МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Автоматизація системи запобігання втрат теплоносія в мережах опалення

Виконав: студент(ка)__курсу, групи _____
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Теплоенергетика
(назва освітньої програми)
Моїсеєва Ольга Василівна
(ініціали та прізвище)
Керівник к.т.н., доцент Барішенко О.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент заст. _к.т.н., доцент Воляр Р.М.__
_____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність144 «Теплоенергетика»
(код та назва)

Спеціалізація _____
(код та назва)

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

д.т.н., проф. _____В.Л. Коваленко

«_01___»_____12____2024__року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ
Моїсеєва Ольга Василівна
(прізвище, ім'я, по батьков)

Тема роботи (проекту)Автоматизація системи запобігання втрат теплоносія в мережах опалення
керівник роботи Барішенко Олена Миколаївна,канд.техн.наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_28_»_02__2024__року №_361 - с_____

1. Строк подання студентом роботи _____01 грудня 2024 р._____
2. Вихідні дані до роботи: Аналіз технологічних циклів підприємства, схема
Вихідні дані до роботи: технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)1.Стан сучасної системи опалення в Україні. 2. Державне регулювання та контроль за відносинами у сфері постачання. 3.Причини втрат теплоносія.4. Організація ефективної роботи мережі теплопостачання.
5. Автоматизація контролю за втратами теплоносія з ціллю економії ресурсів та коштів на додаткові роботи обслуговуючих організацій.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)6 рисунків, презентація роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Барішенко О.М.		
2	Барішенко О.М.		
3	Барішенко О.М.		
4	Барішенко О.М.		
5	Барішенко О.М.		

7. Дата видачі завдання _____01.06.2024_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної інформації про стан теплових мереж	30.09.2024	
2	Розрахунок теплових навантажень будівлі	05.10.2024	
3	Розробка структури системи	15.10.2024	
4	Пошук наявних технологічних рішень	25.10.2024	
5	Пошук доступних програмних комплексів управлінням технологічними компонентами	05.11.2024	
6	Розробка архітектури програмного забезпечення керування системи	12.11.2024	
7	Написання коду програмного забезпечення керування системи	15.11.2024	
8	Оформлення ПЗ та захист дипломного проекту	25.11.2024	
9	Розробка презентації роботи, проходження норм контролю	28.11.2024	
10	Підготовка доповіді	30.11.2024	

Студент _____ _____Моїсеєва О В _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ _____О.М. Барішенко _____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____І.І. Коваленко_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Моїсеєва О.В. Автоматизація системи запобігання втрат теплоносія в мережах опалення.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», науковий керівник Барішенко О.М., Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім.. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2024.

Робота присвячена розробці та впровадженню автоматизованої системи для запобігання втрат теплоносія в мережах опалення. У роботі проведено аналіз основних причин втрат теплоносія в сучасних мережах опалення, вивчено методи їх ідентифікації та локалізації. Запропоновано автоматизовану систему, що включає використання сучасних сенсорів, контрольно-вимірювального обладнання та програмних засобів для моніторингу стану теплових мереж у реальному часі.

На основі проведених досліджень розроблено програмне рішення для роботи системи, яка забезпечує своєчасне виявлення витоків, автоматичне керування запірною арматурою та оперативного реагування на аварійні ситуації. Очікується, що впровадження такої системи дозволить знизити втрати теплоносія у багатоквартирних будинках на 80–90 %, підвищити енергоефективність мереж та зменшити витрати на їх обслуговування.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Моїсеєва О.В., Єрофєєва А.А. Загальні проблеми енергетичного ринку України та шляхи економії енерговикористання. *Матеріали XVII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2024».* Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2024.

ANNOTATION

Moiseieva O.V. Automation of the Heat Carrier Loss Prevention System in Heating Networks.

Master’s Qualification Thesis for obtaining higher education in the specialty 144 "Thermal Power Engineering," supervised by Baryshenko O.M., Zaporizhzhia National University, Yu.M. Potebnia Engineering Institute, Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems. Zaporizhzhia, 2024.

This thesis focuses on the development and implementation of an automated system for preventing heat carrier losses in heating networks. The study analyzes the primary causes of heat carrier losses in modern heating systems and examines methods for their identification and localization. An automated system is proposed, incorporating modern sensors, control and measurement equipment, and software tools for real-time monitoring of the heating network's condition.

Based on the research, system algorithms were developed to ensure timely detection of leaks, automatic control of shut-off valves, and prompt response to emergency situations. The implementation of this system is expected to reduce heat carrier losses in multi-apartment buildings by 80–90%, increase the energy efficiency of heating networks, and lower maintenance costs.

LIST OF AUTHOR'S PUBLICATIONS ON THE MASTER'S QUALIFICATION THESIS TOPIC

Moiseieva O.V., Yerofieieva A.A. General Problems of Ukraine's Energy Market and Ways to Save Energy Consumption. Proceedings of the XVII University Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, Doctoral Students, and Young Scientists "YOUNG SCIENCE-2024." Zaporizhzhia National University. Zaporizhzhia: ZNU, 2024.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗУ – закон України;

ЄС – Європейський Союз;

ДБН – Державні будівельні норми;

ДСТУ – Державний стандарт України;

МТМ – міські теплові мережі;

КМУ – Кабінет Міністрів України;

ТЕЦ – теплоелектроцентраль;

ТПО – теплопостачальна організація;

ЦТП – центральний тепловий пункт;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

СЦТ – система централізованого теплопостачання;

ТО – технічне обслуговування

МВт – мегават;

Міс. – місяць;

Грн. – гривень;

CO_2 – вуглекислий газ.

ЗМІСТ

ЗМІСТ 7
ВСТУП 9
1. АНАЛІЗ НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ 12
1.1. Поточний стан систем постачання централізованого опалення України .. 12
1.2. Державне регулювання та контроль за відносинами у сфері теплопостачання 14
1.3. Види втрат у системах опалення та їх вплив на ефективність роботи 26
1.3.1. Втрати теплопостачальних організацій 26
1.3.2. Втрати кінцевих споживачів у системах опалення: комерційні та некомерційні аспекти 32
1.4. Енергоефективність та енергоменеджмент 34
1.4.1. Енергетичний менеджмент: переваги моніторингу та аналізу енергоспоживання 34
1.4.2. Спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу енергоспоживання 35
1.4.3. Енергоефективність у багатоквартирних будинках: виклики та можливості 39
1.5. Виклики опалювального сезону в умовах енергетичної кризи 42
2. СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЇ 45
2.1. Моделювання об’єкту для встановлення системи 45
2.2. Контролюючий Raspberry Pi 46
2.3. Плати розширення Raspberry Pi 49
2.4. Контроль тиску 52
2.5. Електрокерований кран-засув 55
2.6. Телекомунікаційні прилади 57
2.7. Електроживлення системи 60
2.8. Аналіз енергоефективності системи 62
2.9. Компоновка системи 63
2.10. Програмне забезпечення 65
ВИСНОВКИ 67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 70

Додаток А. Код програмного забезпечення для роботи автоматизованої системи керування засувами. 73

ВСТУП

Проблема збереження енергії та ефективного використання ресурсів є однією з найактуальніших у сучасному світі, особливо в умовах енергетичної кризи та зношеності інфраструктури. Центральні системи теплопостачання в Україні зазнають значних втрат теплоносія через старіння обладнання, недостатній контроль за станом теплових мереж та низьку ефективність реакції на аварійні ситуації. Це призводить до зниження енергоефективності, перевитрат ресурсів та збільшення витрат на обслуговування.

Через збройну агресію Російської Федерації значна частина раніше розроблених напрямків модернізації та оновлення систем опалення, що передбачали участь Фонду енергоефективності, втратила актуальність. Основною причиною цього є висока вартість таких проєктів, яка в умовах війни стала непосильною для багатьох громад та відсутність кредитування з боку державних банків.

Водночас ситуація вимагає термінових рішень, спрямованих на мінімізацію втрат теплоносія та забезпечення стабільного функціонування будинкових тепломереж. Оптимальним підходом можуть стати точкові, економічно вигідні рішення, які дозволять:

- знизити витрати на залучення спеціалізованих організацій для перезапуску будинкових мереж;

- забезпечити оперативний контроль аварійних і непередбачуваних ситуацій і мінімізувати їх наслідки.

Такі рішення передбачають установку автоматизованих систем моніторингу стану теплових мереж, впровадження простих у використанні автоматизованих механізмів управління запірною арматурою та датчиків для своєчасного виявлення витоків. Незважаючи на свою відносну простоту, ці підходи дозволяють досягти значної економії ресурсів і підвищити ефективність роботи систем опалення навіть у складних умовах.

В умовах сучасних викликів пріоритетом мають стати доступні та ефективні технічні рішення, здатні забезпечити безпеку, економію та енергоефективність для громад і споживачів.

Актуальність дослідження полягає у необхідності впровадження сучасних автоматизованих систем для запобігання втрат теплоносія, що дозволить не лише знизити витрати енергоресурсів, але й забезпечити стабільну роботу систем теплопостачання навіть в умовах аварійних ситуацій. Автоматизація таких систем є важливим інструментом для досягнення енергетичної ефективності, зниження втрат та покращення якості послуг для споживачів.

Об'єкт дослідження — процес функціонування систем централізованого теплопостачання.

Предмет дослідження — методи та засоби автоматизації для запобігання втрат теплоносія в мережах опалення.

Мета дослідження — розробка та впровадження автоматизованої системи, яка забезпечить зменшення втрат теплоносія, підвищення енергоефективності мереж опалення та оптимізацію їх експлуатаційних витрат.

Завдання дослідження:

- провести аналіз основних причин та факторів, що спричиняють втрати теплоносія;
- дослідити сучасні методи моніторингу та ідентифікації витоків у теплових мережах.

Розробити структуру та обрати робочі компоненти автоматизованої системи для запобігання втрат теплоносія.

Створити програмне рішення для роботи системи для моніторингу, виявлення витоків і автоматичного реагування.

Оцінити ефективність запропонованої системи на прикладі модельного об'єкта.

Методологія дослідження включає:

- аналіз літературних джерел з питань автоматизації систем теплопостачання;
- експериментальні дослідження з тестуванням запропонованої системи;
- порівняльний аналіз ефективності нової системи з існуючими підходами.

Теоретичне значення дослідження полягає у розробці нових підходів до автоматизації процесів моніторингу та керування в системах теплопостачання, що дозволяють знизити втрати теплоносія та підвищити ефективність роботи мереж.

Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування розробленої автоматизованої системи для запобігання втрат теплоносія на об’єктах централізованого теплопостачання, що забезпечить економію ресурсів та зменшення експлуатаційних витрат.

Апробація результатів дослідження була здійснена шляхом оцінки результатів по збереженню теплоносія у випадку аварійної ситуації на прикладі змодельованого об’єкта.

Результати дослідження можуть бути використані підприємствами теплопостачання, комунальними службами та іншими організаціями для підвищення ефективності роботи систем опалення та зниження втрат теплоносія.

1. АНАЛІЗ НАЯВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

1.1. Поточний стан систем постачання централізованого опалення України

Україна володіє розвиненими системами централізованого теплопостачання (СЦТ), проте їхня частка поступово скорочується через зношення теплогенерувального обладнання, теплових мереж та низку інших взаємопов'язаних факторів.

У період 2005–2015 років загальна теплова потужність джерел СЦТ зменшилася на 67,69 тис. МВт (з 211,26 тис. МВт у 2005 році до 143,57 тис. МВт у 2015 році). Основною причиною цього є виведення з експлуатації застарілих опалювальних котелень без заміщення їх більш ефективними технологіями.

За ці роки чітко простежується тенденція до децентралізації СЦТ. Це проявляється у виведенні з експлуатації котлів середньої та великої потужності (від 20 Гкал/год (23 МВт) до 100 Гкал/год (116 МВт)) та встановленні малопотужних котлів (до 3,15 МВт). Щорічне зниження теплової потужності опалювальних котелень протягом 2005–2015 років становило приблизно 4,0 тис. МВт.

Основним видом палива для джерел теплогенерації в енергетичному балансі залишається природний газ, частка якого у загальному обсязі споживання досягає 73–74 %. Структура теплогенерувальних джерел за ці роки залишалася стабільною: 55–63 % теплової енергії виробляють опалювальні котельні, тоді як частка ТЕЦ загального користування становить 18–25 %, а ТЕЦ підприємств – 8–10 %. Однак загальний обсяг виробництва теплової енергії джерелами СЦТ за цей період зменшився майже вдвічі — з 196,2 млн Гкал у 2005 році до 99,2 млн Гкал у 2015 році.

Станом на 1 травня 2018 року теплопостачання багатоквартирного житлового фонду та бюджетних установ в Україні забезпечують 20 663 котельні СЦТ. З них 10 863 належать місцевим радам, а 9 820 — відомчим

установам. Для порівняння, у 2016 та 2017 роках кількість котелень становила 21 166 та 21 119 відповідно.

Загалом у цих котельнях експлуатується близько 47,2 тис. котлів, з яких 9,5 тис. (або 20 %) вже перевищили термін експлуатації у 20 років.

Протяжність магістральних і розподільчих теплових мереж України (без урахування тепломереж промислових підприємств) становить 24,3 тис. км у двотрубному обчисленні. Зокрема:

Тепломережі, що належать Мінпаливенерго України, мають протяжність 3,5 тис. км із діаметром труб від 125 до 1400 мм.

Комунальні тепломережі охоплюють 20,8 тис. км із діаметром труб від 50 до 800 мм.

Більшість тепломереж перебувають у незадовільному стані. Близько 28 % теплових мереж експлуатуються понад 25 років, 43 % — від 10 до 25 років, і лише 29 % мають термін експлуатації менше 10 років.

Втрати теплової енергії в мережах варіюються від 5 % до 32 %, при цьому середньозважені втрати становлять приблизно 14,3 %.

Планова реконструкція теплових мереж із використанням сучасних технологій, таких як попередньо-ізольовані труби, системи обліку тепла, контрольно-вимірювальне обладнання тощо, може значно скоротити втрати тепла. Зокрема, прогнозується, що до 2030 року втрати знизяться до 7 % у середньому по країні. У тепломережах ТЕЦ очікується зменшення втрат до 8 %, а в котельних — до 8,7 %. Основним фактором цього покращення є оновлення технічного стану мереж.

Зрозуміло, що стан систем теплопостачання з роками ще погіршився. Також під час пандемії платоспроможність населення та мілкого бізнесу знизилася, темпи модернізації систем теплопостачання призупинились. А збройна агресія РФ відносно нашої держави з постійними руйнуваннями енергетики поставила системи теплопостачання у глухий кут. Повної інформації у цифрах по стану на поточний період немає, це державна таємниця, але і так все зрозуміло. Нестача кваліфікованих кадрів, постійні відновлення

окремих об’єктів після прильотів. У Кривому Розі ситуація із запуском опалювального сезону настільки патова, що виникла потреба залучати бригади робітників з інших міст України.

1.2. Державне регулювання та контроль за відносинами у сфері теплопостачання

В Україні відносини, які пов’язані з виробництвом, транспортуванням, постачанням та використанням теплової енергії, а також з державним наглядом у сфері теплопостачання й експлуатацією теплоенергетичного обладнання, регулюються Законом України «Про теплопостачання» (від 02.06.2005 № 2633-IV).

На сьогодні, у 2024 році, залишаються чинними Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж, які були затверджені наказом Міністерства палива і енергетики України 14.02.2007 № 71. Цей документ встановлює чіткі вимоги до організації та технічного забезпечення надійної, економічної й безпечної експлуатації джерел теплопостачання, теплових установок, тепломереж, систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Також він регулює питання збирання і повернення конденсату, водопідготовки та використання засобів вимірювальної техніки.

Дотримання цих правил є обов’язковим для всіх суб’єктів господарювання у сфері теплопостачання. Сюди входять працівники, які забезпечують державний енергетичний нагляд, а також організації, що займаються проєктуванням, монтажем, обслуговуванням і ремонтом теплотехнічного обладнання.

Вимоги до персоналу теплових установок.

Персонал, який відповідає за експлуатацію джерел теплопостачання, теплових мереж і систем споживання тепла, зобов’язаний:

- знати і виконувати норми, прописані в Правилах № 71;
- враховувати специфіку виробництва й особливості обладнання підприємства;

- дотримуватись вимог охорони праці, інструкцій та інших нормативних документів щодо експлуатації устаткування.

Для забезпечення справного стану обладнання та його безпечної експлуатації власник теплових установок призначає відповідальних осіб (технічного директора, головного інженера, енергетика, механіка чи іншого працівника технічного профілю). Ці спеціалісти мають пройти відповідну перевірку знань і отримати офіційне призначення.

У такий спосіб правила та законодавчі норми забезпечують належний рівень безпеки й ефективності в галузі теплопостачання, що є критично важливим для стабільного функціонування інфраструктури.

На невеликих підприємствах, а також у таких закладах, як школи, лікарні, магазини, їдальні чи майстерні, теплові установки та мережі можуть обслуговуватись не власним персоналом, а фахівцями інших спеціалізованих організацій, із якими укладено відповідний договір.

Якщо теплове господарство споживача складається лише з обігрівальних приладів у приміщеннях (наприклад, батареї для опалення), призначення відповідальної особи за теплове господарство не є обов’язковим.

Втім, для підприємств, які експлуатують складніше обладнання, необхідно забезпечувати регулярне навчання і підвищення кваліфікації працівників. Таке навчання може проводитися в навчально-тренувальних центрах, курсах чи інших спеціалізованих закладах — як державних, так і приватних.

Етапи роботи з персоналом.

Організація роботи з працівниками, які обслуговують теплові установки і мережі, включає:

1) Навчання та стажування: Підготовку на робочому місці під наглядом досвідченого наставника.

2) Перевірка знань: Оцінювання знань правил експлуатації, охорони праці та інших нормативних документів.

3) Практичні завдання під контролем: Виконання обов’язків за дозволом керівника навчання та під його спостереженням (дублювання).

4) Протидія аваріям: Періодичні тренування з протиаварійних та протипожежних заходів.

5) Інструктажі з безпеки: Регулярні заняття з охорони праці, пожежної та техногенної безпеки.

6) Контроль робочих місць: Огляди для перевірки дотримання правил, технічного стану обладнання, порядку ведення документації, дисципліни тощо.

Також персонал повинен проходити періодичне професійне навчання і, за необхідності, атестацію на відповідність посаді.

Періодичність перевірок знань.

Працівники, які безпосередньо обслуговують теплові установки та мережі, або проводять їх ремонт і тестування, проходять перевірку знань раз на 12 місяців.

Інженери та технічні фахівці, які не належать до цієї категорії, перевіряються раз на три роки.

Оперативно-ремонтний персонал перевіряється щорічно.

Для проведення перевірок створюються кваліфікаційні комісії, до складу яких входять щонайменше три особи, атестовані у встановленому порядку.

Безпека та охорона праці.

Роботи з експлуатації, ремонту, налагодження та випробування теплових установок і мереж мають виконуватись відповідно до норм охорони праці. Персонал зобов’язаний дотримуватись правил гігієни, пожежної безпеки, використовувати засоби захисту та регулярно перевіряти справність обладнання.

Усі ці заходи спрямовані на те, щоб забезпечити безпеку праці, знизити ризики аварій та підвищити ефективність роботи теплових установок і мереж.

На кожному підприємстві обов’язково повинні бути розроблені чіткі плани дій на випадок аварій чи пожеж. Ці плани мають враховувати особливості використання палива, яке застосовується на об’єктах — це може

бути вугілля, газ, мазут чи їхні замінники. Документи повинні містити інструкції щодо ліквідації аварій, пожеж та організації евакуації працівників, а також бути доведені до відома кожного співробітника.

Крім того, на робочих місцях важливо забезпечити належні умови праці: рівень освітленості, рівень шуму та вібрацій мають відповідати санітарним нормам.

Регулювання у сфері виробництва, транспортування, постачання і використання теплової енергії здійснюється не лише на основі Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж, а й іншими законодавчими актами, зокрема:

- Законом України «Про житлово-комунальні послуги» від 09.11.2017 № 2189-VIII;

- Законом України «Про державне регулювання у сфері комунальних послуг» від 09.07.2010 № 2479-VI;

- Законом України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» від 22.06.2017 № 2119-VIII;

- Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил користування тепловою енергією» від 03.10. 2007 № 1198;

- Наказом Міністерства палива та енергетики України та Міністерства ЖКГ «Про затвердження Правил підготовки теплових господарств до опалювального періоду» 10.12.2008 № 620/378;

Зазначені нормативно-правові акти регулюють різні аспекти діяльності у сфері теплопостачання: від обліку та підготовки систем до опалювального періоду до правил експлуатації теплових мереж і приєднання до них.

Також особливу увагу приділяють питанням безпеки праці. У разі аварій, професійних захворювань чи нещасних випадків їхнє розслідування та облік проводяться відповідно до Порядку, затвердженого постановою КМУ від 17 квітня 2019 року № 337.

Для контролю знань працівників щодо вимог нормативних документів створюються спеціальні кваліфікаційні комісії. До їх складу входять

щонайменше три особи, які пройшли необхідну атестацію. Такі комісії забезпечують регулярну перевірку підготовленості персоналу, що особливо важливо для безпечної та ефективної роботи теплових установок.

Усе це створює комплексний підхід до безпеки й організації роботи на підприємствах, сприяючи зменшенню ризиків та забезпеченню стабільної діяльності теплових господарств.

На підприємствах, які використовують теплову енергію, забезпечується чіткий і ефективний облік теплоносія, теплової енергії та конденсату. Це потрібно для:

- налагодження господарських взаємовідносин між постачальниками тепла та споживачами, включаючи підприємства, що самостійно виробляють тепло для власних потреб;

- контролю за дотриманням теплових режимів та забезпечення ефективного використання енергії;

- аналізу енергобалансів, що дозволяє оцінити рівень енергоспоживання;

- впровадження системи заохочення працівників, які раціонально використовують теплоносії та теплову енергію;

- визначення компенсацій чи штрафів за відхилення від погоджених у договорах теплових режимів;

- планування витрат теплової енергії як частини собівартості продукції;

- обчислення надбавок чи знижок до тарифів на теплову енергію залежно від повернення конденсату;

- формування звітності відповідно до державних та відомчих вимог щодо використання теплової енергії.

На підприємствах, які споживають тепло, необхідно проводити енергетичні випробування та налагодження теплових установок і мереж. Ці роботи здійснюються відповідно до інструкцій з експлуатації, а їхні результати допомагають скласти енергетичні баланси. На основі цих балансів аналізують ефективність роботи систем та розробляють заходи для їх оптимізації. Перелік

обладнання, яке потребує таких випробувань, затверджується керівництвом підприємства або вищою організацією.

Технічне обслуговування теплових установок включає:

- контрольні огляди обладнання;
- випробування, регулювання та налагодження систем;
- очищення та змащування механізмів;
- заміну несправних деталей;
- усунення дрібних дефектів;
- перевірку дотримання вимог інструкцій з експлуатації.

Усі результати перевірок фіксуються в оперативному журналі, що дозволяє відстежувати стан обладнання та ефективність його використання. Це сприяє підтриманню обладнання в справному стані та підвищенню енергоефективності підприємства.

Ремонтні роботи.

Технічне діагностування теплових установок і мереж передбачає низку заходів для оцінки їхнього стану. Його завдання:

- встановлення поточного стану обладнання (справне, несправне, працездатне чи ні);
- виявлення можливих місць несправностей;
- прогнозування подальшої роботи обладнання.

Під час проведення поточного ремонту основне завдання полягає у відновленні працездатності обладнання та систем. Це включає заміну або ремонт окремих частин, щоб забезпечити стабільну роботу теплових установок і мереж до наступного ремонту. Устаткування повинно працювати з номінальною продуктивністю, ефективністю та економічністю.

Капітальний ремонт спрямований на повне або майже повне відновлення ресурсу обладнання. Під час такого ремонту замінюються або відновлюються будь-які зношені вузли й деталі, навіть базові. За необхідності може проводитися модернізація систем із врахуванням досвіду експлуатації та нових технологій.

Для підтримки території, будівель і споруд, де знаходяться теплові пункти чи мережі, у належному стані необхідно:

- зберігати справність огорож;
- забезпечити відведення поверхневих і ґрунтових вод;
- утримувати в робочому стані водопровідні, каналізаційні та теплові мережі;
- використовувати споруди для очищення стічних вод;
- підтримувати системи вентиляції, шумозахисту, блискавкозахисту та заземлення;
- забезпечувати освітлення і протипожежну сигналізацію.

Експлуатація котельних установок має гарантувати:

- надійну та безпечну роботу всіх систем;
- продуктивність котлів на рівні номінальних значень;
- відповідність якості пари і води розрахунковим параметрам;
- допустимі норми викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Режим роботи теплофікаційної установки повинен відповідати завданню диспетчера, включаючи тиск і температуру в трубопроводах. Температура води у подавальному трубопроводі встановлюється згідно з графіком, залежно від середньодобової температури повітря, клімату й довжини мережі.

Допустимі відхилення параметрів:

1) Температура води: ±3–4°C.
2) Тиск у подавальному трубопроводі: ±50 кПа (±0,5 кгс/см²).
3) Тиск у зворотному трубопроводі: ±20 кПа (±0,2 кгс/см²).
4) Середньодобова температура зворотної води не повинна перевищувати графік більш ніж на 3–4°C, а її зниження не обмежується. У разі перевищення витрати води необхідно негайно вжити заходів для повернення параметрів у норму або коригування режиму.

Відхилення тиску і температури пари, що подається на теплофікаційні установки, не повинні перевищувати ±5% від заданих значень. Точні параметри зазначаються в експлуатаційних інструкціях.

Експлуатуюча організація теплової мережі повинна забезпечувати справність захисних конструкцій, які запобігають доступу сторонніх осіб до обладнання та запірно-регулювальної арматури. Також має контролюватися належний стан шляхів доступу до об’єктів мережі, дорожнього покриття та поверхонь над підземними спорудами.

Контроль за станом будівельних конструкцій, трубопроводів, антикорозійного покриття та теплоізоляції повинен здійснюватися регулярно за затвердженим графіком із застосуванням сучасних методів діагностики. Необхідно вести облік і аналіз виявлених дефектів, виявляти їх причини та впроваджувати заходи для їх запобігання. У разі відсутності сучасних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) можуть використовуватися шурфи. Контроль за станом трубопроводів має відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.11.

Для теплових мереж рекомендується використовувати сталеві труби та арматуру. Для трубопроводів з температурою до 115 °С і тиском до 1,6 МПа дозволяється застосовувати неметалеві труби, якщо їх характеристики відповідають санітарним вимогам і параметрам теплоносія.

Усі запірні пристрої теплових мереж повинні бути в справному стані, забезпечуючи їхнє легке відкриття й закриття, а також відсутність протікань. Використання запірної арматури для регулювання параметрів теплоносія заборонено. Теплова мережа має бути обладнана штуцерами для манометрів і гільзами для термометрів на подаючому і зворотному трубопроводах головних магістралей, а також у вузлових точках із діаметром відгалужень понад 100 мм.

На вводах трубопроводів у будівлі встановлюються герметизуючі пристрої (футляри), які перешкоджають проникненню води та газу.

Основні етапи пуску теплових водяних мереж:

- заповнення водопровідною водою;
- гідропневматичне промивання;
- спорожнення системи;
- заповнення хімічно очищеною водою;
- встановлення циркуляції;

- перевірка герметичності;
- подача теплоносія та налаштування мережі.

Якщо температура зовнішнього повітря нижче 5 °С, трубопроводи заповнюють підігрітою водою (до 40 °С). У разі виявлення дефектів, які потребують тривалого ремонту, трубопровід слід негайно вивести з експлуатації. Якщо мережа запускається після монтажу, промивання виконується через тимчасові грязьовики, які демонтуються через рік після повторного промивання.

На підприємстві повинна бути наступна документація:

- плани теплової мережі в масштабі 1:500 та ділянок у масштабі 1:200;
- оперативні й розрахункові схеми;
- профілі магістралей з нанесенням статичного тиску;
- креслення камер, стиків і підземних трубопроводів;
- список газонебезпечних камер та каналів;
- креслення теплових пунктів та підвалів.

Експлуатація теплових мереж передбачає:

- утримання в належному стані обладнання та конструкцій, їх своєчасний огляд і ремонт;
- контроль роботи компенсаторів, арматури, дренажів та інших елементів, з усуненням виявлених дефектів;
- запобігання втратам тепла через відключення непрацюючих ділянок;
- відведення води з каналів і камер, а також ремонт пошкодженої ізоляції;
- видалення повітря з трубопроводів і підтримку необхідного тиску;
- дотримання правил охорони праці та пожежної безпеки.

Працівники, які обслуговують теплову мережу, повинні добре знати схеми, обладнання та режими роботи закріплених ділянок, а також бути обізнаними з роботою суміжних ділянок і їхнім впливом на загальний режим функціонування мережі.

У разі витоку теплоносія необхідно негайно вжити заходів для виявлення місця пошкодження і усунення несправності.

Допустимий середньорічний рівень витоку теплоносія з водяних теплових мереж не повинен перевищувати 0,25% на годину від середньорічного обсягу води в мережі та підключених до неї системах теплоспоживання, за винятком систем гарячого водопостачання, підключених через водопідігрівники.

При оцінці витоків теплоносія не враховуються витрати води, що використовуються для заповнення теплопроводів і систем теплоспоживання під час планових ремонтів, підключення нових ділянок чи споживачів, а також випробувань (на міцність, герметичність чи теплові й гідравлічні втрати).

Виробничі витоки — це втрати мережної води під час ремонту, промивання, заповнення нових систем чи випробувань. Такі витоки фіксуються в актах.

Невиробничі витоки — це втрати води, спричинені несправностями систем теплопостачання чи теплоспоживання. Відповідальність за такі витоки покладається на власника теплових мереж або теплоспоживальних систем, залежно від їхньої балансової належності.

Заповнення та підживлення теплових мереж і систем проводиться деаерованою та хімічно очищеною водою.

Для двотрубних водяних мереж основою для регулювання режимів є графік центрального якісного регулювання. Мінімальна температура води в подавальному трубопроводі не може бути нижчою за:

- 70°С — для закритих систем;
- 60°С — для відкритих систем гарячого водопостачання.

Щороку слід проводити налаштування та регулювання всіх теплових мереж і систем теплоспоживання, а також розробляти гідравлічні режими для опалювального і літнього періодів.

Робочий тиск визначається залежно від:

магістральних теплопроводів і відгалужень до теплового пункту — за даними режимної карти;

внутрішніх теплопроводів — за проєктними параметрами теплового пункту.

Температура води під час випробувань не повинна перевищувати 40°С та бути нижчою за 5°С. Якщо температура зовнішнього повітря нижче 0°С, необхідно забезпечити можливість заповнення та спорожнення трубопроводів протягом години.

На час випробувань системи теплоспоживання та теплові пункти необхідно відключати. Випробування вважаються успішними, якщо у зварних швах, фланцевих з'єднаннях та корпусах арматури не виявлено тріщин, витікань чи запотівання, а тиск не падає протягом 10 хвилин.

Після завершення ремонту теплових мереж і підготовки до опалювального сезону споживачі повинні отримати акт готовності до опалювального сезону та дозвіл на подачу теплоносія.

Тепловий пункт слугує для обліку, регулювання, розподілу тепла, трансформації параметрів теплоносія та контролю роботи систем теплоспоживання.

В залежності від призначення, теплові пункти поділяються на:

індивідуальні теплові пункти (ІТП) — для обслуговування однієї будівлі чи її частини;

центральні теплові пункти (ЦТП) — для обслуговування кількох будівель.

Оснащення теплових пунктів включає:

- запірну арматуру;
- пристрої для видалення повітря та дренажу;
- засоби обліку теплової енергії;
- пристрої для відбору проб води та конденсату;
- манометри та термометри в ключових точках;
- грязьовики, автоматичні регулятори, пристрої для промивання;
- освітлення, вентиляцію та зв'язок з диспетчером за певного навантаження.

Експлуатація теплових пунктів здійснюється персоналом власника або організацією відповідно до договору.

Експлуатацію, технічне обслуговування, ремонт засобів контролю, вимірювань, автоматичних пристроїв та приладів обліку теплової енергії здійснюють відповідні структурні підрозділи підприємств, організацій чи установ, що працюють згідно з чинними нормативними документами.

Якщо таких підрозділів немає, ці роботи можуть виконувати спеціалізовані організації, які мають відповідні дозволи та право проводити такі види робіт.

Дотримання екологічних вимог.

Під час експлуатації теплових установок необхідно мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Для захисту водних ресурсів і атмосферного повітря від забруднення потрібно керуватися Водним кодексом України, Законом України "Про охорону атмосферного повітря", а також державними та галузевими стандартами з охорони навколишнього середовища. Роботи мають виконуватись відповідно до Порядку погодження та видачі дозволів на спеціальне водокористування (затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13 березня 2002 року № 321) та Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами (затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року № 465).

Під час роботи теплових установок не допускається перевищення встановлених природоохоронними та санітарними органами норм і лімітів щодо:

- викидів шкідливих речовин у повітря;
- скидів забруднюючих речовин у водні об’єкти;
- використання води та відведення стічних вод;

утворення та утилізації відходів.

1.3. Види втрат у системах опалення та їх вплив на ефективність роботи

1.3.1. Втрати теплопостачальних організацій

Втрати, які зазнають теплопостачальні організації (ТПО) при доставці ресурсу споживачам, – це один із головних показників того, наскільки ефективно працює компанія. Вони можуть відбуватися на кожному етапі підготовки та доставки ресурсу до кінцевого споживача, однак в ідеалі вони повинні прагнути максимально можливого мінімуму. Підвищення цього показника сигналізує у тому, що кількість проблем зростає, отже, вони вимагають негайного вирішення.

Нормативно-правове регулювання у нашій країні намагається врахувати комерційні і технологічні витрати підприємств і виробити найефективнішу і вигіднішу взаємодію ТПО зі своїми клієнтами, щоб оплати могли відшкодувати втрачені ресурси, але у реальній картині світу найчастіше це допомагає лише малою мірою. Багато залежить від управління, обладнання, експлуатації та контролю.

Визначимо, з якими видами втрат може стикатися ТПО, а також акцентуємо увагу на тих речах, які можуть суттєво вплинути на ефективність.

Види втрат ТПО.

Усього фіксують три види втрат, які може зазнавати теплопостачальна організація:

Комерційні.

Пов'язані зі споживачем і в ідеалі завжди повинні прагнути нуля. Насправді ж все стикається з певними допусками, некоректним використанням ресурсів клієнтами та звичайною людською жадібністю. Можна максимально нівелювати похибки з допомогою спеціальних систем комерційного обліку енергоресурсів.

Технологічні.

Безпосередньо пов'язані з фізичними процесами, що відбуваються під час транспортування ресурсу. Втрати виникають під час руху теплоносія

тепловими мережами, в центральних (ЦТП) або індивідуальних теплових пунктах (ІТП), а також часто пов'язані з якістю обладнання, що використовується.

Непрямі.

Тут враховуються всі додаткові витрати, які необхідні для того, щоб якість ресурсу, що поставляється клієнтам, була відповідною всім нормам споживання. Залежить як стану устаткування, і грамотного обліку даних від підрядників.

З тим, звідки беруться втрати, питань немає, але щоб максимально виключати їх у роботі ТПО, необхідно розуміти, як вони виникають у кожному конкретному випадку. Розглянемо причини виникнення втрат на різних етапах постачання ресурсу споживачеві.

Комерційні втрати.

Похибки у розрахунках із споживачами можуть бути як у позитивний, так і у негативний бік. Втратами вони стають тоді, коли оплата, проведена за використаний ресурс, менша, ніж мала складати, враховуючи реально витрачені ресурси. Найчастіше виникають через розкрадання, махінації з рахунками, несплату заборгованостей або невраховані локації. Зазначимо їх:

Втручання у роботу приладів обліку споживачів.

Коли споживач має безпосередній доступ до приладу обліку, він може внести спотворені його метрологічно значущі параметри, щоб підсумкові рахунки були нижчими, ніж фактично спожиті ресурси. За підсумками виходить, що кількість врахованого ресурсу значно менше, ніж реально що надійшов клієнту. Несплачена сума прямо б'є по гаманцю ТПО.

Виведення приладу обліку з ладу.

Якщо вчасно не помітити, що прилад працює несправно, можна зазнати великих втрат. Пов'язано це також з тим, що при зламаному/відсутньому приладі клієнт платить, виходячи із суми, зазначеної в нормативі, що може не покривати реально витрачені організацією ресурси. Або ситуація схожа на попередню, споживач навмисне ламає прилад, коли розуміє, що, виходячи з

нормативів, його оплата буде значно меншою порівняно з тією, що він платить за лічильником. Бувають так звані «сезонні злочини», коли клієнт навмисне виводить обладнання з ладу у зимові місяці. Теплопостачальна організація має право найняти сервісну компанію, яка стежитиме за справністю приладу та своєчасно приводити його до робочого стану, проте це не завжди можливо. Автоматизована інформаційно-вимірювальна система може прийти в цьому випадку на допомогу: сповістити про некоректну роботу приладу та провести перерахунки.

Спотворення звітів.

У разі коли у споживача встановлено прилад без автоматизації знімання показань, клієнт самостійно подає звіти до організації для розрахунку сум, які він має сплатити компанії. Недбайливі споживачі занижують кількість використаного ресурсу, до чого це призводить – коментувати не потрібно.

Відсутність приладу обліку.

Так, більшість споживачів згідно із законом «оприборені», але й такі ситуації – нерідкий випадок у відносинах споживача та ресурсопостачальної організації. У такому разі нарахування здійснюються за нормативом згідно з договірним навантаженням. Якщо він занижений - ТПО втрачає гроші. У цьому випадку допоможе лише впровадження автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем обліку. Після аналізу об'єктів можна буде вибрати, де додаткова установка програмного управління буде максимально ефективна.

Нормативи на підігрів / Договірне навантаження.

Є такі дані, на які ТПО не може ніяк вплинути. Норматив на підігрів гарячого водопостачання та опалення житлових будинків чітко регламентований, за фактом витрачений ресурс може перевищувати встановлені витрати в рази. Якщо споживачі проводять оплату за проектним навантаженням, теж можуть виникати проблеми. Проектні цифри не враховують зношування будівлі, а ось кількість ресурсу, необхідного для його постачання, збільшується в порівнянні зі стартовим значенням. Крім того, деякі споживачі вирішують, що оплата проводитиметься за єдиною ставкою з

подальшим перерахунком, проте реально у конкретні місяці споживання у ТПО виникають значні втрати. Баланс стає негативним, причому чим холодніша зима, тим пікові втрати більше.

Зсув дат.

Оплата рахунків відбувається у той самий час, як і реєстрація показань. Зазвичай їх знімають лише наприкінці місяця, числа 25-го, після цього передають до абонентського відділу для подальших розрахунків, а після цього лише розсилають клієнтам, причому коли вони здійснять оплату – невідомо. Виникає ситуація, коли затримка оплат може сягати кількох місяців, а фактично ресурс уже витрачено. У цьому випадку може допомогти тільки збір даних та виставлення рахунків щодня.

Кордон балансового розмежування / Рахунок без урахування ділянки мережі.

Це оплата рахунку без урахування ділянки мережі від пункту обліку до межі балансової власності. При виникненні втрат ще до обліку лічильником, який встановлений у клієнта, але вже знаходиться на території, за яку не відповідає ТПО. За законом такі втрати мають бути виставлені до споживача.

Бездоговірне споживання та навмисне розкрадання.

Розглянемо приклад навмисного розкрадання. Недбайливі споживачі використовують «самоврізи» - пристрої, які допомагають красти ресурс прямо з тепломережі. Відстежити таких «умільців» можна тільки фізично (ходити вздовж мереж і придивлятися – так собі варіант) або якщо звертати увагу на сильні розбіжності даних між вузлами обліку, встановленими на тепломережі. Однак є випадки, коли відбувається витік ресурсів, але споживачі не мають жодних корисливих цілей. Наприклад, будинок ще не зданий, а мешканці вже живуть та споживають ресурс. Також є схожі проблеми, але з інших причин. Сьогодні через кризову ситуацію з'явилися квартири, будинки і навіть цілі населені пункти, які не належать до жодних ТПО, бувають просто об'єкти, з якими забули укласти договір. І в тому, і в іншому випадку організація втрачає ресурси та гроші.

Технологічні втрати.

Комерційні втрати неможливо виміряти точно, якщо перед цим досконально не вивчити технологічні. Вкрай важливо мати точний розрахунок таких втрат, щоб можна було оцінити комерційну складову всього процесу, а також розробити план заходів, який дозволить організації досягти максимальної ефективності. Всі розрахунки двокомпонентні: пов'язані із втратою теплоносія та/або теплової енергії.

Втрати теплоносія.

До них відносяться як виток безпосередньо теплоносія, наприклад, під час аварій, так відсутність або некоректний облік даних. Важливо розуміти, що тут за прилади обліку повністю відповідає ТПО, здавалося б, несправність відстежити легше, але, на жаль, людський фактор може зіграти свою роль, співробітники не встигають зібрати дані або припускаються помилок при зборі. Тому єдине рішення, яке допоможе вчасно виявити та локалізувати такий вид втрат – встановлення автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи, щоб враховувати дані на об'єктах, своєчасно реагувати на позаштатні ситуації, а також вчасно виявляти достовірність вимірювань приладів. Втрати теплової енергії Як і у випадку з теплоносієм, тут часто трапляються втрати у разі аварій та некоректного обліку даних. Однак втрати теплової енергії також можуть виникати через інші причини.

Якість роботи мереж та обладнання при транспортуванні.

ТПО завжди зазнає втрат через банальне остигання теплоносія під час транспортування ресурсу до споживача, причому має значення як довжина магістралі, так і ізоляція мережі. Якщо на перший фактор вплинути практично неможливо, то зношування тепломереж, а відповідно погіршення ізоляційних якостей теплопроводів, призводить до більшої втрати теплової енергії в момент транспортування, тому доводиться збільшувати потужність, тобто витрачати більше енергії для досягнення результату, який раніше досягався меншими зусиллями. Рішення все те саме – автоматизована інформаційно-вимірювальна

система, проте потрібно звертати увагу, щоб система дозволяла з точністю обчислити ділянку мережі, на якій організація зазнає втрат.

Недотримання режиму.

Без прив'язки температури зовнішнього повітря до ресурсу, що надходить на об'єкт, трапляються випадки перетопів. Це означає, що організація витрачає цінний ресурс марно, а споживач повною мірою не використовує те, що вона йому пропонує.

Якість роботи теплових пунктів.

Обмінні пункти теплової енергії на ЦТП та ІТП можуть працювати некоректно, тому на цих ділянках можуть відбуватися втрати теплової енергії. Тільки своєчасний облік даних на цих об'єктах може показати реальну картину втрат.

Непрямі втрати.

Витрати, що йдуть на оплату електроенергії, води та паливного ресурсу. Необхідні втрати для того, щоб постачати споживачам ресурс відповідної якості. З чого складаються дані втрати:

- перевитрата коштів на електроенергію. Споживання електроенергії повністю залежить від циркуляції теплоносія тепломережами. Зношування та використання застарілих моделей насосів без частотного регулювання призводить до того, що для циркуляції теплоносія потрібно витрачати потужності більше, тому споживання ресурсу стає значно вищим. Своєчасна заміна вирішить цю проблему, але для цього треба вчасно реагувати на зміни та оцінювати якість роботи системи;

- облік холодної води. Розрахунок із водоканалом може відбуватися за завищеними нормативами, а насправді ресурсу споживається значно менше. Ретельний підрахунок кількості холодної води, що надходить, за допомогою приладів обліку допоможе максимально оптимізувати витрати на даний ресурс;

- облік паливного ресурсу. Неважливо, що ви використовуєте – газ, вугілля, мазут, облік кількості ресурсу, який ви витрачаєте на підготовку теплоносія, несе не останнє значення для грошей, які витрачає на підготовку

ресурсу ваша організація. Фіксація витраченого ресурсу допоможе побачити, наскільки цифри відхиляються від нормативів.

1.3.2. Втрати кінцевих споживачів у системах опалення: комерційні та некомерційні аспекти

Система теплопостачання є невід'ємною складовою комфортного життя та ефективної діяльності. Однак втрати теплової енергії у кінцевих споживачів залишаються однією з найбільших проблем, що впливають на вартість теплопостачання, якість та стабільність роботи мереж. У цьому контексті важливо розрізняти дві категорії споживачів: комерційних та некомерційних, адже їхній підхід до споживання тепла, розуміння роботи системи та внесок у втрати теплової енергії суттєво відрізняються.

Комерційні споживачі: раціональний підхід до теплопостачання.

До комерційних споживачів належать підприємства, офісні центри, магазини та інші організації, для яких витрати на теплопостачання є складовою собівартості їхньої діяльності. Ця категорія споживачів, як правило, демонструє більш раціональний підхід до використання теплової енергії.

Комерційні споживачі розуміють, що нераціональне використання тепла призводить до збільшення витрат, які безпосередньо впливають на їхню економічну ефективність. Зокрема, вони часто впроваджують такі заходи:

- Автоматизація систем опалення – встановлення регуляторів температури та датчиків для оптимізації використання теплової енергії;

- Теплоізоляція приміщень – зменшення втрат тепла через стіни, вікна, двері;

- Контроль витрат тепла – ведення обліку за допомогою теплових лічильників і аналіз споживання.

Завдяки цим заходам комерційні споживачі мінімізують свої теплові втрати, сприяючи ефективнішому функціонуванню системи опалення загалом.

Некомерційні споживачі: проблеми багатоквартирних будинків.

Некомерційними споживачами є мешканці багатоквартирних будинків, серед яких виділяється велика кількість субспоживачів із різним рівнем

обізнаності та відповідальності за використання теплової енергії. Ця категорія часто стає джерелом значних втрат у системах опалення через низьке розуміння принципів її роботи та відсутності бажання економити теплову енергію.

Основними проблемами серед некомерційних споживачів є:

- Відсутність культури енергозбереження. Мешканці багатоквартирних будинків не завжди усвідомлюють, як їхні дії впливають на загальний стан системи. Наприклад, відкриті вікна у зимовий період або відсутність утеплення призводять до значних теплових втрат;

- Незнання принципів роботи системи опалення. Більшість споживачів не розуміють, як функціонує опалення, ігнорують необхідність регулярного обслуговування, наприклад, стравлювання повітря з системи. Як наслідок, завоздушення трубопроводів призводить до порушення циркуляції теплоносія і зниження ефективності опалення у будинку.

- Незаконне втручання в систему. Часто мешканці самостійно змінюють батареї опалення або втручаються у роботу стояків, встановлюють додаткові секції та навіть додаткові радіатори опалення на закритих балконах, не враховуючи технічні особливості системи. Такі дії викликають дисбаланс у роботі, що негативно позначається на теплопостачанні всього будинку;

- Втрати через завоздушення та технічне обслуговування. Однією з ключових причин втрат тепла у багатоквартирних будинках є завоздушення систем опалення. Через відсутність стравлювання повітря з трубопроводів теплоносій не циркулює ефективно, що знижує температуру в радіаторах і викликає локальні перегріви чи охолодження.

Крім того, неправильне стравлювання повітря або недбалість під час заміни батарей призводять до витоку теплоносія, що зменшує обсяг теплової енергії, доступної для системи. Це, своєю чергою, збільшує витрати енергії на компенсацію втрат, що відображається на вартості теплопостачання для всіх мешканців.

Для зменшення втрат серед кінцевих споживачів необхідно впроваджувати заходи, спрямовані на підвищення їхньої обізнаності та відповідальності:

- проведення роз'яснювальних кампаній для мешканців багатоквартирних будинків щодо принципів роботи системи опалення та важливості енергозбереження;

- забезпечення централізованого контролю за обслуговуванням теплових систем, щоб уникнути незаконного втручання;

- встановлення сучасних регуляторів і лічильників, які дозволять субспоживачам бачити реальні обсяги та витрати тепла;

- додаткове залучання спеціалістів для перезапуску внутрішньо будинкової системи опалення;

- організація обов’язкових технічних перевірок стану систем опалення у багатоквартирних будинках.

Раціональне використання теплової енергії та належне обслуговування системи опалення дозволять зменшити втрати тепла, підвищити ефективність її роботи та знизити витрати для некомерційних кінцевих споживачів.

1.4. Енергоефективність та енергоменеджмент

1.4.1. Енергетичний менеджмент: переваги моніторингу та аналізу енергоспоживання

Зниження витрат на енергоресурси є однією з ключових переваг впровадження енергозберігаючих заходів. Підприємства, які своєчасно аналізують проблемні ділянки у своїй діяльності, можуть виявити джерела неефективного використання енергії. Наприклад, встановлення сучасного обладнання або автоматизованих систем моніторингу дає можливість зменшити витрати на енергоспоживання і перенаправити заощаджені кошти на інші потреби компанії.

Покращення операційної ефективності також є важливим результатом впровадження систем моніторингу. Постійний контроль за використанням енергії дозволяє оптимізувати виробничі процеси та ефективніше розподіляти ресурси. Це сприяє стабільній роботі підприємства, підвищенню продуктивності та зниженню ризиків, пов'язаних із перевантаженням обладнання чи його зносом.

Ще однією перевагою є можливість виявлення прихованих проблем. Аналіз енергоспоживання допомагає знаходити слабкі місця: наприклад, застаріле або неправильно налаштоване обладнання, яке витрачає надмірну кількість енергії. Усуваючи ці проблеми, підприємство може уникнути несподіваних поломок, а також зменшити ризики простоїв та аварій.

Скорочення енергоспоживання позитивно впливає і на довкілля. Менше споживання енергії означає зменшення викидів парникових газів та екологічного сліду компанії. Це не лише покращує імідж організації, але й демонструє її соціальну відповідальність. В умовах сучасного ринку компанії, які дбають про екологію, мають більше шансів отримати підтримку партнерів і клієнтів.

Важливим аспектом є також відповідність стандартам, таким як ISO 50001, які регулюють енергоефективність. Постійний моніторинг і контроль енергоспоживання забезпечують дотримання екологічних норм, що є важливим для компаній, які прагнуть сертифікації або співпрацюють із міжнародними партнерами.

Сучасні технології, зокрема автоматизовані системи та Інтернет речей (IoT), суттєво спрощують процес моніторингу. Використання розумних лічильників, датчиків та спеціального програмного забезпечення дозволяє в реальному часі аналізувати дані про енергоспоживання. Це дає можливість швидко реагувати на зміни, оптимізувати споживання ресурсів і уникати непередбачених витрат.

Розробка планів з енергозбереження — це ключовий крок для сталого розвитку підприємства. Вона включає оцінку поточного рівня енергоспоживання, встановлення цілей, розробку заходів і їх впровадження. Наприклад, модернізація обладнання, впровадження нових технологій, оптимізація робочих процесів або навчання персоналу сприяють не лише економії енергії, але й створюють міцну базу для довгострокового розвитку компанії.

Моніторинг результатів і постійне вдосконалення є важливими завершальними етапами. Регулярний перегляд і коригування плану дозволяють адаптуватися до змін та забезпечують ефективне використання ресурсів у майбутньому. Такі підходи допомагають підприємству залишатися конкурентоспроможним, відповідальним перед суспільством і готовим до викликів сучасного ринку.

1.4.2. Спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу енергоспоживання

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу енергоспоживання — це важливий аспект сучасного енергоменеджменту, що дозволяє підприємствам, установам і приватним користувачам оптимізувати

використання енергетичних ресурсів. Завдяки такому ПЗ можна отримувати детальну інформацію про споживання електроенергії, виявляти надмірні витрати та приймати рішення, які сприяють зниженню витрат і зменшенню впливу на навколишнє середовище.

Основні функції та можливості програмного забезпечення для аналізу енергоспоживання:

1. Моніторинг та збір даних:

- Програми для аналізу енергоспоживання зазвичай інтегруються з лічильниками, сенсорами та іншими системами вимірювання для автоматичного збору даних.

- Моніторинг може проводитися в реальному часі або аналізуватися ретроспективно для виявлення змін у споживанні.

2. Аналіз і візуалізація даних:

- Інструменти ПЗ здатні створювати графіки, таблиці й звіти, що полегшує розуміння складних даних.

- Програми дозволяють відслідковувати споживання енергії за різними параметрами: година доби, тип обладнання, зона або приміщення.

3. Прогнозування і моделювання:

- Багато програмних продуктів використовують алгоритми машинного навчання та статистичні моделі для прогнозування майбутнього споживання енергії, що дозволяє краще планувати бюджет.

- Моделювання різних сценаріїв (наприклад, зниження або збільшення споживання) допомагає побачити потенційні результати зміни обладнання чи процесів.

4. Виявлення аномалій та оптимізація:

- Програмне забезпечення може автоматично виявляти аномалії, такі як несподівані стрибки споживання, що можуть свідчити про несправності обладнання.

- ПЗ також допомагає виявляти точки, де енергія витрачається нераціонально, і пропонувати шляхи для оптимізації.

5. Підтримка прийняття рішень:

- Завдяки аналітичним звітам та прогнозам, користувачі можуть ухвалювати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у більш енергоефективне обладнання чи технології.

- ПЗ дозволяє також аналізувати ефективність реалізованих енергоощадних заходів та виявляти області для подальшого вдосконалення.

Приклади спеціалізованих програмних продуктів:

- EnergyCAP — рішення для управління даними енергоспоживання, моніторингу рахунків, управління викидами.
- JouleX — система для моніторингу та управління енергоспоживанням в ІТінфраструктурах.
- Power BI з інтеграцією даних споживання — для глибокого аналізу та візуалізації енергоспоживання на основі даних з різних джерел.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу енергоспоживання дозволяє значно підвищити ефективність управління ресурсами, що є важливим фактором для зменшення витрат і впливу на навколишнє середовище.

Встановлення розумних лічильників і сенсорів для відстеження споживання енергії в реальному часі є ключовим інструментом для сучасного енергоменеджменту, який дозволяє підприємствам, установам та домогосподарствам точно вимірювати та контролювати використання енергоресурсів. Такі пристрої забезпечують безперервний збір даних про споживання електроенергії, води, газу та інших ресурсів, що дозволяє покращити управління ними та знижувати витрати.

Основні переваги розумних лічильників і сенсорів:

Моніторинг в реальному часі:

- Розумні лічильники й сенсори збирають дані про споживання енергії в режимі реального часу, що дозволяє користувачам бачити, коли й на що витрачається енергія.

- Доступ до таких даних дозволяє краще розуміти, як змінюється споживання протягом дня, тижня або місяця.

2. Оптимізація споживання та зменшення витрат:

- Можливість відстежувати енерговитрати в режимі реального часу дозволяє виявляти неефективні процеси та вдосконалювати їх. Наприклад, виявлення пікових періодів споживання може допомогти зменшити навантаження на мережу або перенести частину операцій на час, коли енергія дешевша.

3. Аналіз даних та прогнозування:

- Розумні лічильники та сенсори часто поєднуються з програмним забезпеченням для аналізу та прогнозування споживання енергії.

- Використання таких інструментів дозволяє планувати використання енергії й передбачати можливі збої або перевантаження системи.

4. Інтеграція з системами автоматизації:

- Дані з розумних лічильників можуть використовуватися для автоматизації процесів — наприклад, автоматичного відключення непотрібного обладнання під час пікових навантажень або регулювання систем опалення та освітлення. Це допомагає підтримувати оптимальні умови та знижувати витрати на електроенергію без втрати комфорту чи продуктивності.

5. Зменшення впливу на навколишнє середовище:

- Розумне управління енергією дозволяє скоротити викиди вуглецю та споживання невідновлюваних ресурсів, що важливо для екологічної відповідальності.

- Завдяки оптимізації споживання та зменшенню витрат електроенергії знижується загальний вуглецевий слід підприємства чи домогосподарства.

Приклади використання:

-Домогосподарства використовують розумні лічильники для моніторингу енергоспоживання побутових приладів, що дозволяє виявляти енерговитратні пристрої та регулювати їхню роботу.

- Промислові підприємства використовують сенсори для відстеження стану обладнання та виявлення несправностей, що можуть впливати на ефективність виробництва.

- Комерційні будівлі застосовують розумні системи для автоматичного регулювання освітлення, опалення, вентиляції та кондиціонування, що зменшує витрати на енергію.

Встановлення розумних лічильників і сенсорів є важливим кроком до більш ефективного, економного та екологічного використання енергетичних ресурсів. Це не лише допомагає зменшувати витрати, але й сприяє розвитку стійких практик енергоспоживання.

1.4.3. Енергоефективність у багатоквартирних будинках: виклики та можливості

Енергоефективність є одним із найважливіших аспектів сучасного управління житловим фондом, зокрема багатоквартирними будинками. В Україні на державному рівні було створено ряд програм, спрямованих на зменшення втрат тепла, підвищення ефективності використання енергії та модернізацію систем теплопостачання. Однак у контексті поточної економічної та військової ситуації реалізація цих ініціатив стикається з низкою серйозних перешкод.

Державні програми енергоефективності.

Програма "Теплі кредити". Державна програма "Теплі кредити", яка діяла протягом кількох років, дозволяла мешканцям багатоквартирних будинків отримувати кредити на утеплення, модернізацію систем опалення, встановлення енергоефективного обладнання тощо. Вона мала значний попит, адже держава частково компенсувала витрати. Завдяки цій програмі багатьом українцям вдалося суттєво знизити втрати тепла в їхніх будинках.

Однак, станом на сьогодні, програма "Теплі кредити" офіційно завершена. Її припинення залишило багатьох власників житла без доступного механізму для фінансування енергоефективних проєктів.

Фонд енергоефективності та програма "Енергодім". Фонд енергоефективності, створений урядом України, розробив програму "Енергодім", яка мала на меті модернізацію багатоквартирних будинків. Вона передбачає впровадження сучасних технологій для зменшення втрат тепла, автоматизацію систем опалення та підвищення загальної енергоефективності.

Основними завданнями цієї програми стали:

- популяризація ощадливого способу життя через використання енергоефективних технологій і матеріалів. Це включає впровадження стандарту «пасивний будинок», який забезпечує високу енергоефективність, комфортні умови проживання, економічність та мінімальний вплив на довкілля;

- реалізація системи енергетичного менеджменту та моніторингу енергоспоживання, що передбачає розробку енергетичних бюджетів, аналіз існуючих даних, формування нових бюджетів, розробку енергетичної політики, а також планування заходів з енергозбереження відповідно до стандартів серії ISO50001;

- оцінка фактичного енергетичного балансу будинку через енергетичне обстеження об'єктів, яке дозволить виявити реальний потенціал для економії енергетичних ресурсів.

Проте через російську збройну агресію, часткову окупацію територій та постійні бойові дії реалізація цієї програми значно ускладнена. Чинники, які впливають на відмову від участі у програмі багатоквартирних будинків:

- тривалий термін первинного оформлення документів (проведення декількох зборів співвласників, проведення енергоаудиту та виготовлення технічної документації за власний кошт);

- тривалий розгляд заявки Фондом енергоефективності та доопрацювання документів;

- жорсткі терміни реалізації проекту при порушеннях яких фонд не компенсує витрачені кошти. В умовах постійного відключення електроенергії дуже складно вкластися у визначені терміни;

- заборона на збільшення вартості проекту. В умовах інфляції та тривалого терміну реалізації проекту складно визначити кінцеву вартість, і це додає додаткові ризики;

- заборона на зміну підрядника. Якщо реалізація передбачає виконання декількох пакетів з проведенням утеплення всього будинку то існує ризик мобілізації працівників у підрядника і неможливість надалі реалізовувати цей проект;

- банки-партнери в деяких областях припинили видачу кредитів. Взагалі збільшилися вимоги банків, у тому числі суттєво збільшився розмір відсотків банку за обслуговування кредиту майже вдвічі;

- платоспроможність населення різко знизилася. Велика кількість працездатного населення виїхала закордон і у них втрачається розуміння нащо взагалі вкладати кошти в той об’єкт, який у будь-яку мить може бути зруйнований ворожою ракетою.

В умовах війни виникають додаткові труднощі, які впливають на енергоефективність багатоквартирних будинків:

- збої в роботі теплопостачання через пошкодження мереж внаслідок обстрілів;

- зношеність інфраструктури та перебої з електропостачанням;

- дефіцит кадрів. Велику кількість обслуговуючого персоналу теплопостачальних організацій мобілізовано;

- недоступність кредитних ресурсів, що ускладнює фінансування масштабних енергоефективних проектів;

- зниження купівельної спроможності населення, що змушує шукати альтернативні, більш економні шляхи модернізації.

Рішення для підвищення енергоефективності.

За умов обмежених ресурсів та складної ситуації в країні важливо зосередитися на доступних рішеннях, які можна реалізувати навіть за нестабільного фінансування. Серед таких заходів:

- автоматизація систем опалення. Встановлення автоматичних регуляторів температури та датчиків дозволяє значно скоротити витрати енергії, забезпечуючи більш раціональне використання теплоносія. Додатково буде економія від викликів майстрів обслуговуючих організацій для перезапуску системи опалення будинків;

- локальний моніторинг роботи систем опалення. Встановлення недорогих пристроїв для відстеження параметрів теплопостачання дозволить швидко виявляти проблеми, такі як завоздушення або витоки;

- спрощення обслуговування систем. Навчання мешканців багатоквартирних будинків базовим принципам обслуговування систем опалення, наприклад, самостійне стравлювання повітря мешканцями верхніх поверхів; встановлення у технічних приміщеннях автоматичних скидників повітря. Це все допоможе зменшити втрати тепла;

- локальне утеплення. Навіть часткове утеплення будинку (вікон, дверей, підвалів) дозволяє скоротити втрати тепла без значних витрат.

1.5. Виклики опалювального сезону в умовах енергетичної кризи

Збройна агресія Російської Федерації проти України спричинила значні руйнування енергетичної інфраструктури країни. Постійні атаки на електростанції, підстанції та інші об'єкти призводять до непередбачуваних та тривалих відключень електроенергії для всіх категорій споживачів. У таких умовах робота систем опалення, зокрема теплових мереж, стає нестабільною, що створює загрозу замерзання комунікацій та зупинки подачі тепла до багатоквартирних будинків.

Проблеми роботи теплових мереж без електроенергії.

Однією з найбільших проблем під час відключення електроенергії є зупинка насосного обладнання та автоматики, яка забезпечує циркуляцію теплоносія. Без електроживлення:

- підкачувальні насоси в мережах перестають працювати, що призводить до зупинки подачі тепла до будинків;

- система управління індивідуальними тепловими пунктами (ІТП) також припиняє функціонувати, залишаючи мешканців без тепла навіть у разі наявності теплоносія в мережі.

Рішенням для відновлення роботи обладнання в таких умовах могло б бути встановлення генераторів, проте це надзвичайно дороговартісний варіант, який більшість комунальних підприємств та мешканців багатоквартирних будинків не можуть собі дозволити.

Але Україна має підтримку у світової спільноти, тому міста країни поступово за рахунок грантів від донорів інших країн мають можливість часткової заміни мереж, засувок, отримання генераторів та палива до них. Таким чином комунальні підприємства міст отримують хоча б часткову, але енергонезалежність під час відключень електроенергії після атак на енергетичну інфраструктуру.

Багатоквартирні будинки, у яких скоротилась кількість платоспроможного населення, яке з початку війни виїхало під захисток до європейських та інших країн,а ті, що залишились часто залишились без роботи, не можуть собі дозволити витратити більше мільйона гривень на облаштування у будинка ІТП та встановлення генераторів чи акумуляторів.

Фінансові виклики.

Організація роботи ІТП у багатоквартирному будинку потребує значних фінансових вкладень. Для прикладу:

Середнє споживання енергії ІТП складає близько 400 кВт на місяць.

Для забезпечення роботи ІТП протягом доби без електроенергії потрібні акумуляторні батареї та інвертор, вартість яких перевищує 300000,00 грн.

Навіть за таких інвестицій немає гарантії стабільної роботи, адже тривале відключення електроенергії (понад 24 години) призведе до повного розрядження акумуляторів. Це може спричинити замерзання системи опалення, що стане катастрофічним для будинків у зимовий період.

Альтернативне рішення: менш енерговитратне та більш спрощене обладнання.

Зважаючи на обмеженість фінансових ресурсів, пропонується встановлення менш енерговитратного обладнання, яке дозволяє забезпечити роботу системи опалення при мінімальних затратах. Таке обладнання:

Економить енергію — потребує значно менше електроенергії для роботи, зменшуючи навантаження на джерела резервного живлення.

Знижує витрати — вартість обладнання (акумуляторів) та його установки становить близько 15тис.грн., встановлення автоматизованих засувок для контролю за наявністю теплоносія також біля 50тис.грн., що є значно доступнішим варіантом для мешканців багатоквартирних будинків.

Підвищує надійність — у разі аварійної ситуації продовжує утримувати у системі теплоносій для прискорення запуску системи опалювання після вирішення проблеми.

Ситуація з енергетичною кризою в Україні вимагає адаптації до нових реалій. Для забезпечення стабільної роботи систем опалення багатоквартирних будинків необхідно обирати економічно вигідні та енергоефективні рішення.

Встановлення менш енерговитратного обладнання є оптимальним варіантом, який дозволяє знизити фінансове навантаження на мешканців та комунальні підприємства.

Важливо також розробити нові державні програми підтримки енергоефективності, які б допомогли мешканцям багатоквартирних будинків модернізувати системи опалення та забезпечити їх безперебійне функціонування в умовах кризи.

Залучення мешканців до обговорення та впровадження таких рішень допоможе зберегти тепло у будинках навіть у найскладніші періоди.

2. СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЇ

2.1. Моделювання об’єкту для встановлення системи

У даній магістерській роботі як опалювальна будівля розглядається п'ятиповерхова житлова будівля з габаритними розмірами 10х60х15м.

За найменшою температурою води в трубопроводі, що подає, для закритих систем теплопостачання, необхідним для підігріву води, що надходить у системи гарячого теплопостачання споживачів повинно бути не менше 70 °С, у нашому випадку температура дорівнює 95 °С.

Теплові навантаження приймають за проектними даними, якщо в результаті обстеження встановлено відповідність проектам систем опалення та гарячого водопостачання. За відсутності проектів чи їх невідповідності фактичним даним теплові навантаження для житлових будинків – за питомими характеристиками.

Для даного району розрахункова зимова температура зовнішнього повітря для проектування опалення t р = -15 ° С .

Таблиця 2.1.1 - Дані об'єкта

Параметр	Од. вимір.	Значення
Тиск у що подає . трубі,	атм.	5,6
Тиск у зворотному труб.	атм.	4,8
Діаметр труби що подає	Мм	50
Діаметр у зворотному трубопроводі	Мм	50
Об’єм проходження теплоносія за годину	$м^3$/год	8,95

Для запуску системи опалення після втрати теплоносія із мережі в середньому потрібно як мінімум 2 людини на 1 повний робочий день, оскільки основна робота полягає в тому щоби одна людина на горищі вікривала кран Маєвського для спуску повітря з системи опалення, а інша у підвалі подавала воду у систему. Завдяки автоматизованій системі можна залишити лише одну людину, що буде на горищі, а засувом буде керувати

система через режим віддаленого ручного керування.

У випадку прориву системи опалення всередині будівлі, за відсутності на у квартирі жителів що помітили б прорив – кожну годину у під'їздний стояк буде виливатися по 8,95м^3 води, що може привести до значних матеріальних збитків і довгих судових тяжб. Якщо ж буде встановлена автоматизована система – вона відслідкує зниження тиску на кінцевому виході труби і дасть сигнал заблокувати систему повністю, таким чином мінімалізувавши як втрати теплоносія, так і шкоду, що може нанести подібна аварія. У практиці працівників ОСББ були випадки, коли відкриті крани Маєвського просто залишали по необачності власники квартир, а оскільки голови ОСББ не мали доступу до квартир і до цих кранів – вони вже тільки постфактум впізнавали що декілька поверхів затопило у момент запуску системи.

2.2. Контролюючий Raspberry Pi

Raspberry Pi Zero W є надзвичайно компактним пристроєм із мінімальним енергоспоживанням, що робить його ідеальним для використання в умовах, де важлива автономність і економія енергії. Завдяки своїм невеликим розмірам, він може бути інтегрований навіть у тісні простори системи опалення, не займаючи багато місця та не створюючи труднощів для монтажу. Низьке енергоспоживання дозволяє знизити витрати на електроенергію, що є важливим у системах, які працюють постійно.

Однією з ключових переваг Raspberry Pi є його можливості розширення через GPIO (General Purpose Input/Output). Це забезпечує безпосереднє підключення до електромеханічних пристроїв, таких як засуви чи датчики. У випадку системи управління опаленням Raspberry Pi може ефективно приймати сигнали від датчика тиску та безпосередньо управляти засувом через реле. Така гнучкість дозволяє створювати максимально ефективні системи без зайвих додаткових компонентів.

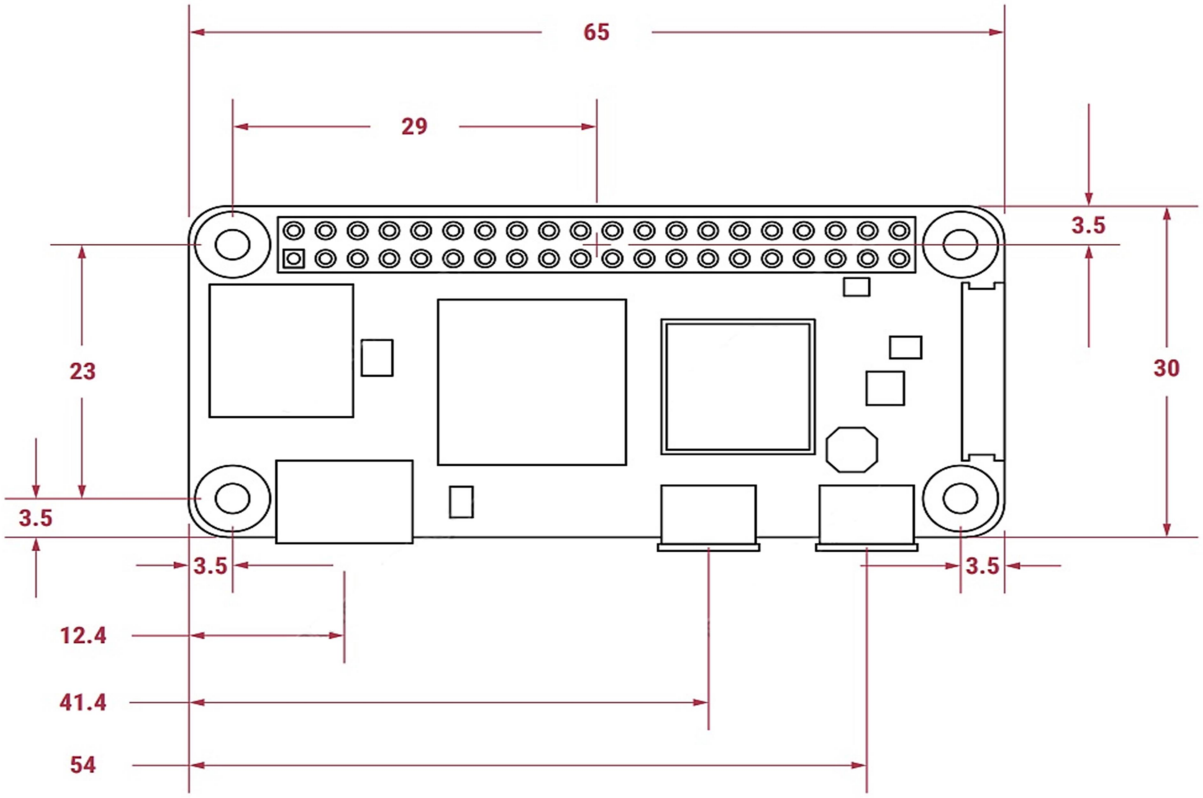


Рисунок 2.2.1 — Схематичне представлення Raspberry Pi Zero 2W з розмірами у мм

Модель Zero W оснащена вбудованим Wi-Fi модулем, що значно спрощує інтеграцію пристрою у локальну мережу чи Інтернет. Це дозволяє в реальному часі отримувати доступ до даних про стан системи, відправляти повідомлення про критичні ситуації або навіть дистанційно керувати пристроєм. У системах, які потребують високого рівня автоматизації, це відкриває широкі можливості для моніторингу та управління.

Raspberry Pi має велику кількість сумісних модулів розширення, які дозволяють значно розширити його функціональність. Наприклад, за допомогою Ethernet HAT можна забезпечити стабільне проводове підключення до мережі, а використання GSM/GPRS модулів додає можливість надсилати SMS або забезпечувати резервне підключення через мобільний зв’язок. Це робить Raspberry Pi ідеальним рішенням для різних умов експлуатації, включаючи віддалені місця, де відсутній стаціонарний доступ до Інтернету.

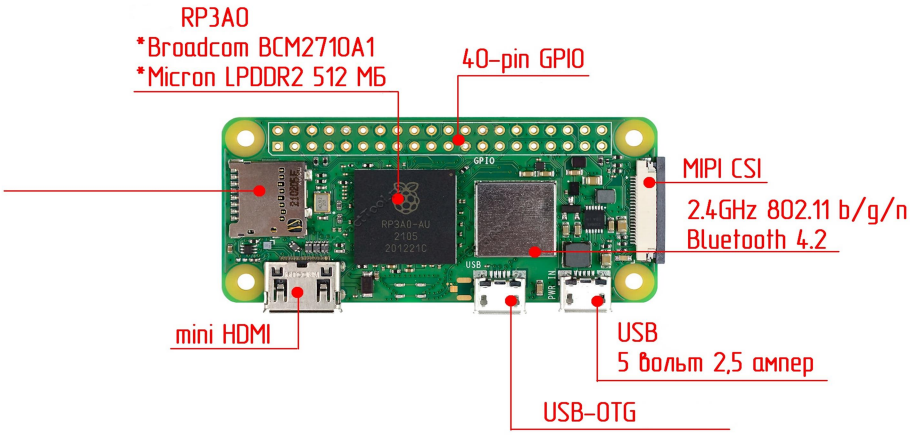


Рисунок 2.2.2 — Компонентна деталізація Raspberry Pi Zero 2W

Raspberry Pi має багаторічну історію використання у різних проєктах і величезну спільноту користувачів та розробників. Завдяки цьому є доступ до безлічі навчальних матеріалів, прикладів коду та готових рішень. У випадку виникнення будь-яких труднощів, завжди можна знайти необхідну підтримку або швидко вирішити проблему. Це суттєво знижує ризики, пов’язані з реалізацією проєкту.

Таблиця 2.2.1 - Технічні характеристики Raspberry Pi Zero 2W

Найменування параметра	Значення параметра
Процесор	Чотириядерний ARM Cortex-A53, 64-бітний, з частотою 1 ГГц
Оперативна пам'ять	512 МБ LPDDR2 SDRAM
Бездротове з'єднання	Wi-Fi 2.4 ГГц (802.11 b/g/n), Bluetooth 4.2
Порти та роз'єми	Mini HDMI, Micro-USB x2, 40-контактний GPIO, MicroSD
Живлення	2A 5B, подається через Micro-USB
Розміри	65 мм × 30 мм × 5 мм
Енергоспоживання під час роботи	1,5W

Основні переваги використання саме Raspberry Pi Zero W2:

- Компактний розмір: розміри плати (65 х 30 мм) дозволяють легко інтегрувати її в компактні пристрої, що є важливим для IoT-проектів, де простір обмежений.

- Висока енергоефективність: завдяки малому енергоспоживанню Zero 2 W підходить для роботи на батареї, сонячних панелях або інших джерелах з низьким рівнем потужності.

- Інтеграція бездротового з’єднання: Wi-Fi (802.11 b/g/n): Забезпечує стабільне з’єднання з мережею. Bluetooth 4.2 і BLE: Ідеальний для зв’язку з іншими IoT-пристроями, сенсорами або смартфонами.
- Достатня обчислювальна потужність: завдяки чотириядерному ARM Cortex-A53 процесору Zero 2 W може обробляти дані з кількох сенсорів, виконувати локальний аналіз і навіть виконувати складні завдання, такі як машинне навчання на базовому рівні.
- Відкритість і підтримка програмного забезпечення: величезна кількість доступного ПЗ, включаючи операційні системи, такі як Raspberry Pi OS, а також підтримка мов програмування Python, Node.js, C++ тощо. Можливість інтеграції з IoT-платформами, такими як AWS IoT, Google Cloud IoT, Home Assistant, Node-RED.
- Широкий вибір периферії та модулів: GPIO-піни дають змогу підключати різноманітні сенсори, актуатори, камери, дисплеї та інші модулі для збирання та обробки даних.
- Низька вартість: Zero 2 W є одним із найдоступніших комп’ютерів для IoT-проектів, що дозволяє масштабувати рішення з мінімальними витратами.

2.3. Плати розширення Raspberry Pi

Плати розширення для Raspberry Pi є додатковими модулями, які підключаються до стандартних інтерфейсів Raspberry Pi, розширюючи його функціональні можливості. Вони дозволяють інтегрувати нові функції в систему, такі як комунікація, управління пристроями або обробка даних. У випадку автоматизованої системи управління електронними засувами для системи опалення, плати розширення відіграють ключову роль в забезпеченні взаємодії між компонентами.

Особливості роботи з платами розширення:

Плати розширення підключаються до GPIO (General Purpose Input/Output) або спеціальних інтерфейсів Raspberry Pi, таких як I²C, SPI, UART або USB. Ці

інтерфейси забезпечують передачу сигналів або даних між основним пристроєм і платою розширення. Наприклад:

GPIO-інтерфейс: дозволяє керувати пристроями, такими як реле або електромеханічні засуви, через цифрові сигнали.

Інтерфейси зв’язку (UART, I²C): забезпечують інтеграцію з датчиками або зовнішніми контролерами.

USB або Ethernet: використовуються для підключення до мережі або інших периферійних пристроїв.

Плати розширення знадобляться нам для вирішення таких питань:

Підключення до мережі: У нашій системі плата розширення Ethernet/USB HUB HAT for Raspberry Pi додає можливість підключення до дротової мережі Ethernet. Це забезпечує надійний зв’язок з локальною мережею або Інтернетом, що важливо для моніторингу і дистанційного управління системою.

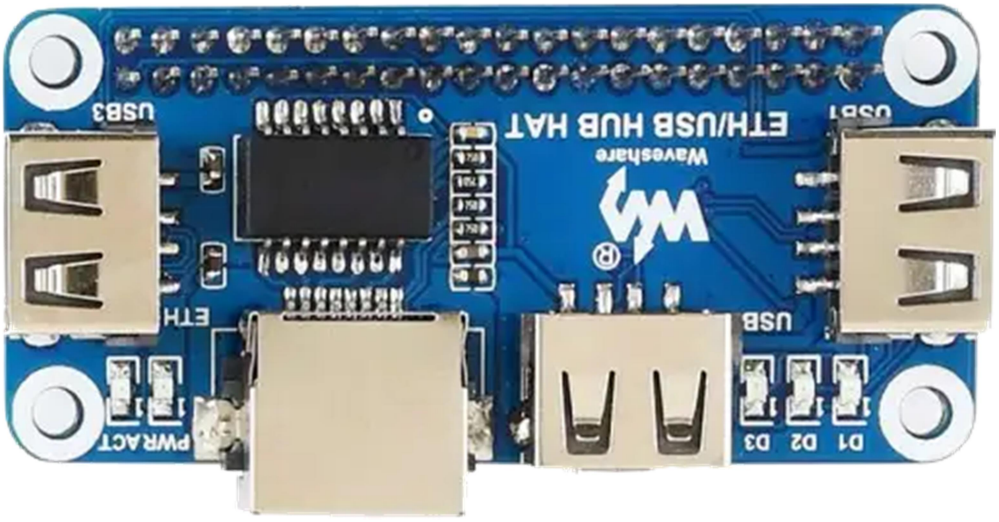


Рисунок 2.3.1 - Плата розширення Ethernet/USB HUB HAT

Безпровідна комунікація: Плата GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth дозволяє додати підтримку мобільного зв’язку та Bluetooth. Це корисно для надсилання аварійних повідомлень через SMS або для роботи в умовах, де немає доступу до стаціонарного Інтернету.



Рисунок 2.3.2 - Плата розширення GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth вид зверху

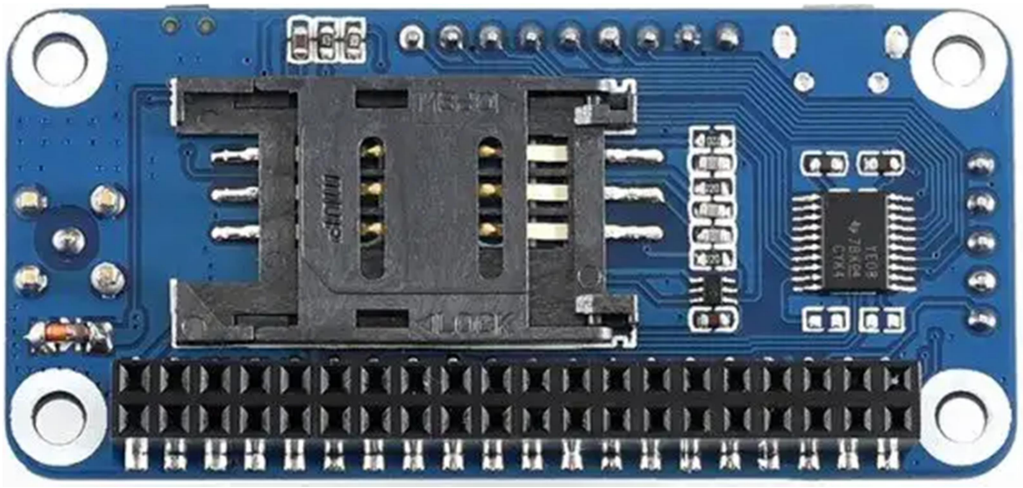


Рисунок 2.3.3 - Плата розширення GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth вид зверху

Керування реле: Шилд реле розширюють функціонал Raspberry Pi для роботи з електричними пристроями, такими як електромеханічні засуви. Вони забезпечують безпечне переключення високовольтних або високострумових ланцюгів.

Додаткові порти USB: Деякі плати розширення, наприклад, Ethernet/USB HUB HAT, забезпечують додаткові порти USB для підключення периферійних пристроїв, таких як флеш-накопичувачі, клавіатури чи додаткові модулі.

Інтеграція з датчиками: Спеціальні плати можуть спрощувати підключення датчиків тиску, температури чи інших параметрів, надаючи зручні інтерфейси та знижуючи навантаження на розробника.

Приклади використання в системі:

Мережеве обладнання: Плата Ethernet дозволяє підключити Raspberry Pi до локальної мережі, забезпечуючи стабільну передачу даних між елементами системи та сервером.

Реле для засувів: За допомогою релейного шилда система керує електромеханічним засувом через сигнали GPIO, забезпечуючи відкривання чи закривання клапанів залежно від умов у трубопроводі.

GSM-комунікація: У разі аварії система через GSM-модуль може надсилати SMS-повідомлення про проблему, забезпечуючи оперативне інформування оператора.

Таким чином, плати розширення є невід'ємною частиною автоматизованої системи управління. Вони дозволяють інтегрувати Raspberry Pi у складніші інфраструктури, забезпечуючи розширення функціоналу і адаптацію до різних сценаріїв використання.

2.4. Контроль тиску

Манометр ДМ2010СГ є ключовим елементом автоматизованої системи моніторингу тиску, що забезпечує стабільність та безпеку роботи опалювальної системи. Цей прилад дозволяє не лише точно вимірювати тиск у трубопроводі, а й сигналізувати про його відхилення від заданих меж, що є критично важливим для своєчасного реагування в аварійних ситуаціях.

Манометр ДМ2010СГ працює на основі деформаційного принципу вимірювання тиску. Внутрішній чутливий елемент (мембрана або трубка Бурдона) реагує на зміну тиску середовища, перетворюючи його у пропорційне переміщення. Це переміщення передається на механізм індикації та електричний контактор, що активує сигналізацію у разі перевищення мінімальних або максимальних значень.



Рисунок 2.4.1 – манометр ДМ2010СГ

Завдяки простій сигналізаційній системі, манометр буде простим у налаштуванні і набагато дешевшим за свої цифрові аналоги, а також буде мати менше точок відмови, оскільки функціонал сигналізації повністю механічний.

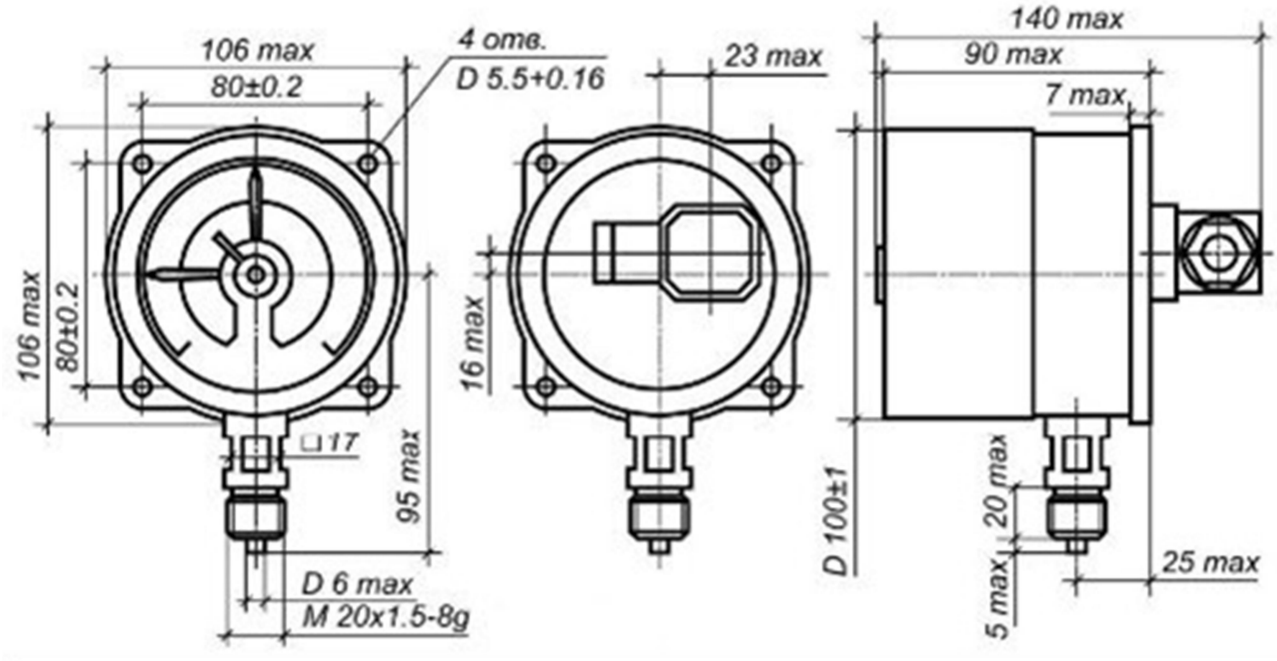


Рисунок 2.4.2 – Креслення і розмірності манометра ДМ2010СГ

Основні технічні характеристики манометра ДМ2010СГ:

- Діапазон вимірювань тиску: від 0 до 10 бар.
- Точність вимірювання: ±1,5%.
- Робоче середовище: вода, пара, гази, нейтральні рідини.
- Робоча температура: від -40°C до +70°C.
- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь, що забезпечує стійкість до корозії.
- Електричний вихідний сигнал: можливість налаштування мінімального та максимального рівнів.
- Інтерфейс підключення: різьба стандарту G 1/2".

Чому саме ДМ2010СГ?

- Продукція українського виробника: забезпечить недорогу ціну та швидку заміну у разі виходу з ладу.
- Висока точність і стабільність: Манометр забезпечує точні вимірювання, що критично для роботи системи в режимі реального часу.
- Інтеграція з автоматизованими системами: Завдяки сигналізатору, пристрій легко підключається до мікроконтролерів та працює у складі системи моніторингу.
- Надійність: Корпус із нержавіючої сталі та стійкість до екстремальних температур забезпечують довгий термін служби навіть у складних умовах.
- Універсальність: Підходить для використання у системах з водою, парою чи іншими середовищами, що значно розширює сфери застосування.

Використання манометра ДМ2010СГ у системі автоматизованого управління дозволяє мінімізувати ризики аварій, пов'язаних із проривами трубопроводів чи неконтрольованими витоками теплоносія. Завдяки своєчасному сигналізуванню, система здатна швидко реагувати на критичні ситуації, автоматично активуючи засуви для ізоляції проблемної ділянки.

2.5. Електрокерований кран-засув

Кран кульовий з електроприводом IVR DN50 (G2) є сучасним рішенням для автоматизованого управління потоком рідини у трубопроводах. Його робота базується на застосуванні кульового механізму перекриття, який приводиться в дію електроприводом. Основним елементом є сферичний затвор, що обертається всередині корпусу крана.

У разі виникнення аварійної ситуації, наприклад, прориву трубопроводу, електропривод миттєво отримує напругу та живлення через трьоточковий інтерфейс керування по лінії що приводить до вкручення засуву електродвигуном від контролюючого пристрою, наприклад, мікрокомп’ютера Raspberry Pi, який спрацьовує на основі сигналів від датчиків тиску. Це дозволяє швидко й точно змінювати положення крана для відкриття або закриття потоку теплоносія, запобігаючи витоку теплоносія. Завдяки часу спрацьовування до 15 секунд система забезпечує оперативну реакцію на критичні зміни у роботі.



Рисунок 2.5.1 - Кран з електроприводом IVR DN50 (G2) вид у сборі



Рисунок 2.5.2 - Кран з електроприводом IVR DN50 (G2) вид у розборі

Таблиця 2.5.1 – Технічні характеристики

Найменування параметра	Значення параметра
Тип механізму	Кульовий кран
Напруга живлення	220 VAC 50Гц
Тип управління	трьоточкове перемикання
Час спрацьовування	до 20 секунд
Количество регулируемых параметров	от 2 до 4
Найменування параметра	Значення параметра
Матеріали	Кульовий механізм з антикорозійним покриттям, PTFE (тефлон) для забезпечення довговічності й герметичності
Розмір	Номінальний діаметр (DN): 50 мм
Найменування параметра	Значення параметра
Енергоспоживання під час роботи	9W

Кран виготовлений із якісних матеріалів, що гарантують тривалий термін служби навіть у складних умовах експлуатації. Ущільнення PTFE забезпечує герметичність та захист від витоків.

Сумісність із автоматизованими системами

Завдяки простому інтерфейсу керування та можливості Raspberry Pi за допомогою плати розширення є можливість керувати напрямком обертання двигуна.

Час спрацьовування до 15 секунд дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації, запобігаючи пошкодженням системи опалення чи трубопроводів.

Здатність працювати при тиску до 15 атм робить кран універсальним рішенням для широкого спектра застосувань, включаючи системи опалення, водопостачання та промислові процеси.

Використання 220 VAC живлення забезпечує стабільну роботу без необхідності у додаткових джерелах постійного струму.

У поєднанні з датчиками тиску та контролерами, кран IVR DN50 (G2) створює високонадійну систему захисту трубопроводів, що мінімізує ризики аварійних ситуацій.

Таким чином, кран IVR DN50 (G2) є ідеальним вибором для автоматизованих систем управління потоками рідини, поєднуючи у собі надійність, функціональність та доступну ціну.

2.6. Телекомунікаційні прилади

Для створення об’єднаної системи з доступом до інтернету нам знадобляться наступні прилади:

Роутер є центральним вузлом у телекомунікаційній мережі автоматизованої системи управління. Його основна функція полягає в забезпеченні стабільного та безпечного з'єднання між елементами системи через локальну мережу або Інтернет. Для даної системи рекомендовано використовувати роутер з підтримкою Wi-Fi та Ethernet, що забезпечить:

- Гнучкість підключення: можливість інтеграції пристроїв через бездротове з'єднання або дротове підключення.
- Захист даних: підтримка сучасних протоколів шифрування (WPA3, SSL/TLS) для запобігання несанкціонованого доступу.

- Висока швидкість передачі даних: мінімізація затримок у критичних моментах роботи системи.

Обрана модель: MikroTik hAP ac² – рішення для професійного рівня з можливістю налаштування VLAN.



Рисунок 2.6.1 – Роутер MikroTik hAP ac²

Комутатор.

Комутатор використовується для розширення можливостей підключення дротових пристроїв у локальній мережі. Це особливо важливо для забезпечення стабільного зв’язку між Raspberry Pi Zero W, датчиками та виконавчими механізмами, які підтримують Ethernet-з'єднання.

Основні функції комутатора:

- Забезпечення комутації даних між пристроями.

- Пріоритизація трафіку (QoS) для критично важливих задач (наприклад, моніторинг тиску).
- Мінімізація затримок при обміні даними.

Рекомендації щодо вибору:

- TP-Link TL-SG105 – недорогий комутатор з 5 портами Gigabit Ethernet.
- D-Link DGS-1008A – пристрій із підтримкою енергозбереження та 8 портами.

3. Антени для Raspberry Pi

Оскільки основним засобом зв’язку між пристроями є SMS обмін – нам знадобиться виносна антенна GSM для плати розширення GSM/GPRS/GNSS/Bluetooth, для того щоб забезпечити стабільний зв’язок навіть у підвальному приміщенні.

Обрана модель: Кругова антенна АШ-5 GSM 900/1800– компактна антена для покращення сигналу в GSM діапазоні.



Рисунок 2.6.2 – Комутаційний кабель SYWV-50-5 N-male/N-male



Рисунок 2.6.3 - Кругова антенна АШ-5 GSM 900/1800

2.7. Електроживлення системи

Для забезпечення надійності функціонування системи управління електронними засувами навіть за умов відключення електроенергії, необхідно впровадити відмовостійке джерело живлення. Його завданням є безперебійне забезпечення електроенергією всіх компонентів системи, включаючи Raspberry Pi, електромеханічні засуви, датчики тиску та мережеве обладнання.

Основні вимоги до відмовостійкого джерела живлення:

- Надійність: забезпечення стабільної роботи системи навіть за раптового відключення електропостачання.
- Автономність: здатність підтримувати функціонування системи протягом щонайменше 4-8 годин (або іншого визначеного періоду залежно від критичності процесів).
- Сумісність: відповідність напругам і струмам, необхідним для всіх компонентів.
- Моніторинг стану живлення: інтеграція з контролером для оповіщення про стан батареї та резервного джерела.
- Простота обслуговування: легкість заміни батарей і технічного обслуговування.

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ):

Було вирішено використовувати ДБЖ для високовольтних систем, який міг би забезпечити безперебійну роботу при відключенні світла на протязі більше ніж 4 днів: Джерело безперебійного живлення Kstar UA80

Таблиця 2.7.1 – Технічні характеристики

Найменування параметра	Значення параметра
Тип	Лінійно-інтерактивний (Line-Interactive)
Вхідна напруга	220 В
Вихідна напруга	220 В
Час перемикання	<10 мс
Ємність батареї	9Аг
Захист пристроїв	Вбудований AVR (Automatic Voltage Regulation) для стабілізації напруги



Рисунок 2.7.1 - ДБЖ Kstar UA80

У нормальних умовах система працює від основної електромережі. Акумулятор заряджається через контролер заряду.

У разі зникнення основного живлення ДБЖ миттєво перемикається на акумулятор, забезпечуючи стабільне живлення системи.

Контролер заряду постійно слідкує за станом батареї та у разі зниження заряду до критичного рівня система може переходити у режим зниженої функціональності для економії енергії.

У разі відновлення основного живлення ДБЖ автоматично перемикає живлення назад на мережу, і батарея починає заряджатися.

2.8. Аналіз енергоефективності системи

Для аналізу енергоефективності установки з’ясуємо споживання енергії кожним із пристроїв, що входять до її складу. Установку складають:

Raspberry Pi Zero 2W (працює постійно);

двигун (працює 10 хвилин на місяць);

роутер MikroTik hAP ac² (працює постійно).

1. Розрахунок енергоспоживання Raspberry Pi Zero 2W

Споживана потужність Raspberry Pi Zero 2W з усіма платами розширення становить 2 Вт. Оскільки пристрій працює постійно, тобто 24 години на добу протягом 30 днів (720 годин на місяць), енергоспоживання розраховується так:

Таким чином, Raspberry Pi Zero 2W споживає 1,44 кВт·год електроенергії на місяць.

2. Розрахунок енергоспоживання двигуна.

Споживана потужність двигуна становить 9 Вт. Двигун працює у стандартному режимі очікування несправності або при корекції напору теплоносія управляючим будинком максимум 10 хвилин на місяць, тобто години, енергоспоживання двигуна розраховується так:

Таким чином, двигун споживає приблизно 1,5 Вт·год електроенергії на місяць.

3. Розрахунок енергоспоживання роутера MikroTik hAP ac²

Споживана потужність роутера MikroTik hAP ac² становить 1 Вт. Як і Raspberry Pi Zero 2W, роутер працює постійно, тобто 720 годин на місяць.

Таким чином, роутер MikroTik hAP ac² споживає 0,72 кВт·год електроенергії на місяць.

4. Загальне енергоспоживання установки

Підсумуємо енергоспоживання всіх пристроїв:

Отже, установка споживає близько 2,16 кВт·год електроенергії на місяць.

5. Висновки щодо енергоефективності.

Найбільшим споживачем енергії в установці є Raspberry Pi Zero 2W, який використовує понад 60% загальної електроенергії. Двигун має найменший вплив на енергоспоживання завдяки короткому часу роботи. Оскільки таке енергоспоживання є невеликим – воно повністю підходить для задачі створення автономної системи, що буде працювати навіть за тривалих відключень електроенергії.

2.9. Компоновка системи

Для того аби підібрані вузли системи почали працювати – їх потрібно скомпонувати як показано на рисунку 2.9.1.

На схемі представлено наступне підключення компонентів:

- релейний модуль підключений до GPIO Raspberry Pi для управління живленням електродвигуна крана -2 шт.;
- GSM/Bluetooth HAT та USB HUB HAT модулі підключені до GPIO Raspberry Pi для забезпечення зв'язку – 2 шт.;
- манометр замикає коло при виході тиску за межі і GPIO HIGH сигнал йде на GPIO 25 при зниженні тиску і на GPIO 7 при перевищенні – 2шт.;
- електропривід клапана контролюється за допомогою релейного модуля (використовуються контакти NO - нормально розімкнені) – 2шт;
- живлення всіх компонентів забезпечується через ДБЖ KSTAR UA80 – 2шт.;

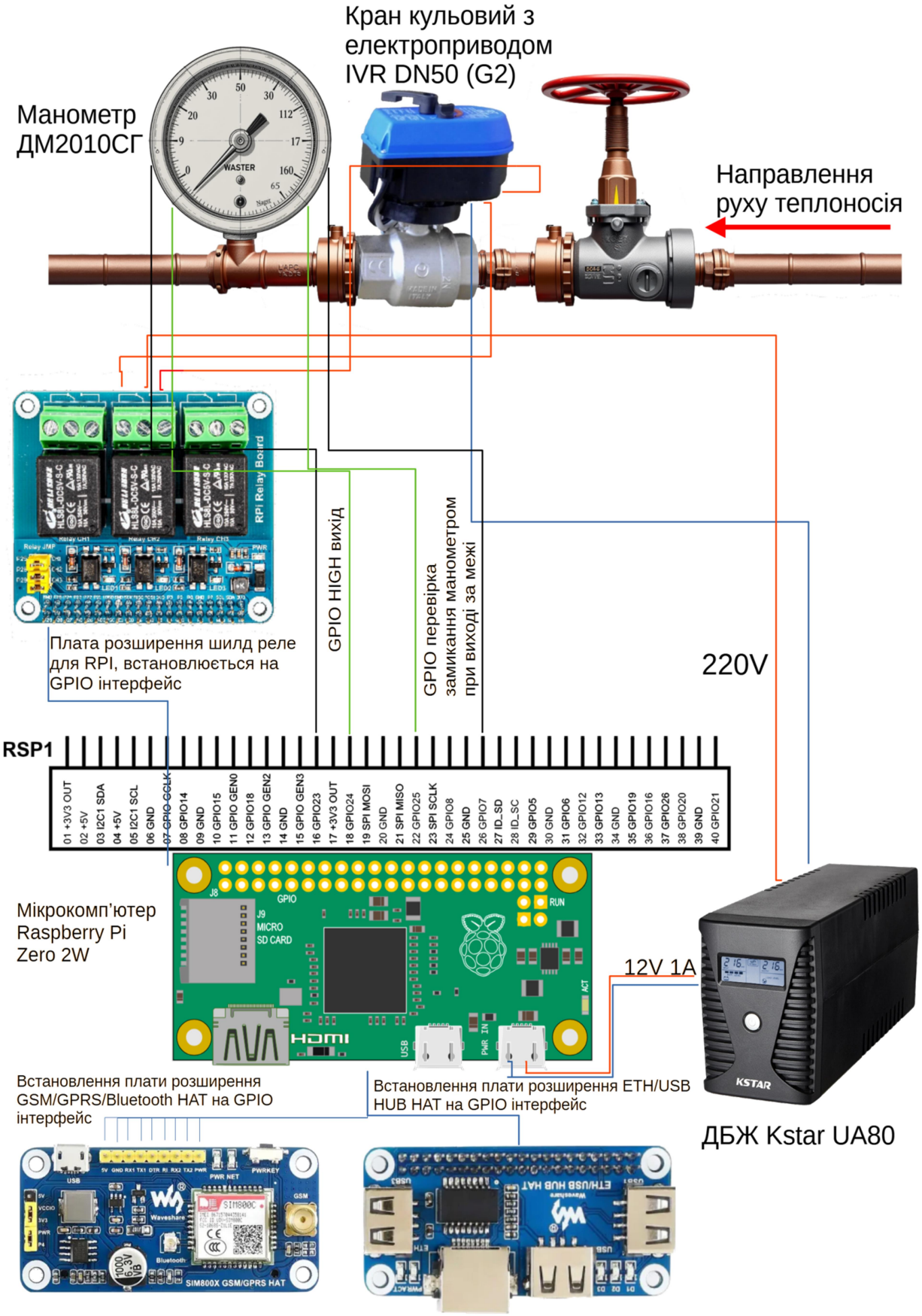


Рисунок 2.9.1 – Схема компонування компонентів системи.

- MikroTik hAP ac² - 1шт.
- Мікрокомп’ютер Raspberry Pi Zero 2W – 2шт.

2.10. Програмне забезпечення

Для створення інтегрованої системи керування всіма частинами однієї системи домового опалення нам потребується створення програмного забезпечення, яке би могло одночасно керувати і зчитувати інформацію з GPIO портів з пристроями та бути інтегрованою у самоорганізовану систему з таких самих мікрокомпьютерів по мережі інтернет, локальній мережі або через SMS сигналізацію. Для цього було розроблене програмне забезпечення на мові програмування Pyhon, яка має всі необхідні бібліотеки для роботи з прострояими через інтерфейс GPIO і є кроссплатформенним ПЗ .

Переслідуючи ціль розробити ПЗ під задачі проекту, було сформоване наступне розуміння роботи ПЗ: програма, яка буде спираючись на сигнал від датчика тиску про надмірне підвищення або надмірне зниження тиску щодо заданих обмежень датчика, далі на підставі цієї інформації програма перекриває засувку і передає інформацію про подію на головний вузол. Інформацію можна надсилати декількома каналами (було вибрано канал SMS) — ip, в локальній мережі, доменом у зовнішній мережі, SMS на номер, єдиний для всіх вузлів. Головний вузол вибирається налаштуванням пристрою, і є такою ж програмою як і інші. Головний вузол може керувати всіма іншими вузлами, їх засувками, опитувати стан підлеглих вузлів. Також він може керуватися ззовні через телеграм бот. Код програмного забезпечення наведений у додатку А, а нижче представлена схема роботи програми.

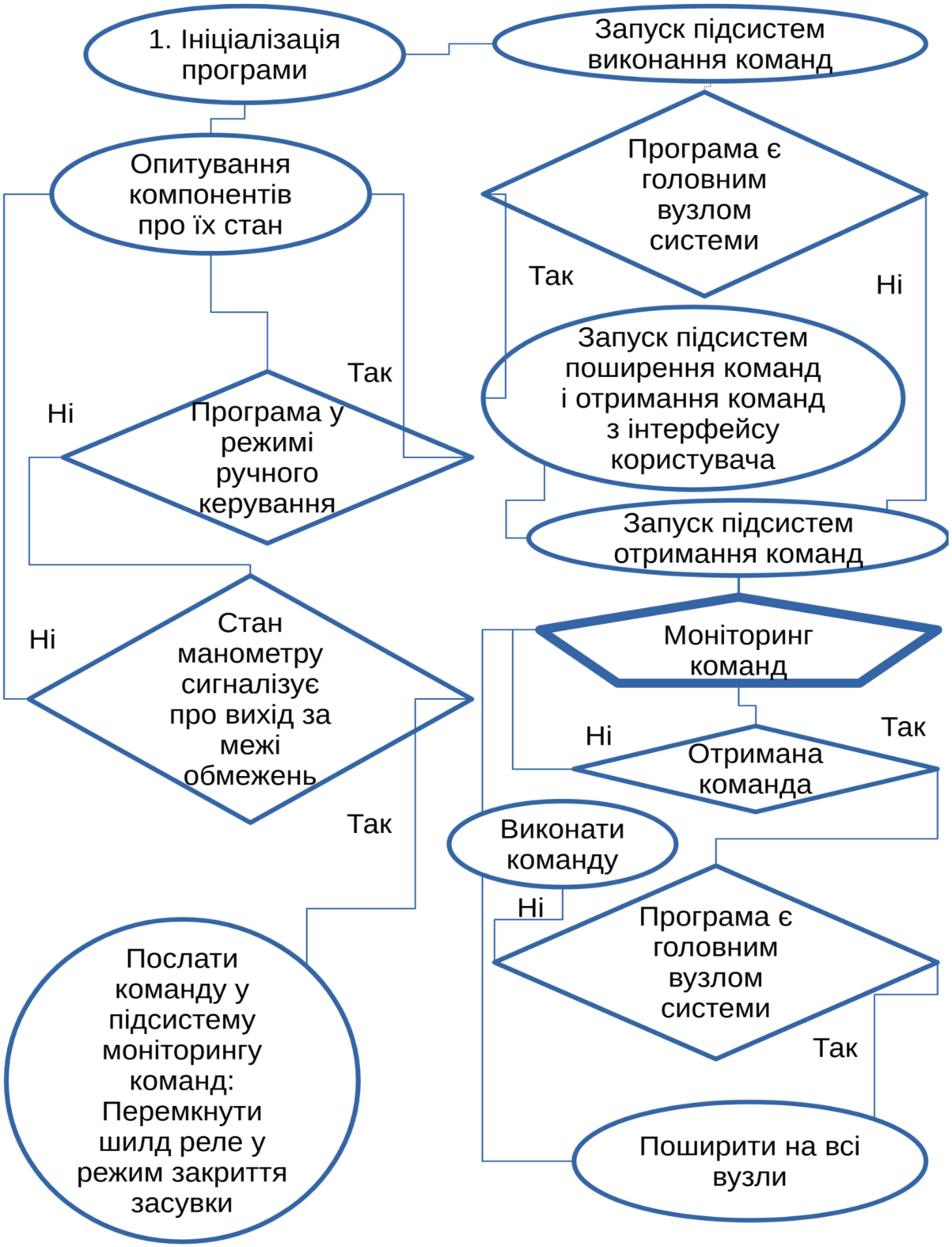


Рисунок 2.10.1 – блок-схема роботи програмного коду автоматизованої системи керування опаленням.

Програмний код забезпечує безперебійну роботу всіх систем для швидкої реакції на події.

ВИСНОВКИ

Хоча в Україні створено дієві програми для підвищення енергоефективності, їх реалізація наразі стикається з серйозними викликами. У нинішніх умовах важливо адаптувати підходи до модернізації житлового фонду, роблячи акцент на доступних та локальних рішеннях. Інвестиції в енергоефективність, навіть у складний час, сприятимуть зменшенню втрат тепла, підвищенню комфорту мешканців та економії ресурсів у довгостроковій перспективі.

У ході аналізу зібраних даних підтверджено, що проблема втрат теплоносія в мережах опалення є надзвичайно важливою для підвищення енергоефективності та зниження витрат на теплопостачання в Україні. Особливо в умовах війни, коли багато традиційних напрямків модернізації стали неактуальними через високі витрати, необхідність у точкових, економічно доступних рішеннях набуває особливої ваги.

Основною метою роботи було розробити автоматизовану систему, яка дозволяє зменшити втрати теплоносія в мережах опалення. В ході дослідження було розроблено структуру автоматизованої системи, яка включає використання сучасних сенсорів, контрольно-вимірювального обладнання та програмних засобів для моніторингу стану теплових мереж в реальному часі. Запропонована система дозволяє значно знизити витрати на обслуговування мереж та забезпечити своєчасне виявлення витоків.

У роботі було використано комплексний підхід, який включає аналіз існуючих методів моніторингу теплових мереж, дослідження для розробка технічної системи для одного з методів конролю теплової мережі.

Змодельована багатоквартирна будівля з розмірами 10м х 60м х 15м, нормою проходу через систему опалення теплоносія при тиску 5.6 атм. у подаючій трубі, з діаметром 50 мм проходом теплоносія 8,95 м3/год.

Для запуску системи опалення після втрати теплоносія із мережі в середньому потрібно як мінімум 2 людини на 1 повний робочий день. З

можливістю віддаленого керування засувами – можна скоротити кількість людей для першого запуску системи до однієї і надалі не втрачати теплоносій навіть при аварійних ситуаціях. При прориві труби зсередини системи тиск на виході знизиться до атмосферних позначок, що призведе до замикання системи і відсутності постійного витоку через прорив значного обсягу теплоносія.

Розроблені теоретичні та практичні основи автоматизованої системи для запобігання втрат теплоносія стали основою для подальших досліджень у сфері енергоефективності та автоматизації теплопостачальних систем. Запропоновані методи та підходи до автоматизації можуть бути використані для створення більш ефективних, дешевих та доступних рішень для українських міських та сільських мереж опалення.

Зведені порівняльні дані між ІТП та запропонованою інтегрованою автоматизованою системою керування і моніторингу системи централізованого опалення на блоку безперебійного живлення представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Співвідношення: витрати-можливості

№	Найменування витрат	Одиниця виміру	Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) з інвертором та акумуляторними батареями	Інтегрована автоматизована система керування і моніторингу системи централізованого опалення на блоку безперебійного живлення
1	2	3	4	5
1	Витрати на придбання, монтаж та налаштування	грн.	1 300 000,00	67 000,00
2	Витрати на придбання та монтаж з урахуванням компенсації по програмам	грн.	650 000,00	67 000,00
3	Необхідність кредитування		є	немає
4	Вартість щорічного технічного обслуговування	грн.	15 000,00	у рамках договору на ТО мереж

1	2	3	4	5
5	Економія на вартості по перезапуску системи опалення після аварії на централізованій мережі (розрахунково 7 аварій за опалювальний період)	грн.	є	є
6	Витрати на мобільний зв'язок та інтернет	грн/міс.	70,00	70,00
7	Щомісячні витрати на електроенергію	грн/міс.	1 700,00	9,33
8	Заощадження на оплаті за послуги централізованого опалення	грн.	є	немає

Результати роботи можуть бути впроваджені у практику для оптимізації роботи теплових мереж. Автоматизація контролю за станом мереж, своєчасне виявлення проблем і автоматичне перекриття витоків значно зменшить втрати теплоносія і дозволить значно зекономити на обслуговуванні тепломереж. Це особливо актуально для багатоквартирних будинків, де централізоване теплопостачання є основним джерелом тепла.

Оскільки запропонована система має значний потенціал для вдосконалення, рекомендується продовжити розробку щодо інтеграції з існуючими інформаційними системами обліку та моніторингу в реальному часі, а також проводити експериментальні випробування в умовах реальних мереж теплопостачання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичний баланс України. Архів. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm

2. «Енергодім» — комфорт та економія у ваш дім! URL:https://eefund.org.ua/energodim/

3. Чому більшість будівель в Україні – неенергоефективні і скільки це коштує для українцям? URL:https://galinfo.com.ua/articles/chomu_bilshist_budivel_v_ukraini__neenergoefektyvni_i_skilky_tse_koshtuie_dlya_ukraintsyam_360765.html (дата звернення 05.10.2023р.)

4. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. — Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України від 14.02.2007 № 71. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 5 березня 2007 р. за № 197/13464. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text.

5. Що буде з опаленням в Україні URL: https://finance.ua/ua/goodtoknow/shczo-bude-z-opalenniam-v-Ukraini (дата звернення 05.10.2023р.)

6. ДБН В.1.2-11:2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. — 24 с.

7. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2005. — 35 с.

8. ДБН В.2.5-22-2002. Зовнішні мережі гарячого водопостачання та водяного опалення. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2002. — 40 с.

9. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. — 58 с.

10.ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008. Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами. — Київ: Держспоживстандарт України, 2008. — 48 с.

11. ДСТУ Б EN 12831:2008. Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження (DIN EN 12831 Bb 1:2008, IDT). — Київ: Держспоживстандарт України, 2008. — 60 с.

12. Проект: Наукова книга. Перший стан та шляхи розвитку систем централізованого теплопостачання в Україні. — Київ: Наукова думка, 2021. — 264 с.

13. Клімов Р.О. Конспект лекцій з дисципліни "Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря". — Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, 2016. — 102 с.

14. Лук'яник М., Литвин В. Еко клуб. Центральне опалення в громадах: посібник для операторів. — Рівне, 2023. — 43 с. (електронне видання).

15. Фонд енергоефективності. Звіт про діяльність державної установи Фонд енергоефективності за 2022 рік. — Київ, 2022. — 32 с. 12 листопада 2021 р. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://eefund.org.ua/wp-content/uploads/2023/07/zvit-diyalnosti-dyrekcziyi-derzhavnoyi-ustanovy-fond-energoefektyvnosti-za-2022-rik.pdf. — Дата звернення: 12.11.2023.

16. Повітряні пробки та як вони утворюються в системі опалення. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://alterair.ua/stati/kak-vygnat-vozduh-iz-sistemy-otopleniya/. — Дата звернення: 10.11.2024.

17. Денисюк С. П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні ви-клики та європейські орієнтири / С. П. Денисюк // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013 – № 2. – С. 7–23.

18. Деякі питання використання коштів у сфері енергоефективності та енергозбереження : пос-танова Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2011 року № 1056 //http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1056-2011-п.

19. Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / С.Ф. Єрмілов, В.М. Геєць, Ю.П Ященко, В.В. Григоровський, В.Е. Лір та ін. – К.: НАЕР, 2009. – 93 с.

20. Кулик Л. А. Ефективний енергоменеджмент: теоретичні основи фінансової діяльності енер-госервісних компаній / Л. А. Кулик, І. М. Сотник // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2015.

21. Микитенко В.В. Енергоефективність промислового виробництва / В.В. Микитенко. – К.:Об’єднаний інститут економіки НАН України, 2004. – 282 с.

22. Офіційний сайт Всесвітньої енергетичної ради. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://www.worldenergy.org/data/trilemma-index/.

23. Офіційний сайт Міжнародного енергетичного агентства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.iea.org/.

24. Про електроенергетику : закон України від 16.10.1997 № 575/97-ВР (в ост. ред. від16.07.2015) // http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр.

25. Про енергозбереження : закон України від 01.07.1994 № 74/94-ВР (в ост. ред. від 09.05.2015)// http://zakon4.rada.gov.ua/laws.

26. Про затвердження Положення про Державне агентство з енергоефективності та енергозбе-реження України : постанова Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2014 р. № 676 //http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/676-2014-п.

27. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 2014 р. № 902-р //http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#n10.

28. Стогній Б.С. Інтелектуалізація енергетики. Пріоритетний напрям розвитку енергетичногосектора України / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Энергосбережение. – 2012. – № 10(156). – С. 27–29.

Додаток А. Код програмного забезпечення для роботи автоматизованої системи керування засувами.

Нижче наведений код, який може стати основою для повноцінної системи керування засувами:

```
##################################################

import RPi.GPIO as GPIO
from telegram import Bot, Update
from telegram.ext import Updater, CommandHandler, CallbackContext
import time
import threading
import requests
from gpiozero import DigitalInputDevice, DigitalOutputDevice
from smtplib import SMTP
from twilio.rest import Client
from sim800l import SIM800L
from rover_connect import SmsTz
from rover_connect import RoverConnect
from rover_connect import Telemetry
# Конфігурація
MIN_PRESSURE_PIN = 17  # GPIO-пін для мінімального тиску
MAX_PRESSURE_PIN = 27  # GPIO-пін для максимального тиску
VALVE_CONTROL_PINS = {"open": 22, "close": 23, "stop": 24}  # GPIO для управління засувкою
SMS_API_SID = "your_twilio_sid"
SMS_API_AUTH_TOKEN = "your_twilio_auth_token"
SMS_PHONE_NUMBER = "+1234567890"  # Номер для SMS
MAIN_NODE_IP = "192.168.1.100"  # IP головного вузла
HTTP_API_ENDPOINT = "http://example.com/api"
TELEGRAM_BOT_TOKEN = "your_telegram_bot_token"
TELEGRAM_CHAT_ID = "your_chat_id"
```

```
CENTRAL_NODE = False
#region Sensor
class Sensor:
    def __init__(self, sensor_id: str, type: str, gpio_pin: int):
        self.sensor_id = sensor_id
        self.gpio_pin = gpio_pin
        self.is_available = True
        GPIO.setmode(GPIO.BCM)
        GPIO.setup(self.gpio_pin, GPIO.IN)
    def read_value(self):
        try:
            value = GPIO.input(self.gpio_pin)
            return value
        except Exception as e:
            self.is_available = False
            raise RuntimeError(f"Помилка читання з датчика {self.sensor_id}:
{e}")
    def cleanup(self):
        GPIO.cleanup(self.gpio_pin)
class PressureSensor(Sensor):
    def __init__(self, sensor_id: str, gpio_pin: int, is_external: bool):
        super().__init__(sensor_id, "pressure", gpio_pin)
        self.is_external = is_external
    def read_pressure(self):
        try:
            raw_value = self.read_value()
            pressure = self.convert_to_pressure(raw_value)
            return pressure
        except RuntimeError as e:
```

```
                raise RuntimeError(f"Помилка читання тиску з датчика
{self.sensor_id}: {e}")
        @staticmethod
        def convert_to_pressure(raw_value: int) -> float:
            return raw_value * 0.1
    class TemperatureSensor(Sensor):
        def __init__(self, sensor_id: str, location: str):
            super().__init__(sensor_id, location)
    class Valve:
        def __init__(self, valve_id: str, gpio_pin: int):
            self.valve_id = valve_id
            self.gpio_pin = gpio_pin
            self.is_extended = False
            self.is_available = True
            GPIO.setmode(GPIO.BCM)
            GPIO.setup(self.gpio_pin, GPIO.OUT)
        def set_position(self, extended: bool):
            try:
                GPIO.output(self.gpio_pin, GPIO.HIGH if extended else GPIO.LOW)
                self.is_extended = extended
            except Exception as e:
                self.is_available = False
                raise RuntimeError(f"Помилка керування засувкою {self.valve_id}:
{e}")
        def cleanup(self):
            GPIO.cleanup(self.gpio_pin)
    #endregion
    #region central node
    class CentralNode(Node):
        def __init__(self, node_id: str, password: str):
```

```
            super().__init__(node_id, password)
            self.is_primary = True
        def poll_nodes(self):
            print(f"Центральний вузол {self.node_id} опитує підключені вузли.")
            for node_id in self.connected_nodes:
                print(f"Запит стану від вузла {node_id}...")
        def execute_user_command(self, command: str, target_node_id: str = None):
            if target_node_id:
                print(f"Передача команди '{command}' вузлу {target_node_id}.")
            else:
                print(f"Виконання команди '{command}' центральному вузлі.")
    class SMSNotifier:
        def __init__(self):
            self.phone_number = SMS_PHONE_NUMBER
        def send_message(self, message: str):
            rover = RoverConnect('/dev/ttyS0', 'internet.kyivstar.ua')
            rover.send_sms(self.phone_number, message)
        def read_messages(self):
            rover = RoverConnect('/dev/ttyS0', 'internet.kyivstar.ua')
            return rover.get_sms()
            pass
    class TelegramNotifier:
        def __init__(self, bot_token: str):
            self.bot_token = bot_token
            self.bot = Bot(token=bot_token)
            self.updater = Updater(token=bot_token, use_context=True)
            self.dispatcher = self.updater.dispatcher
            self.dispatcher.add_handler(CommandHandler("status",
self.handle_status_command))
```

```
            self.dispatcher.add_handler(CommandHandler("valve",
self.handle_valve_command))
        def start(self):
            self.updater.start_polling()
        def stop(self):
            self.updater.stop()
        def send_message(self, chat_id: str, message: str):
            self.bot.send_message(chat_id=chat_id, text=message)
        def handle_status_command(self, update: Update, context:
CallbackContext):
            chat_id = update.effective_chat.id
            context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text="Система працює.
Перевірка доступності елементів...")
        def handle_valve_command(self, update: Update, context:
CallbackContext):
            chat_id = update.effective_chat.id
            if len(context.args) < 2:
                context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text="Використання:
/valve <id> <open/close>")
                return
            valve_id = context.args[0]
            action = context.args[1].lower()
            monitoring_system = context.bot_data.get("monitoring_system")
            if monitoring_system:
                valve = next((v for v in monitoring_system.valves if v.valve_id ==
valve_id), None)
                if valve:
                    if action == "open":
                        valve.set_position(True)
```

```
                    context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text=f"Засувка
{valve_id} відкрита.")
                elif action == "close":
                    valve.set_position(False)
                    context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text=f"Засувка
{valve_id} закрита.")
                else:
                    context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text="Невідома дія.
Використовуйте open або close.")
            else:
                context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text=f"Засувка з ID
{valve_id} не знайдена.")
        else:
            context.bot.send_message(chat_id=chat_id, text="Система
моніторингу недоступна .")
    #endregion
    #region Node
    class MonitoringSystem:
        def __init__(self, telegram_notifier: TelegramNotifier, sms_notifier:
SMSNotifier):
            self.sensors = []
            self.valves = []
            self.telegram_notifier = telegram_notifier
            self.telegram_notifier.dispatcher.bot_data["monitoring_system"] = self
        def check_availability(self):
            unavailable_elements = []
            for sensor in self.sensors:
                try:
                    sensor.read_value()
                except RuntimeError:
```

```
                    sensor.is_available = False
                    unavailable_elements.append(sensor.sensor_id)
            for valve in self.valves:
                if not valve.is_available:
                    unavailable_elements.append(valve.valve_id)
            if unavailable_elements:
                message = f"Недоступні елементи: {', '.join(unavailable_elements)}"

self.telegram_notifier.send_message(chat_id=self.telegram_notifier.bot_token,
message=message)
        def log_error(self, error_message: str):

self.telegram_notifier.send_message(chat_id=self.telegram_notifier.bot_token,
message=f"Помилка: {error_message}")
    class ResponseSystem:
        def __init__(self):
            self.reactions = []
        def add_reaction(self, event: str, action: callable):
            self.reactions.append((event, action))
        def trigger_reaction(self, event: str, data: dict):
            for reaction_event, action in self.reactions:
                if reaction_event == event:
                    action(data)
    class Node:
        def __init__(self, node_id: str, password: str):
            self.node_id = node_id
            self.password = password
            self.is_primary = False
            self.connected_nodes = []
            self.state = {"sensors": {}, "valves": {}, "errors": []}
```

```
    def establish_connection(self, other_node_id: str):
        if other_node_id not in self.connected_nodes:
            self.connected_nodes.append(other_node_id)
            print(f"З'єднання з вузлом {other_node_id} встановлено.")
    def broadcast_state(self):
        print(f"Стан вузла {self.node_id}: {self.state} відправлено.")
    def command_execution(self, command: str):
        print(f"Вузол {self.node_id} виконує команду: {command}")
    def update_state(self, component: str, state: dict):
        if component in self.state:
            self.state[component].update(state)
            print(f"Стан {component} на вузлі {self.node_id} оновлено: {state}")
class IntegratedSystem:
    def __init__(self, central_node: CentralNode):
        self.central_node = central_node
        self.response_system = ResponseSystem()
    def add_reaction(self, event: str, action: callable):
        self.response_system.add_reaction(event, action)
    def monitor_and_respond(self):
        self.central_node.poll_nodes()
        sample_event = "node_loss"
        sample_data = {"node_id": "node_2"}
        self.response_system.trigger_reaction(sample_event, sample_data)
    def execute_user_command(self, command: str, target_node_id: str = None):
        self.central_node.execute_user_command(command, target_node_id)
    def connect_node(self, node: Node):
        self.central_node.establish_connection(node.node_id)
#endregion
if __name__ == "__main__":
    thisnode = ""
```

```
if(CENTRAL_NODE):
    thisnode = CentralNode(node_id="central_1", password="securepass")
    def handle_node_loss(data):
        print(f"Реакція: втрачено контроль над вузлом {data['node_id']}.")

    system = IntegratedSystem(thisnode)
    system.add_reaction("node_loss", handle_node_loss)
    while True:
        time.sleep(10)
        system.monitor_and_respond()
else:
    thisnode = Node(node_id="node", password="securepass")
############################################################
```