та додаткові переваги. Основна цінність продукту полягає в автоматичному управлінні, яке поєднує комфорт, ефективність та економічність. Функціональні особливості включають адаптацію до умов експлуатації та інтеграцію з екосистемами "розумного" дому, а додаткові переваги охоплюють простоту встановлення, підтримку оновлень і естетичний дизайн. Ця модель сприяє створенню чіткої стратегії позиціонування продукту, підкреслюючи його переваги для кінцевого споживача.

Таблиця 4.21 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована підсистема керування " OptiHeat "		
I. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Інтелектуальне управління насосами залежно від навантаження (датчики температури, тиску, вологості)	Нм	Тх
	Енергоефективність (оптимізація споживання енергії)	М	Е

	Легка інтеграція з іншими автоматизованими системами опалення	Нм	Op
	Можливість налаштування параметрів роботи насосів	Нм	Tx
	Довговічність матеріалів (корпус, контролери, реле)	М	Е
	Якість: точність роботи, надійне програмне забезпечення		
	Пакування: поставляється як набір з насосом, датчиками, контролером, документацією та посібником користувача		
	Марка: OptiHeat		
	До продажу	Після продажу	
III. Товар із підкріпленням	Консультації та налаштування системи, демонстрація роботи (відео-інструкції або презентації)	Гарантія на 24 місяці, технічна підтримка, допомога у налаштуванні та інтеграції Доступ до оновлень програмного забезпечення	

З таблиці можна дійти висновку, що на першому рівні представлено концептуальну основу продукту — автоматизовану систему управління насосами для опалення OptiHeat, яка спрямована на забезпечення енергоефективності та зручності використання. Другий рівень деталізує функціональність і властивості продукту, включаючи інтелектуальне управління насосами, ефективність роботи в різних умовах, адаптацію до інших систем автоматизації, тривалий термін служби компонентів і можливість налаштування параметрів відповідно до потреб користувача. Особливий акцент зроблено на високій якості матеріалів і програмного забезпечення, які забезпечують надійність та точність роботи.

Третій рівень підкреслює клієнтоорієнтованість продукту. Перед продажем клієнтам надаються консультації, демонстрації роботи та інструкції, які допомагають зрозуміти переваги продукту. Після продажу користувачі отримують підтримку у вигляді гарантійного обслуговування, технічної допомоги та регулярних оновлень програмного забезпечення. Такий комплексний підхід до обслуговування клієнтів значно підвищує лояльність і створює позитивний досвід використання продукту.

Загалом, OptiHeat є інноваційним рішенням, яке поєднує технологічні переваги, зручність інтеграції та довговічність. Продукт відповідає сучасним

вимогам споживачів, орієнтованих на автоматизацію, економію енергоресурсів та комфорт у повсякденному житті.

Наступним кроком стане визначення оптимального цінового діапазону для продукту. Ця оцінка враховуватиме аналіз цін конкурентів та платоспроможність цільової аудиторії. Встановлення правильної вартості забезпечить баланс між доступністю для споживачів і економічною ефективністю проєкту, що дозволить успішно закріпитися на ринку.

Таблиця 4.22 - Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Від 3000 до 7000 грн (базові термостати і контролери)	Від 8000 до 25000 грн (аналогічні автоматизовані системи опалення)	Середній рівень доходів (домогосподарства із середнім бюджетом на автоматизацію опалення)	Від 8000 до 15000 грн

Встановлення ціни на автоматизовану систему управління насосами OptiHeat базується на комплексному аналізі ринкових умов, включаючи ціни на товари-замінники, аналоги та рівень платоспроможності цільової аудиторії. Базові рішення-замінники, такі як стандартні контролери чи термостати, пропонуються в діапазоні 3000–7000 грн. Аналоги з подібним функціоналом, але меншим акцентом на інноваціях, коштують від 8000 до 25000 грн. З урахуванням орієнтації на середній клас споживачів із доступним бюджетом на модернізацію опалювальних систем, рекомендовані межі ціни для OptiHeat становлять від 8000 до 15000 грн.

Це цінове позиціонування створює оптимальний баланс між конкурентоспроможністю і доступністю для кінцевих споживачів. Воно підкреслює унікальність продукту як економічно вигідного й водночас високотехнологічного рішення, яке відповідає сучасним запитам на енергоефективність і автоматизацію. Така стратегія ціноутворення сприяє формуванню позитивного іміджу продукту серед цільової аудиторії,

включаючи власників житлових приміщень, девелоперів і підприємства.

Після встановлення цінового діапазону важливим кроком стає створення ефективної стратегії збуту. Ця система повинна враховувати як специфіку продукту, так і переваги цільової аудиторії, дозволяючи максимально охопити ринок і забезпечити доступність OptiHeat через різноманітні канали продажу. До таких каналів відносяться як традиційні торгові мережі, так і сучасні цифрові платформи. Це дозволить підвищити впізнаваність продукту, полегшити його придбання і сприяти зростанню ринкової частки. Детальна структура системи збуту представлена в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Приватні власники житлових приміщень, зацікавлені в покращенні рівня комфорту	Надання консультацій щодо вибору системи, забезпечення технічної підтримки та гарантійного обслуговування	Національний ринок	Онлайн-продажі через спеціалізовані платформи та партнерство з мережами магазинів
3	Підприємства	Індивідуальна розробка рішень, налаштування системи для конкретних потреб, навчання персоналу	Корпоративний ринок	Контрактні поставки та підтримка через корпоративних партнерів

Розроблена система реалізації автоматизованої системи управління насосами в системах опалення орієнтована на різноманітні потреби ключових груп споживачів і специфіку ринкових умов. Для приватних домовласників передбачено зручний формат продажу через інтернет-магазини та партнерські торгові мережі. Цей підхід забезпечує доступність продукту, надання детальних консультацій і якісного гарантійного обслуговування, що сприяє формуванню довіри клієнтів і розширенню клієнтської бази.

Для корпоративних замовників, таких як підприємства та комунальні організації, акцент зроблено на персоналізовані рішення. Це включає

адаптацію системи до специфічних вимог об'єктів, інтеграцію з існуючими інженерними мережами, налаштування під конкретні потреби та навчання персоналу. Продажі здійснюються через прямі поставки або через офіційних представників компанії, що забезпечує високу якість обслуговування та підвищує лояльність клієнтів.

Стратегія реалізації розроблена для охоплення основних ринкових сегментів та ефективного просування продукту як на національному рівні, так і серед корпоративних клієнтів.

Наступним кроком у створенні маркетингової програми є розробка комунікаційної концепції, що враховує специфіку ринку, технічні характеристики продукту та потреби кінцевих користувачів. Основна мета цієї концепції полягає у підвищенні впізнаваності бренду, створенні позитивного іміджу продукту та стимулюванні попиту. У стратегії маркетингових комунікацій передбачено використання сучасних цифрових каналів, таких як соціальні мережі, онлайн-реклама, участь у галузевих виставках та партнерські програми. Деталі комунікаційної стратегії наведено в таблиці 4.24.

Таблиця 4.24 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Пошук енергоефективного рішення для автоматизації роботи насосів у системах опалення	Соціальні мережі, технічні блоги, інтернет-магазини	Енергоефективність і зручність управління	Розкрити переваги економії енергії та простоти контролю системи	Підкреслення інноваційності та економічної вигоди системи, зручність інтеграції з мобільним додатком
2	Потреба у покращенні комфорту та	Галузеві конференції	Система автоматизації як частина	Продемонструвати значення автоматизації	Акцент на комфорт, ефективність

	контролю в житлових комплексах	спеціалізовані видання, партнерські контакти	енергоефективного управління	для покращення роботи систем опалення	Бі відповідність стандартам сучасних систем опалення для великих будівельних проєктів
--	--------------------------------	--	------------------------------	---------------------------------------	---

Розроблена концепція маркетингових комунікацій враховує специфіку поведінки цільової аудиторії, яка орієнтована на пошук сучасних рішень, що поєднують енергоефективність, автоматизацію та привабливий дизайн. Основні канали взаємодії включають соціальні мережі, спеціалізовані онлайн-ресурси, галузеві конференції, виставки дизайну та пряме співробітництво через партнерські мережі. Для кожної групи клієнтів запропоновані індивідуальні підходи: для приватних користувачів акцент зроблено на економії та зручності, тоді як для готелів і бізнес-клієнтів — на підвищенні стандартів обслуговування та функціональності. Рекламні повідомлення підкреслюють основні переваги системи, такі як зниження витрат на електроенергію, простота інтеграції з інтер'єром та підвищення комфорту. Концепція звернень будується навколо ключових цінностей: інноваційність, легкість встановлення, функціональність і відповідність сучасним екологічним стандартам. Це підходить для ефективного просування продукту, підвищення зацікавленості споживачів та формування довгострокової лояльності серед різних сегментів ринку.

4.5 Планування та впровадження стартап-проєкту

Для успішної реалізації стартапу, спрямованого на автоматизовану систему управління насосами в системах опалення, критично важливо створити висококваліфіковану команду, здатну ефективно працювати над усіма аспектами проєкту. З урахуванням специфіки завдань, таких як проєктування, тестування, маркетинг та впровадження продукту, було визначено оптимальну організаційну структуру команди. Кожен член команди

має чітко окреслені обов'язки, що відповідають його професійній компетенції та ролі у проєкті. Такий підхід забезпечує злагоджену роботу на всіх етапах реалізації, сприяючи досягненню високої якості продукту та успішному виходу на ринок. Розподіл завдань і обов'язків між учасниками команди детально представлено в таблиці 4.25.

Таблиця 4.25 - Команда стартап проєкту

Учасник команди	Посада	Завдання, що необхідно виконати
Керівник розробки	Інженер електричного обладнання	Загальне керівництво, контроль виконання етапів проєкту, координація роботи команди.
Розробник програмного забезпечення	Інженер-програміст	Розробити програмне забезпечення для управління системою та забезпечення її стабільної роботи
Розробник корпусів та кріплень	Інженер-конструктор	Розробка конструкції системи, підбір матеріалів і компонентів, створення прототипу
Тестувальник	Спеціаліст із тестування	Проведення тестування системи, виявлення помилок, оптимізація продуктивності.
Експерт з маркетингу	Маркетолог	Розробка маркетингової стратегії, організація рекламних кампаній, робота з клієнтами.
Аналітик	Фінансовий аналітик	Аналіз фінансових показників, складання бюджету проєкту, контроль витрат.

Для успішного впровадження автоматизованої системи управління насосами для опалення важливо розробити детальний і структурований план дій. Це дозволить оптимізувати процес реалізації проєкту, визначити послідовність ключових етапів, їхню тривалість і основні завдання. Такий підхід забезпечує ефективне управління ресурсами, мінімізацію ризиків та досягнення цілей у встановлені терміни.

Розроблений календарний план охоплює всі важливі етапи, починаючи від аналізу ринку та розробки технічного завдання, до тестування системи та запуску виробництва. Сформований календарний план реалізації проєкту подано у таблиці 4.26.

Таблиця 4.26 - Календарний план реалізації проєкту

№ п/п	Зміст етапу													Собівартість реалізації	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Аналіз ринку та визначення вимог	1	1												0
2	Розробка концепції ідеї проєкту		1	1											500\$
3	Створення технічного завдання та конструкції			1	1										800\$
4	Розробка електричних та принципових схем, виготовлення прототипу				1	1	1								1500\$
5	Розробка та вдосконалення програмного забезпечення					1	1	1							1700\$
6	Тестування та виправлення недоліків						1	1							600\$
7	Пошук і залучення інвестицій							1	1						1200\$
8	Запуск виробництва								1	1	1				15000\$
9	Проведення масштабних рекламних кампаній та старт продаж											1	1		3000\$
Сума														24300\$	

Сформований календарний план реалізації проєкту демонструє структурований і послідовний підхід до створення автоматизованої системи управління насосами в системах опалення. Загальна вартість проєкту становить 24 300 доларів, що охоплює всі ключові етапи — від аналізу ринку до запуску виробництва та реалізації маркетингових заходів. Така сума є обґрунтованою, враховуючи складність і інноваційний характер проєкту, спрямованого на підвищення енергоефективності та комфорту користувачів.

Етапи реалізації проєкту включають детальне проектування, розробку прототипу, створення програмного забезпечення, тестування системи та усунення недоліків, а також залучення інвестицій. План передбачає ефективне

використання ресурсів і мінімізацію ризиків на кожному етапі розробки. Особливу увагу приділено тестуванню та вдосконаленню функціональних можливостей системи, що є критичним для її успішного позиціонування на ринку.

Для залучення інвестицій пропонується використовувати сучасні підходи, такі як участь у спеціалізованих виставках, співпраця з галузевими партнерами та краудфандингові платформи. Успішна реалізація запланованих етапів дозволить не лише створити якісний продукт, але й забезпечити його конкурентні позиції на ринку, сприяючи розвитку бренду.

Після розробки календарного плану важливо провести детальний аналіз витрат, необхідних для виробництва системи. До цього аналізу входить оцінка вартості компонентів, матеріалів, обладнання та інших ресурсів, необхідних для виготовлення продукту. Узагальнені результати представлені в таблиці 4.27.

Таблиця 4.27 - Витрати на виробництво

№ п/п	Витрати	Тип	Терміни постачання/виконання	Вартість, \$
1	Мікроконтролер ESP32	----	5 днів	12
2	Датчик температури та вологості	----	4 дні	10
3	Датчик руху	----	4 дні	8
4	Реле для управління насосом	----	3 дні	5
5	Електронна плата для збирання	---	7 дні	15
6	Корпус пристрою (водонепроникний)	---	10 дні	30
7	Проводи для підключення	---	3 днів	5
8	Витратні матеріали для монтажу	----	5 днів	20
Сума				105

Для виготовлення одного модуля автоматизованої системи управління насосами в системах опалення необхідно 105 доларів. Ця сума включає витрати на основні компоненти, такі як мікроконтролер, датчики температури та вологості, реле, електронна плата, корпус, а також витратні матеріали для монтажу. Терміни постачання комплектуючих становлять від 3 до 10 днів, що

забезпечує гнучкість у плануванні виробничого процесу.

Початковий бюджет проєкту дозволяє виготовити кілька модулів для тестування, демонстрації потенціалу продукту та оцінки реакції ринку. Це також залишає фінансовий резерв для вдосконалення дизайну, оптимізації функціоналу та підготовки до масштабування виробництва.

Собівартість модуля свідчить про його конкурентоспроможність, а структура витрат демонструє можливості для подальшого зниження витрат шляхом оптимізації виробничих процесів. Початкове фінансування у розмірі 24 300 доларів забезпечує стабільну основу для старту проєкту.

У перспективі розширення виробництва планується залучати додаткові інвестиції через спеціалізовані платформи, такі як Kickstarter, або брати участь у галузевих виставках, що сприятиме популяризації продукту та виходу на нові ринки.

Висновки до четвертого розділу

У процесі розробки стартап-проєкту "OptiHeat" було створено інноваційну систему для автоматизованого управління насосами та оптимізації роботи систем опалення. Головна мета проєкту полягала у створенні енергоефективного, зручного та доступного рішення для житлових і комерційних об'єктів, що забезпечує не лише комфорт користувачів, а й значну економію енергоресурсів.

Проєкт включає розробку автоматизованого пристрою з Wi-Fi-модулем, який дозволяє віддалено контролювати параметри системи опалення, зокрема температуру та продуктивність насоса. Це забезпечує адаптацію системи до потреб користувачів у реальному часі, підвищуючи енергоефективність і знижуючи витрати. Використання сучасних технологій, таких як інтеграція з екосистемами "розумного будинку", дозволяє забезпечити максимальний комфорт і універсальність продукту.

У рамках реалізації було проведено аналіз ринку, конкурентного середовища та цільової аудиторії. Це дозволило визначити ключові

особливості продукту, такі як простота встановлення, надійність роботи та довговічність компонентів. Крім того, була розроблена стратегія маркетингових комунікацій і збуту, що враховує специфіку ринку та потреби цільових сегментів.

Розроблений календарний план реалізації та оптимізація витрат на виробництво забезпечили чітку структуру етапів розробки та запуску. Загальна оцінка вартості проєкту, а також його потенційна економічна вигода свідчать про високу рентабельність і перспективи масштабування.

"OptiHeat" є інноваційним рішенням, яке відповідає сучасним викликам у сфері енергозбереження. Його впровадження дозволить не лише знизити споживання енергоресурсів, але й підвищити комфорт користувачів, сприяючи розвитку технологій у системах опалення.

Список літератури

1. Циркуляційні насоси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://product-selection.grundfos.com/ua/categories/pumps/circulator-pumps?tab=categories>
2. Насоси Pedrollo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pedrollo.org.ua/ua/nasos-pedrollo-pkm-60>
3. Насоси Wilo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://wilo.com/il/en/Products/uk/virobi-ta-profesiyniy-dosvid/wilo-star-rs/star-rs-25-6?t=3#c40288a8a54ce361f0154de084d005e34TL3_product_downloads
4. Блок керування ДАВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.promnasos.com.ua/active-driver.html>
5. Розумний насос Wilo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo.com/ua/uk/Обладнання/uk/virobi-ta-profesiyniy-dosvid/wilo-stratos-maxo>
6. Як змінювалися тарифи на комунальні послуги за період незалежності України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2021/01/20/infografika/suspilstvo/yak-zminyuvalysya-taryfy-komunalni-posluhy-period-nezalezhnosti-ukrayiny>
7. ДСТУ ГОСТ 6134:2009 Насоси динамічні. Методи випробування (ГОСТ 6134-2007 (ИСО 9906:1999), IDT; ISO 9906:1999, NEQ)
8. Гаприндашвілі Б.В. Енергозбереження як чинник підвищення конкурентоспроможності промислових підприємств / Б.В. Гаприндашвілі // БізнесІнформ – 2014. – № 8. – С. 213–217.
9. Споживання електроенергії 2022-2024[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/spozhyvannia-elektroenerhii-v-mynulyi-osinno-zymovy-period-zroslo-na-16>

10. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.: Вид-во “Ліра-К”, 2011. – 552 с.
11. Цмоць І. Г., Скорохода О. В., Кісь Я. П СИНТЕЗ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ 2015р
12. Мікроконтролер ESP32 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/directory/microcontrollers/esp32.html#:~:text=ESP32%20-%20це%20Wi-Fi%20мікроконтролер,залежно%20від%20режиму%20споживання%20енергії>.
13. ESP-WROOM32 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1179101/ESPRESSIF/ESP-WROOM-32.html>
14. DS18B20 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>
15. Манометр Wika [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.wika.ua/upload/DS_PV2201_en_co_10873.pdf
16. Манометр Wika [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.wika.ua/pgs21_100_pgs21_160_en_co.WIKA
17. Вивчення правил оформлення конструкторської документації (Схеми електричні принципові) – Київ: НТУУ «КПІ», 2016.
18. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Чинний від 2007-07-01. Вид. ДП «УкрНДНЦ» Київ, 2006.

19. Двоступінчаті системи гарячого водопостачання
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/0749d205-eef1-4ee3-9dd4-00ce17b14be6/content>
20. I2C Інтерфейс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/i2c.html>
21. ESP32 на ArduinoIDE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/electronics/esp32/esp32-arduino.html>
22. Software Development Kit [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/SDK>
23. Додаток на Android [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://foxminded.ua/rozrobyty-dodatok-na-android/>
24. Методи передачі даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.php.brj.cz/metodi-peredaci-danih-get-i-post>
25. Алгоритми управління насосними групами і станціями [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elecon.kiev.ua/doc/alg_upr_nasos.pdf
26. Шаров С.В., Лубко Д.В., Осадчий В.В. (2015). "Інтелектуальні інформаційні системи: навчальний посібник". Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015.
27. Бережний І.В., Наконечний А.Й. (2020). Система дистанційного моніторингу та керування кліматичними параметрами приміщень в процесі промислового виробництва
28. Марченко Н.Б., Монченко О.В., Мартинюк Г.В., (2021)
БАГАТОРІВНЕВІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ДІАГНОСТИКИ
ЯК КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
29. [5] Теслюк Т.В., Цмоць І. Г., Юрій О., Теслюк В.М., (2017) Архітектура багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону
30. Мови програмування та фреймворки для створення Android-додатків [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://wezom.com.ua/ua/blog/prilozheniya-dlya-android>

31. Л.Ю. Юрчук (2014р.) Проектування та програмування мікропроцесорних систем і мереж: Проектування мережі 1-WIRE: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.05020101, 8.05020101 «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»
32. Протокол MQTT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pupenasan.github.io/TI40/Лекц/MQTT.html>
33. Протокол HTTP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTTP/Overview>

Додатки

Надається за запитом до авторів