

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

КРАМАРЕНКО

Андрій Ігорович

група ТЕП – 23М

УДК 622.273:622.063.88

**ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність 144-м – Теплоенергетика

Кваліфікаційна магістерська робота

Керівник

к.т.н., доцент А.М. Ялова

Кривий Ріг – 2024р.

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електротехнічний
Кафедра теплоенергетики
Спеціальність 144 Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри теплоенергетики

Замицький О.В.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Крамаренко Андрій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ
ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ ПІДПРИЄМСТВ**

Затверджена наказом по університету від «_05_»_07___2024 р. №604с

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 01_грудня_2024 р. _____

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ
ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

РОЗДІЛ 3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СУЧАСНИХ
МЕТОДІВ ОБЛІКУ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ ПІДПРИЄМСТВ

ВИСНОВКИ

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

1.

5. Дата видачі завдання_ 08 серпня 2024 р.

Керівник _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання атестаційної роботи магістра

№№ пп	Назва етапів атестаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	08 серпня	виконано
2	Аналіз сучасних методі обліку теплової енергії	09 серпня – 20 вересня	виконано
3	Порівняльні дослідження сучасних методів обліку теплової енергії систем промислового теплопостачання	21 вересня – 20 жовтня	виконано
4	Закономірності процесу підвищення ефективності застосування приладів обліку теплової енергії	21 жовтня – 15 листопада	виконано
5	Розробка рекомендацій по впровадженню сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств	16 листопада – 25 листопада	Виконано
6	Висновки	26 листопада	виконано
7	Список використаних джерел	30 листопада	виконано
8	Представлення роботи на антиплагіат	1-6 грудня	виконано

Студент _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

Допущено до перевірки на академічну доброчесність.

Керівник _____
(підпис)

Завідувач кафедри _____
(підпис)

Анотація

Дослідження сучасних методів обліку теплової енергії може забезпечити достатнє постачання прісної води людям, які проживають у віддалених регіонах з дефіцитом води.

В магістерській дисертації було висвітлено економічні та екологічні аспекти впровадження сучасних систем обліку теплової енергії. Обґрунтовано значення точного обліку для зниження енергоспоживання, оптимізації витрат підприємств і скорочення викидів CO₂.

Запропоновано практичні рекомендації щодо вибору найбільш ефективних типів лічильників залежно від потреб підприємства та умов експлуатації.

Описані закономірності сучасних методів оснащення приладами обліку теплової енергії систем промислового тепlopостачання.

Було проведено дослідження сучасних методів обліку теплової енергії при тепlopостачанні підприємств, з детальним аналізом різних типів теплових лічильників та їх особливостями роботи при повній експлуатації.

Розроблено графік якості і надійності роботи кожного типу теплового лічильника.

Проаналізована важливість використання приладів обліку теплової енергії, для забезпечення економічного та екологічного розвитку України.

Ключові слова: теплові лічильники, теплоенергетика, точність вимірювань, енергозбереження.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	11
1.1.Класифікація приладів обліку теплової енергії за принципом дії	11
1.2.Аналіз імпортованих приладів обліку теплової енергії на підприємствах	
1.3.Сучасні методи встановлення приладів обліку теплової енергії	33
1.4.Висновки за розділом 1	36
РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	38
2.1.Дослідження основних факторів, що впливають на ефективність приладів обліку теплової енергії	38
2.2.Схеми підключення приладів обліку теплової енергії	40
2.3.Порівняльне дослідження типу і якості теплоносія в контексті приладів обліку теплової енергії	47
2.4.Висновки за розділом 2	50
РОЗДІЛ 3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	51
3.1.Вплив температури теплоносія на ефективність приладів обліку теплової енергії	51
3.2.Закономірності інтеграції приладів обліку теплової енергії з іншими системами	60
3.3.Висновки за розділом 3	66
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ ПІДПРИЄМСТВ	68
4.1.Вдосконалення рекомендацій по впровадженню сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств	68

4.2.Застосування рекомендацій по впровадженню сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств	73
4.3.Висновки за розділом 4	77
ВИСНОВКИ	79
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83

ВСТУП

Актуальність теми.

Тема методів обліку теплової енергії є вкрай актуальною для України, оскільки вона безпосередньо пов'язана з ефективним використанням енергетичних ресурсів, які мають ключове значення для економіки країни. В умовах постійного зростання вартості енергоресурсів, необхідності зменшення залежності від імпорту енергії та прагнення досягти енергетичної незалежності, важливість впровадження сучасних методів обліку тепла є очевидною.

Ці методи дозволяють точно контролювати споживання енергії, сприяють зниженню втрат тепла та забезпечують прозорий облік, що є основою для справедливого тарифоутворення. У сучасному контексті децентралізації систем теплопостачання і модернізації інфраструктури ця тема набуває ще більшої важливості, адже дозволяє впроваджувати інноваційні підходи для оптимізації витрат теплової енергії в комунальній та промисловій сферах.

Таким чином, дослідження методів обліку теплової енергії є критично важливим для економічного, екологічного та соціального розвитку України.

Тема обліку теплової енергії в Україні є надзвичайно актуальною з огляду на кілька ключових аспектів: 1. Енергоефективність та зменшення залежності від імпорту енергоносіїв Україна має одну з найвищих енергоемностей економіки серед країн Європи. 2. Реформа житлово-комунального господарства Україна активно реформує сферу ЖКГ. 3. Інтеграція до ЄС та відповідність європейським стандартам Україна, прагнучи інтегруватися до Європейського Союзу, прийняла зобов'язання підвищувати енергоефективність. Таким чином встановлення закономірностей процесів, які протікають в приладах обліку теплової енергії при теплопостачанні промислових підприємств за рахунок утилізації теплових вторинних енергоресурсів є **актуальним науковим завданням.**

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи магістра є підвищення ефективності приладів обліку теплової енергії при теплопостачанні

підприємств. Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувались наступні задачі:

1. Провести аналіз сучасних методів обліку теплової енергії.
2. Провести порівняльні дослідження сучасних методів оснащення приладами обліку теплової енергії систем промислового тепlopостачання.
3. Описати закономірності сучасних методів оснащення приладами обліку теплової енергії систем промислового тепlopостачання.
4. Розробити рекомендації по впровадженню сучасних приладів обліку теплової енергії на підприємства.

Об'єкт дослідження. Процеси що протікають при для обліку споживання теплової енергії при тепlopостачанні підприємств.

Предмет дослідження. Параметри теплообмінних та гідродинамічних процесів під час обліку теплової енергії при тепlopостачанні підприємств.

Методи дослідження. Узагальнення відомих наукових і технічних результатів, теоретичні та аналітичні методи дослідження приладів обліку теплової енергії при тепlopостачанні підприємств.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в закономірності процесів, які протікають в приладах обліку теплової енергії для систем тепlopостачання промислових підприємств.

Наукове значення роботи. Отримали подальший розвиток закономірності процесу підвищення ефективності приладів обліку теплової енергії при тепlopостачанні підприємств.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено рекомендації до впровадження методу обліку теплової енергії при тепlopостачанні підприємств.

Структура роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, графіків, схем і списку використаних джерел із 47 найменувань. Загальний обсяг дипломної роботи становить 79 сторінок, 7 рисунків, 6 схем та 3 графіки.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Типи приладів обліку теплової енергії

Прилади обліку теплової енергії різняться за принципом дії, точністю вимірювань, умовами експлуатації та призначенням. Вибір конкретного типу лічильника залежить від багатьох факторів, таких як: вимоги до точності, тип системи тепlopостачання, вартість приладу, умови теплоносія та можливості обслуговування. Розглянемо найпоширеніші типи приладів, доступні на ринку [1].

1. Механічні (тахометричні) теплोलічильники

Механічні теплोलічильники є одним із найпоширеніших типів приладів для обліку теплової енергії завдяки їх простоті, низькій вартості та відносно легкій експлуатації. Вони використовуються як у побутових системах опалення, так і на підприємствах, хоча їх точність і надійність можуть поступатися сучаснішим типам лічильників[12]. Розглянемо детальніше кожен аспект цих пристроїв.

Принцип роботи.

Основний принцип роботи механічного теплोलічильника ґрунтується на вимірюванні кількості теплоносія, що протікає через систему, за допомогою рухомих механічних елементів — турбіни або крильчатки. Лічильник обчислює кількість теплової енергії, яку передає система опалення або тепlopостачання, за допомогою наступних вимірювань:

1. Об'єм теплоносія: коли теплоносій (зазвичай вода) проходить через прилад, він обертає механічний елемент — крильчатку або турбіну. Швидкість обертання цього елемента пропорційна швидкості потоку рідини, і лічильник реєструє об'єм теплоносія.

2. Різниця температур: термомари або платинові термометри фіксують температуру теплоносія на вході (подаючому трубопроводі) і на виході (зворотному трубопроводі) системи опалення. Різниця між цими двома

показниками (ΔT) використовується для обчислення кількості тепла, переданого системою [2].

Основні компоненти механічного теплотічильника

Механічний теплотічильник складається з кількох ключових компонентів:

1. Лічильний механізм (турбіна або крильчатка): це основний вимірювальний елемент. Коли теплоносій рухається через систему, турбіна або крильчатка починає обертатися, і цей оберт передається на механізм, який реєструє об'єм рідини, що протікає через прилад. Об'єм вимірюється у кубічних метрах (m^3) або літрах.

2. Температурні датчики (термометри): механічні лічильники зазвичай мають два термометри, встановлені на подаючій і зворотній трубах системи. Ці датчики фіксують температури теплоносія на вході та виході, що дозволяє розраховувати різницю температур і, відповідно, кількість тепла, що передається системою.

3. Індикаторний дисплей: лічильник обладнаний дисплеєм, на якому відображаються основні показники: об'єм теплоносія, різниця температур, кількість спожитого тепла та інші дані. Цей дисплей може бути механічним або електронним, залежно від моделі приладу.

4. Корпус та трубопровідні з'єднання: корпус лічильника зазвичай виготовлений з міцного металу або пластику, здатного витримувати високі температури та тиск [4]. Прилад підключається до трубопроводів за допомогою стандартних з'єднань (фланцевих або різьбових).

Технічні характеристики

Основні технічні параметри механічних теплотічильників включають:

- Діапазон вимірюваних витрат: у більшості моделей діапазон витрат становить від 0,6 до 20 m^3 /год. Це визначає максимальну і мінімальну кількість теплоносія, який прилад може точно виміряти.

- Робочий тиск: зазвичай такі прилади розраховані на роботу під тиском до 16 бар, що робить їх придатними для систем опалення у житлових будинках і малих підприємствах.
- Робоча температура: механічні теплолічильники можуть працювати при температурах до 150 °С, що відповідає стандартним умовам у системах централізованого тепlopостачання [7].
- Клас точності: більшість механічних приладів належить до класу точності 2 або 3, що означає дещо нижчу точність порівняно з електронними або ультразвуковими лічильниками.

Переваги механічних теплолічильників:

1. Низька вартість: основна перевага механічних приладів — їхня відносно низька ціна у порівнянні з ультразвуковими та електромагнітними теплолічильниками. Це робить їх доступними для широкого використання.
2. Простота конструкції: через відсутність складних електронних елементів ці прилади легкі в обслуговуванні та експлуатації [8]. Вони надійні, особливо у системах з відносно стабільними параметрами теплоносія.
3. Довговічність: механічні лічильники, за умови належного обслуговування, можуть працювати багато років без значного зниження точності. Стандартний термін експлуатації — від 10 до 15 років.
4. Простота обслуговування: для підтримки точності вимірювань потрібне періодичне очищення або заміна рухомих частин, але це легко здійснюється в умовах стандартного технічного обслуговування.

Недоліки механічних теплолічильників

1. Зношування: оскільки прилад має рухомі частини, такі як крильчатка або турбіна, вони з часом можуть зношуватися, що призводить до зниження точності вимірювань [15]. У результаті, лічильник може перестати правильно фіксувати об'єм теплоносія, що спотворює дані про кількість спожитого тепла.
2. Чутливість до забруднень: механічні прилади дуже чутливі до якості теплоносія. Наявність механічних домішок (наприклад, іржі, накипу, частинок сміття) може засмітити крильчатку або турбіну, що знижує ефективність роботи

лічильника. Для запобігання цьому зазвичай встановлюють фільтри на вході теплоносія.

3. Низька точність при малих витратах: механічні лічильники можуть бути менш точними при малих витратах теплоносія. Це стосується, наприклад, ситуацій, коли система опалення працює на мінімальних потужностях, або вночі, коли теплове навантаження зменшується.

4. Не підходять для складних систем: механічні прилади найкраще працюють в системах з відносно стабільними умовами. У великих промислових або складних багатозонних системах, де витрати можуть швидко змінюватися, вони можуть не забезпечувати достатньої точності вимірювань.

Умови експлуатації

Механічні теплолічильники найбільш підходять для використання в системах із чистим теплоносієм та стабільними умовами роботи [15]. Ось кілька ключових факторів, які впливають на їх експлуатацію:

- Чистота теплоносія: важливо підтримувати чистоту теплоносія, оскільки наявність механічних домішок може призвести до пошкодження рухомих частин лічильника [10]. Це особливо актуально для старих систем теплопостачання, де можливі забруднення трубопроводів.
- Стабільність температур і тиску: механічні лічильники працюють найкраще в умовах стабільного тиску і температури теплоносія. Р

2. Ультразвукові теплолічильники

Ультразвукові теплолічильники є більш технологічно складними та забезпечують вищу точність вимірювань, оскільки використовують ультразвукові хвилі для визначення швидкості потоку теплоносія. Цей тип лічильників підходить для точного вимірювання у системах з різними умовами експлуатації та вимогами до точності [4].

- Принцип роботи: Ультразвукові лічильники використовують два ультразвукових датчики, розміщені на протилежних сторонах трубопроводу. Ці датчики випромінюють ультразвукові сигнали, які проходять через теплоносій в напрямку і проти його потоку [11]. Вимірювання часу проходження

ультразвукових хвиль у двох напрямках дозволяє точно визначити швидкість потоку. За допомогою цього вимірюється витрата теплоносія, а температурні сенсори фіксують різницю температур на подаючому і зворотному трубопроводах. [5] Отримані дані використовуються для обчислення кількості теплової енергії.

- Технічні характеристики:
 - Діапазон витрат: ультразвукові прилади мають широкий діапазон — від 0,03 до 30 м³/год (в залежності від моделі). Вони можуть точно працювати як при дуже низьких, так і при високих витратах.
 - Робоча температура: до 180 °С (підходять для використання у високотемпературних промислових системах).
 - Робочий тиск: до 25 бар.
 - Точність вимірювань: клас точності 1 (висока точність, що робить їх придатними для комерційного обліку енергії) [18].
 - Живлення: більшість ультразвукових приладів потребують постійного електроживлення (наприклад, від батарей або мережі).
- Переваги:
 - Відсутність рухомих частин. Це підвищує надійність і збільшує термін служби, оскільки немає механічного зношення [7].
 - Висока точність вимірювань навіть при дуже малих витратах теплоносія, що робить їх ідеальними для сучасних систем опалення з низьким споживанням енергії.
 - Стійкість до засмічення та забруднень, що дозволяє застосовувати їх в умовах теплоносія з домішками.
 - Можливість використання у великих системах з централізованим теплопостачанням і промислових об'єктах.
 - Лічильники можуть бути підключені до автоматизованих систем обліку енергії та дистанційного контролю (збору даних).
- Недоліки:

- Висока вартість. Ультразвукові прилади значно дорожчі за механічні лічильники, що робить їх менш привабливими для невеликих індивідуальних систем опалення.

- Потреба в стабільному електропостачанні.

Ультразвукові теплолічильники є сучасними приладами обліку теплової енергії, що використовують ультразвукові сигнали для вимірювання швидкості потоку теплоносія [14]. Вони відомі своєю високою точністю, надійністю, а також відсутністю механічних рухомих частин, що робить їх більш стійкими до зносу і забруднень.

Такі лічильники все частіше використовуються у системах опалення як в побутових, так і в промислових умовах.

Принцип роботи ультразвукових теплолічильників

Ультразвукові теплолічильники вимірюють швидкість потоку рідини за допомогою ультразвукових хвиль [11]. Принцип дії заснований на аналізі часу проходження ультразвукових імпульсів через теплоносій у прямому та зворотному напрямках. Основні етапи роботи такого лічильника можна описати так:

1. Передача та прийом ультразвукових сигналів: Ультразвуковий теплолічильник має два (або більше) ультразвукових датчики, які передають і приймають сигнали. Один датчик передає ультразвуковий сигнал у напрямку потоку рідини, інший — проти потоку [19]. Швидкість потоку рідини впливає на швидкість проходження ультразвукових хвиль.

2. Час проходження сигналу: При русі теплоносія ультразвуковий сигнал, що рухається в напрямку потоку, проходить через рідину швидше, ніж сигнал, що рухається проти потоку. Лічильник вимірює різницю у часі проходження ультразвукових імпульсів у двох напрямках:

- Прямий напрямок: коли ультразвуковий сигнал рухається разом із потоком рідини, його проходження прискорюється.

- Зворотний напрямок: коли ультразвуковий сигнал рухається проти потоку, його проходження сповільнюється.

Чим більша різниця в часі між двома сигналами, тим швидший потік теплоносія через систему [6].

3. Розрахунок швидкості потоку: Лічильник обчислює швидкість потоку рідини на основі вимірної різниці в часі проходження ультразвукових сигналів у прямому та зворотному напрямках. Цей процес базується на принципі Доплера, який використовується в багатьох сферах, де потрібно вимірювати швидкість руху рідин або газів.

4. Вимірювання температури: Як і в механічних лічильниках, ультразвукові тепловілічильники оснащені температурними датчиками, які фіксують температуру теплоносія на подаючій і зворотній трубах системи [1]. Різниця температур на подачі та звороті (ΔT / ΔT) дозволяє обчислити кількість переданої теплової енергії.

Основні компоненти ультразвукових тепловілічильників

1. Ультразвукові датчики: Основні вимірювальні елементи, які генерують ультразвукові імпульси і приймають їх після проходження через рідину. Датчики можуть бути розташовані на різних кінцях трубопроводу або вбудовані в сам прилад.

2. Температурні датчики: Датчики встановлюються на подачі та звороті теплоносія для вимірювання температури рідини до та після її проходження через систему [7].

3. Електронний блок: Центральний блок управління, що обробляє сигнали від ультразвукових і температурних датчиків, виконує розрахунки і відображає результати на дисплеї. Він також може записувати дані для подальшого аналізу або передавати їх на зовнішні системи.

4. Інтерфейси зв'язку: Ультразвукові тепловілічильники часто оснащені інтерфейсами для віддаленого зчитування даних, наприклад, через модулі M-Bus, радіомодулі або інші системи, що дозволяють автоматизувати облік і контроль теплової енергії.

Переваги ультразвукових тепловілічильників

1. Висока точність: Ультразвукові теплолічильники мають вищу точність вимірювань порівняно з механічними приладами. Вони можуть точно вимірювати швидкість потоку навіть при низьких витратах теплоносія, що особливо важливо для систем з низькими тепловими навантаженнями.

2. Відсутність рухомих частин: Через те, що в конструкції відсутні рухомі елементи, такі лічильники менш схильні до зносу і не потребують частого обслуговування. Вони також менш чутливі до якості теплоносія, що зменшує ризик поломок через забруднення або накип.

3. Стійкість до забруднень: На відміну від механічних лічильників, ультразвукові пристрої не залежать від чистоти теплоносія [7]. Наявність забруднень або механічних домішок у рідині не впливає на точність вимірювань, оскільки ультразвукові хвилі проходять через рідину незалежно від її якості.

4. Широкий діапазон вимірювань: Ультразвукові лічильники можуть працювати в широкому діапазоні швидкостей потоку та температур, що робить їх універсальними для використання як у побутових, так і в промислових системах [19].

5. Можливість віддаленого зчитування: Багато ультразвукових теплолічильників підтримують інтеграцію з системами автоматизованого збору даних, що дозволяє здійснювати моніторинг споживання теплової енергії в режимі реального часу без необхідності фізично перевіряти прилад.

Недоліки ультразвукових теплолічильників

1. Вища вартість: Основний недолік ультразвукових теплолічильників полягає у їх вищій вартості порівняно з механічними аналогами. Це зумовлено використанням більш складних електронних компонентів і технологій вимірювання [16].

2. Залежність від стабільного живлення: Оскільки ультразвукові лічильники є електронними пристроями, вони потребують стабільного джерела живлення. Більшість моделей використовують батареї з тривалим терміном служби (до 10-12 років), але в разі їх виснаження прилад перестане працювати.

3. Вплив газових бульбашок: Наявність газових бульбашок у теплоносії може вплинути на точність вимірювань, оскільки ультразвукові хвилі можуть розсіюватися або затухати при зустрічі з бульбашками повітря в рідині.

4. Чутливість до якості монтажу: Ультразвукові теплотічильники дуже чутливі до правильності встановлення [21]. Будь-які похибки під час монтажу або неправильне розміщення датчиків можуть призвести до значних похибок у вимірюваннях.

Умови експлуатації

Для належної роботи ультразвукових теплотічильників важливо дотримуватись таких умов:

- Забезпечення стабільного тиску в системі.
- Відсутність сильних вібрацій на трубопроводі.
- Правильне розміщення датчиків та відповідність встановленню згідно з технічними вимогами виробника.

Підсумок.

Ультразвукові теплотічильники — це високоточні і надійні прилади для обліку теплової енергії, що використовуються в сучасних системах опалення та теплопостачання [8]. Їх основними перевагами є висока точність, стійкість до зношування і забруднень, а також можливість автоматизованого збору даних.

Електромагнітні теплотічильники є важливими інструментами для вимірювання обсягу і кількості теплової енергії, що передається через системи опалення та гарячого водопостачання.

Ці прилади використовують принципи електромагнетизму для точної реєстрації потоку теплоносія, завдяки чому вони стають все більш популярними у комунальних і промислових системах. Розглянемо детальніше принцип роботи, компоненти, переваги та недоліки електромагнітних теплотічильників [22].

Принцип роботи електромагнітних теплотічильників

Принцип роботи електромагнітних теплотічильників базується на законі Фарадея про електромагнітну індукцію [9]. Коли провідник (в даному випадку – теплоносіє, що містить іони) рухається через магнітне поле, виникає

електричний струм, пропорційний швидкості руху рідини. Основні етапи роботи електромагнітних теплотічильників можна розбити на кілька ключових етапів:

1. Створення магнітного поля:
 - У конструкції електромагнітного теплотічильника розміщені магніти (зазвичай постійні) або електромагніти, які створюють стабільне магнітне поле в трубопроводі [24]. Це поле має певну геометрію та силу, що забезпечує оптимальні умови для генерації електричного струму.
2. Проходження теплоносія через магнітне поле:
 - Коли теплоносій (зазвичай вода) проходить через магнітне поле, іони в рідині, рухаючись, створюють електричний струм. Швидкість цього струму пропорційна швидкості потоку теплоносія.
3. Вимірювання електричного сигналу:
 - Спеціальні електроди, встановлені у приладі, реєструють виниклий електричний струм [19]. Різниця в потенціалах на електродах є індикатором швидкості потоку. Цей електричний сигнал передається на блок обробки даних.
4. Обробка та аналіз даних:
 - Сигнал, отриманий від електродів, обробляється електронним блоком управління. Цей блок може включати аналого-цифрові перетворювачі, мікроконтролери, а також програмне забезпечення для обробки та аналізу даних [4]. Він обчислює швидкість потоку рідини, використовуючи формули електромагнітної індукції.
5. Вимірювання температури:
 - Для точного обчислення теплової енергії прилад також оснащений температурними датчиками (термопарами, термісторами або інфрачервоними датчиками), які вимірюють температуру теплоносія на вході та виході [10]. Різниця температур (ΔT / ΔT) між цими показниками є необхідною для визначення кількості тепла.

Основні компоненти електромагнітних теплотічильників

1. Магнітна система:

- Вона складається з постійних магнітів або електромагнітів, які створюють необхідне магнітне поле. Якість магнітної системи впливає на точність та чутливість теплолічильника.

2. Електроди:

- Електроди виконують функцію реєстрації електричного струму, що виникає при проходженні теплоносія через магнітне поле [17]. Вони виготовляються з матеріалів, стійких до корозії, таких як нержавіюча сталь або графіт.

3. Блок обробки даних:

- Цей елемент відповідає за обробку отриманих сигналів, виконання розрахунків та відображення результатів на дисплеї [26]. Він може також мати можливість зберігати дані та передавати їх на віддалені системи для моніторингу.

4. Температурні датчики:

- Ці датчики необхідні для вимірювання температури теплоносія на подачі та звороті. Вони можуть бути різних типів: терморезистори, термістори або платинові резистивні термометри (RTD), що забезпечує високу точність вимірювань.

5. Корпус:

- Корпус електромагнітного теплолічильника забезпечує захист внутрішніх компонентів від механічних ушкоджень, вологи, пилу та інших зовнішніх факторів [11]. Він може бути виготовлений з металу або спеціальних полімерних матеріалів.

Переваги електромагнітних теплолічильників

1. Висока точність:

- Електромагнітні теплолічильники мають високу точність вимірювання, що дозволяє забезпечити правильний облік споживаної теплової енергії [15]. Вони здатні працювати в умовах низького або високого потоку, що є важливим для різних систем опалення.

2. Відсутність рухомих частин:

- Завдяки відсутності механічних елементів, електромагнітні лічильники мають тривалий термін служби і менше піддаються зносу, що зменшує витрати на обслуговування та ремонт.

3. Широкий діапазон вимірювань:

- Ці лічильники можуть працювати з різними температурами та швидкостями потоку, що робить їх універсальними для використання в різних системах, від побутових до промислових [11].

4. Стійкість до забруднень:

- Електромагнітні тепловічильники не чутливі до якості теплоносія, і наявність забруднень не впливає на точність вимірювань, що робить їх більш надійними у використанні.

5. Можливість інтеграції в автоматизовані системи обліку:

- Багато електромагнітних тепловічильників мають можливість підключення до систем автоматизованого збору даних, що дозволяє здійснювати моніторинг споживання тепла в режимі реального часу.

6. Широкий температурний діапазон:

- Вони можуть використовуватися в системах, де температура теплоносія варіюється в широких межах, що робить їх універсальними для різних умов експлуатації.

Недоліки електромагнітних тепловічильників

1. Вища вартість:

- Як правило, електромагнітні тепловічильники дорожчі за механічні аналоги, що може бути перешкодою для їх широкого впровадження в побутовому секторі [12].

2. Залежність від електричного живлення:

- Електромагнітні лічильники потребують постійного електричного живлення, що може бути проблемою в умовах нестабільного електропостачання або в разі відключень.

3. Потреба у належному монтажі:

- Для досягнення високої точності вимірювань важливо правильно встановити електромагнітні теплотічильники [5]. Будь-які помилки при монтажі можуть призвести до значних похибок.

4. Вплив середовища на результати:

- Температура навколишнього середовища може вплинути на показання приладу. Наприклад, у сильно холодних або гарячих умовах вимірювання можуть бути менш точними.

Умови експлуатації

Для належної роботи електромагнітних теплотічильників важливо дотримуватись певних умов:

- Стабільний тиск у системі: Електромагнітні теплотічильники працюють найбільш ефективно при стабільному тиску, що дозволяє забезпечити коректні вимірювання [20].

- Відсутність сильних вібрацій: Вібрації можуть негативно вплинути на точність вимірювань, тому важливо встановлювати прилад в місцях з мінімальними механічними впливами.

- Правильне розміщення електродів та магнітної системи: Для досягнення точності та стабільності показників важливо дотримуватись технічних вимог виробника при установці.

1.2 Імпортні прилади обліку теплової енергії на підприємствах.

Імпортні прилади обліку теплової енергії відіграють критичну роль в енергетичному секторі України, особливо у контексті підвищення ефективності використання енергії, зменшення витрат та покращення екологічної ситуації [14]. Вони є важливими елементами системи енергетичного менеджменту, забезпечуючи точність вимірювань та контроль за споживанням теплової енергії в різних галузях, від промисловості до житлових комплексів.

Важливість імпортованих приладів

Імпортні прилади обліку теплової енергії використовуються для точної оцінки споживання тепла, що є важливим аспектом енергетичного управління [12]. В умовах постійного зростання цін на енергоносії та підвищення вимог до

енергоефективності, підприємства повинні знаходити способи оптимізації своїх витрат [1]. Імпортні прилади дозволяють здійснювати:

- Точний облік теплової енергії: Імпортні прилади забезпечують високу точність вимірювань, що допомагає уникнути недостачі та перевитрат. Вони також можуть виявляти відхилення у споживанні, що свідчать про можливі проблеми в системі.
- Контроль за витратами: Своєчасний моніторинг споживання теплової енергії дозволяє підприємствам вживати заходів для зниження витрат, проводити аналіз та планувати бюджети [8].
- Економію ресурсів: Використання імпортних приладів дозволяє оптимізувати споживання енергії, що веде до зменшення витрат на опалення і, в результаті, до економії фінансових ресурсів.

Виробники імпортних приладів

Серед найбільш відомих виробників імпортних приладів обліку теплової енергії виділяються:

- Siemens: Ця німецька компанія є одним із лідерів у виробництві енергетичного обладнання, зокрема, електронних та механічних теплотічників [13]. Вони пропонують широкий асортимент рішень, що відповідають високим стандартам якості та точності.
- Kamstrup: Данська компанія, відома своєю продукцією в галузі обліку енергії [7]. Її ультразвукові теплотічники забезпечують точні вимірювання, а також можливість дистанційного збору даних, що спрощує управління споживанням енергії.
- Landis+Gyr: Швейцарська компанія, що спеціалізується на виробництві електронних теплотічників. Їх продукція відзначається надійністю і простотою в експлуатації, що робить її популярною серед підприємств.
- Techem: Німецький виробник, який пропонує різноманітні рішення для обліку теплової енергії, включаючи системи з дистанційним моніторингом, що дозволяє управляти споживанням тепла ефективніше [21].

- Elster: Британська компанія, що виготовляє теплолічильники та системи обліку енергії. Її продукція відрізняється високою якістю і стабільністю роботи.

Переваги імпорتنих приладів обліку теплової енергії

Імпорتنі прилади обліку теплової енергії мають низку суттєвих переваг:

- Технологічні інновації: Виробники постійно впроваджують нові технології у свої прилади, такі як безконтактні вимірювання, інтеграція з системами "розумного дому", що дозволяє підвищити ефективність управління.
- Якість і надійність: Більшість імпорتنих приладів проходять строгий контроль якості і відповідають міжнародним стандартам, що забезпечує їхню довговічність та стабільність в роботі.
- Універсальність: Імпорتنі теплолічильники можуть використовуватися в різних умовах, включаючи промислові, комунальні та побутові системи, що робить їх гнучким рішенням для різних підприємств.
- Дистанційний моніторинг: Сучасні імпорتنі теплолічильники часто оснащені функціями дистанційного збору даних, що дозволяє підприємствам оперативно реагувати на зміни у споживанні та коригувати свою діяльність [14].
- Гнучкість в налаштуваннях: Імпорتنі прилади можуть бути налаштовані під специфічні вимоги підприємства, що дозволяє оптимізувати їх роботу і забезпечити максимальну ефективність.

Недоліки імпорتنих приладів

Хоча імпорتنі прилади мають безліч переваг, існують і деякі недоліки:

- Вартість: Імпорتنі прилади часто коштують дорожче, ніж їх аналоги місцевого виробництва [15]. Це може бути суттєвою перешкодою для малих і середніх підприємств, які не мають достатніх фінансових ресурсів.
- Залежність від постачальників: Імпорتنі прилади можуть створювати залежність від зовнішніх постачальників, що може призвести до затримок у постачанні запчастин або обслуговуванні, особливо в умовах криз або політичної нестабільності.

- Культурні та мовні бар'єри: При установці та обслуговуванні імпортованих приладів можуть виникати труднощі через відмінності в стандартах і термінах, що може ускладнити навчання персоналу.

Актуальні тенденції на ринку імпортованих приладів

На ринку імпортованих приладів обліку теплової енергії спостерігаються певні тенденції:

- Зростання попиту на автоматизацію: Підприємства все більше впроваджують автоматизовані системи збору даних, що дозволяє ефективно управляти споживанням тепла [25]. Це веде до збільшення попиту на імпортовані прилади, які здатні інтегруватися з такими системами.
- Екологічні вимоги: Зростає попит на прилади, які відповідають екологічним стандартам. Підприємства, які впроваджують енергоефективні рішення, отримують переваги у вигляді знижок на податки або інших форм державної підтримки.
- Інтеграція з IoT: Багато імпортованих виробників адаптують свої рішення для роботи з Інтернетом речей (IoT), що дозволяє підприємствам отримувати доступ до даних про споживання в будь-який час і з будь-якого місця [14]. Це відкриває нові можливості для аналізу даних і прийняття рішень.

Вплив на енергетичну ефективність

Використання імпортованих приладів обліку теплової енергії безпосередньо впливає на загальну енергетичну ефективність підприємств. Завдяки точності вимірювань, підприємства можуть:

- Зменшити енергетичні витрати: Точний облік дозволяє виявляти неефективність у системах опалення та знижувати витрати на енергію.
- Оптимізувати технологічні процеси: Вимірювання і аналіз даних допомагають підприємствам знаходити найкращі технологічні рішення та запроваджувати оптимізаційні заходи [19].
- Підвищити конкурентоспроможність: Завдяки зниженню витрат і підвищенню ефективності, підприємства можуть знижувати ціни на свою

продукцію або підвищувати якість обслуговування, що робить їх більш конкурентоспроможними на ринку.

Перспективи розвитку

Перспективи розвитку імпорتنих приладів обліку теплової енергії в Україні виглядають обнадійливими [16]. З огляду на необхідність підвищення енергетичної ефективності та зменшення витрат на енергію, підприємства будуть продовжувати інвестувати в сучасні технології обліку. Важливими факторами, що впливають на розвиток цього ринку, є:

- Зміни в законодавстві: Нові нормативні акти можуть сприяти впровадженню енергоефективних рішень, що підвищить попит на імпорتنі прилади.
- Розвиток технологій: Зростання інновацій у сфері обліку та енергетичного менеджменту призведе до появи нових рішень, які задовольняють вимоги підприємств.
- Співпраця з міжнародними партнерами: Розвиток співпраці з закордонними виробниками дозволить Україні отримувати доступ до нових технологій і знань, що також сприятиме розвитку ринку імпорتنих приладів.

Популярні виробники імпорتنих приладів обліку теплової енергії.

Імпорتنі прилади обліку теплової енергії представлені на ринку багатьма відомими виробниками, які пропонують широкий асортимент продуктів, що відповідають високим стандартам якості та надійності [17]. Нижче наведено детальний опис кількох ключових гравців на цьому ринку:

1. Siemens AG

Країна виробник Німеччина. Siemens є одним із найбільших світових постачальників технологічного обладнання, включаючи електронні та механічні теплотічильники. Компанія пропонує різноманітні рішення для обліку теплової енергії, зокрема, ультразвукові теплотічильники, які забезпечують високу точність вимірювань [5]. Прилади Siemens (рис. 1.1) відзначаються своєю надійністю та тривалим терміном служби.

Siemens активно впроваджує нові технології, такі як дистанційний моніторинг та інтеграція з розумними будинками, що дозволяє підприємствам ефективно управляти споживанням енергії.



Рис. 1.1 Ультразвуковий тепловий лічильник Siemens
2. Kamstrup

Країна виробник Данія. Kamstrup спеціалізується на виробництві приладів обліку для енергетичного сектора, зокрема, теплотічильників.

Вони пропонують ультразвукові теплотічильники, які забезпечують високу точність вимірювань та можливість дистанційного збору даних [18]. Прилади Kamstrup (Рис. 1.2) легко інтегруються в існуючі системи обліку. Компанія активно розвиває технології для моніторингу в реальному часі, що дозволяє споживачам отримувати дані про споживання теплової енергії безпосередньо на своїх пристроях.



Рис. 1.2 Ультразвуковий тепловий лічильник Kamstrup

3. Landis+Gyr

Країна виробник Швейцарія. Landis+Gyr (рис. 1.3) є провідним постачальником рішень для обліку енергії, зокрема, теплотічильників. Компанія виготовляє електронні теплотічильники, які забезпечують точні вимірювання і простоту в експлуатації [19].

Вони також пропонують рішення для автоматизованого збору даних. Landis+Gyr акцентує увагу на розробці нових технологій, які дозволяють зменшити витрати на енергію та оптимізувати процеси обліку.



Рис. 1.3 Ультразвуковий тепловий лічильник Landis+Gyr
4. Techem

Країна виробник Німеччина. Techem спеціалізується на рішеннях для обліку енергії, зокрема, на приладах, що використовуються в житлових та комерційних будівлях [18]. Компанія пропонує різноманітні рішення для обліку теплової енергії, включаючи системи з дистанційним моніторингом. Це дозволяє управляти споживанням тепла більш ефективно. Techem (рис. 1.4) активно впроваджує технології для оптимізації обліку та управління ресурсами, що робить їхні рішення дуже привабливими для замовників.



Рис. 1.4 Ультразвуковий лічильник Techem
5. Honeywell

Країна виробник США. Honeywell є глобальним постачальником технологічних рішень для енергетичного та промислового секторів. Компанія пропонує електронні теплові лічильники з можливістю дистанційного моніторингу.

Їх продукція відрізняється високою якістю та надійністю [15]. Honeywell (рис. 1.5) активно впроваджує технології IoT для моніторингу та управління споживанням енергії, що робить їхні рішення актуальними для сучасних підприємств.



Рис. 1.5 Комплект установки теплового лічильника Honeywell 6. Sensus

Країна виробник США. Sensus спеціалізується на розробці та виробництві рішень для обліку енергії та води. Компанія пропонує широкий спектр тепловічильників, включаючи механічні та електронні моделі, які забезпечують точні вимірювання споживання теплової енергії.

Sensus (рис. 1.6) акцентує увагу на розробці рішень, які інтегруються з існуючими системами і дозволяють автоматизувати процеси обліку.



Рис. 1.6 Тепловий лічильник Sensus

7. M-Bus Technologies

Країна виробник Німеччина. M-Bus Technologies спеціалізується на розробці рішень для автоматизованого обліку енергії та води. Вони пропонують широкий асортимент теплोलічильників, що використовують M-Bus протокол, який забезпечує зручність збору даних [19].

Компанія активно розвиває технології для інтеграції з іншими системами обліку, що дозволяє підприємствам спростити управління ресурсами.



Рис. 1.7 Тепловий лічильник виробництва M-Bus Technologies

Популярні виробники імпортованих приладів обліку теплової енергії пропонують різноманітні рішення, які відповідають сучасним вимогам енергетичної ефективності [23]. Завдяки своїм технологіям, надійності та гнучкості, імпортовані прилади стають дедалі більш затребуваними на ринку.

В умовах зростаючої конкуренції підприємства повинні звертати увагу на ці інноваційні рішення для оптимізації своїх процесів і зниження витрат на енергію.

1.3 Сучасні методи встановлення приладів обліку теплової енергії.

Установка приладів обліку теплової енергії в сучасних системах теплозабезпечення є критичним етапом для точного вимірювання споживання та ефективного енергоменеджменту [7]. Використання сучасних методів встановлення не лише підвищує точність даних, але й сприяє інтеграції

технологій моніторингу та автоматизації. Розглянемо основні етапи та підходи до встановлення теплолічильників [19].

Процес проектування є багатоступеневим і включає кілька важливих підетапів, які спрямовані на оптимізацію подальшого встановлення. Це забезпечує не лише ефективне функціонування системи, але й підвищує рівень енергоефективності підприємства в цілому.

Аналіз потреб та специфікацій підприємства

На початку проектування важливо провести комплексний аналіз потреб конкретного підприємства. Цей процес включає:

- **Визначення цілей:** Наприклад, чи потрібен облік для зниження витрат, контролю витоків чи моніторингу ефективності виробничих процесів. Кожна з цих цілей має свої особливості у вимогах до точності та частоти вимірювання.
- **Аналіз специфіки споживання теплової енергії:** Важливо врахувати сезонні та добові коливання у використанні тепла, а також оцінити можливі пікові навантаження.
- **Розрахунок обсягів:** Проектувальники визначають необхідний діапазон вимірювання, враховуючи максимальні та мінімальні значення потоку тепла для конкретної системи [5].

Вибір типу теплолічильників та комплектуючих

Вибір типу приладів є ключовим етапом, оскільки кожен вид теплолічильників (механічні, ультразвукові, електромагнітні) має свої особливості [28]. Вибір залежить від таких факторів:

- **Точність і діапазон вимірювання:** У деяких випадках для високої точності вимірювання (до $\pm 1\%$) рекомендують ультразвукові або електромагнітні теплолічильники.
- **Придатність для умов експлуатації:** Наприклад, електромагнітні прилади підходять для середовищ із підвищеним рівнем забруднення, а механічні мають обмежений термін служби у жорстких умовах [15].

- Наявність сертифікатів та відповідність стандартам: В Україні прилади обліку мають відповідати ДСТУ (державним стандартам), що гарантує їхню якість та точність.

Розробка плану встановлення

Проект включає детальний план розміщення приладів у системі, враховуючи конструкційні особливості трубопроводів та мереж підприємства [29]. Розробка плану передбачає:

- Оптимальне розташування: Прилади повинні встановлюватися на віддаленні від точок турбулентності або вигинів трубопроводів для мінімізації похибок.
- Розробка схем підключення: Схема підключення приладів обліку має враховувати взаємозв'язок з іншими системами, наприклад, з насосними станціями чи регулювальними клапанами [23].
- Підготовка інфраструктури для обслуговування: При плануванні важливо залишити місце для регулярного доступу до приладів для технічного обслуговування, а також забезпечити захист від можливих механічних пошкоджень.

Вибір місць для встановлення

Правильно обране місце для встановлення приладів обліку є важливим для забезпечення точності вимірювань [20]. Рекомендується враховувати такі аспекти:

- Температурні умови: Прилади не повинні піддаватись різким температурним перепадам, щоб не порушувалась точність їх вимірювання.
- Захист від вологи і пилу: Вологі середовища можуть пошкодити електронні компоненти теплолічильників, особливо ультразвукових та електромагнітних [7].
- Легкість доступу для калібрування: Калібровка приладів проводиться періодично, і місце установки має дозволяти зручний доступ до приладу.

Вибір технології з'єднання

Для приєднання приладів до трубопроводів можуть використовуватися різні методи:

- Фланцеве з'єднання: Зазвичай застосовується для більших трубопроводів і забезпечує легкість монтажу та демонтажу [21].
- Різьбове з'єднання: Підходить для менших систем і забезпечує герметичність.
- Зварні з'єднання: Використовуються в умовах підвищеного тиску та температур, але мають недоліки, оскільки ускладнюють процес демонтажу.

Технічна підготовка та сертифікація приладів

Перед початком встановлення важливо перевірити справність та калібрування приладів. Основні етапи технічної підготовки включають:

- Калібрування приладу в лабораторних умовах: Проведення початкової перевірки приладів для отримання точних результатів.
- Сертифікація приладів: Важливо переконатися, що прилади мають сертифікати, що підтверджують їх відповідність нормативам.
- Тестування приладів: Виконання тестів на точність, зокрема, в умовах, наближених до реальних робочих, що допомагає перевірити, чи прилади готові до експлуатації [13].

Навчання персоналу та організація роботи

Успішна реалізація проекту обліку теплової енергії залежить від належної підготовки обслуговуючого персоналу:

- Інструктаж з експлуатації: Навчання відповідального персоналу правильній експлуатації та обслуговуванню приладів, що допоможе уникнути порушень у роботі [11].
- План обслуговування: Розробка графіку технічного обслуговування, щоб забезпечити підтримку приладів у належному стані.

1.4 Висновок за розділом 1.

На основі аналізу сучасних методів обліку теплової енергії можна зробити такі висновки:

1. Сучасні системи обліку теплової енергії представлені механічними, ультразвуковими, електромагнітними та іншими типами теплотічильників. Кожен метод має свої переваги та недоліки залежно від умов використання, точності вимірювання та рівня автоматизації.

2. В останні роки найбільш перспективними вважаються ультразвукові та електромагнітні теплотічильники завдяки їх високій точності, відсутності механічних деталей, що підлягають зносу, і можливості інтеграції в автоматизовані системи обліку.

3. Важливою тенденцією є впровадження розумних систем обліку, які дозволяють збирати дані в реальному часі, відстежувати споживання енергії та прогнозувати її потреби. Ці технології сприяють підвищенню прозорості обліку та мінімізації втрат теплової енергії.

4. Вибір конкретного методу залежить від економічних можливостей, специфіки об'єкта та умов експлуатації. Для великих підприємств із складною енергетичною інфраструктурою доцільно застосовувати комбіновані системи обліку, що забезпечують максимальну ефективність. У підсумку, розвиток методів обліку теплової енергії спрямований на підвищення точності, зниження втрат енергії та інтеграцію в енергоефективні системи. Це створює перспективи для подальшого вдосконалення технологій у цій галузі.

РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

2.1. Дослідження основних факторів, що впливають на ефективність приладів обліку теплової енергії.

Аналіз основних факторів, що впливають на ефективність приладів обліку теплової енергії, є важливим аспектом при виборі і використанні таких приладів у різних умовах. Для того, щоб розібратися в цьому питанні, потрібно звернути увагу на кілька ключових факторів:

Технічні характеристики приладів обліку [21].

Прилади обліку теплової енергії можуть мати різні технічні параметри, які впливають на їх точність і ефективність. До таких характеристик належать:

Діапазон вимірювання — важливо, щоб прилад був здатний точно вимірювати теплову енергію на всьому діапазоні температур, який можливий в конкретній теплотехнічній системі [24].

Діапазон вимірювання є одним з ключових параметрів приладів обліку теплової енергії, оскільки він безпосередньо впливає на точність і ефективність вимірювання. Визначення оптимального діапазону вимірювання важливо для забезпечення коректності вимірів, а також для адаптації приладів до різних умов експлуатації [19]. Розглянемо детально:

Діапазон вимірювання приладу обліку теплової енергії означає мінімальні та максимальні значення параметрів, які прилад може точно вимірювати, не втрачаючи своєї точності. Це важливий аспект для вибору приладу, оскільки він залежить від умов експлуатації: температури теплоносія, тиску в системі, а також специфіки використовуваного обладнання [7].

Температурний діапазон: це різниця між мінімальною та максимальною температурою теплоносія, яку прилад здатний виміряти з необхідною точністю. Температурні коливання в системах можуть бути значними, тому прилад має бути спроможний працювати в цих умовах.

Діапазон витрат: включає в себе максимальний та мінімальний об'єм теплоносія, через який проходить тепло [4]. Це особливо важливо для промислових та комунальних систем, де обсяг витрат може змінюватися протягом доби або сезону.

Важливість діапазону вимірювання.

Точність: Для досягнення високої точності вимірювання важливо, щоб прилад не виходив за межі свого діапазону. Якщо температура або витрати виходять за межі, прилад може почати видавати помилкові показники.

Адаптація до умов експлуатації: Наприклад, у промислових підприємствах або в комунальних системах обсяг і температура теплоносія можуть суттєво змінюватися в залежності від сезонних коливань. Прилад, що має широкий діапазон вимірювання, здатний адаптуватися до таких змін без зниження точності [22].

Приклад із застосуванням.

У комунальному господарстві або на підприємствах, де існує велика варіативність температури та витрат теплоносія, застосовують теплові лічильники з більшим діапазоном вимірювання. Наприклад, ультразвукові лічильники тепла здатні працювати в широкому температурному діапазоні, що робить їх підходящими для різних типів систем опалення [11].

Вплив температури теплоносія на діапазон вимірювання.

Прилади обліку теплової енергії повинні бути спроектовані таким чином, щоб точно вимірювати енергію навіть при значних коливаннях температури теплоносія. Якщо лічильник не підтримує великий діапазон температур, це може призвести до некоректних показників, що в свою чергу впливає на розрахунки вартості тепла для споживачів [2].

Технічні вимоги до діапазону вимірювання.

За нормами та стандартами, діапазон вимірювання приладів обліку теплової енергії повинен відповідати встановленим критеріям точності. Наприклад, відповідно до ДСТУ 4973:2013 прилади обліку повинні мати точність не менше ніж $\pm 2\%$ на всьому діапазоні температур та витрат.

2.2. Схема підключення приладу обліку теплової енергії.

Розглянемо явний приклад підключення приладу обліку теплової енергії на одному з найвідоміших моделей лічильника.

Лічильник SKS-3 — це ультразвуковий тепловий лічильник, який широко застосовується для обліку теплової енергії в системах тепlopостачання. Він призначений для використання в житлових, комерційних і промислових об'єктах [31].

Цей лічильник відомий своєю зручністю у використанні та обслуговуванні, що робить його популярним вибором для енергетичного обліку. Якщо потрібна більш детальна інформація, можна знайти технічну документацію або уточнити будь-які аспекти.

Теплова схема (рис. 1.1) підключення теплового лічильника SKS – 3 до системи центрального опалення.

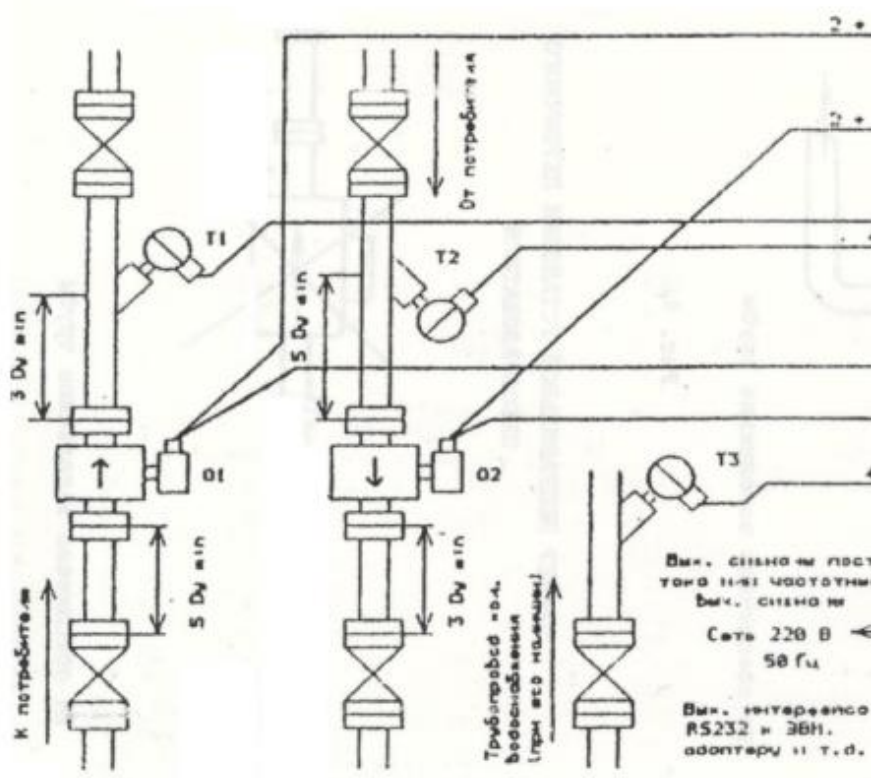


Рис. 2.1 Теплова схема підключення SKS – 3 до системи центрального опалення.

Схема підключення лічильника SKS-3 (рис. 2.2) складається з таких основних елементів:

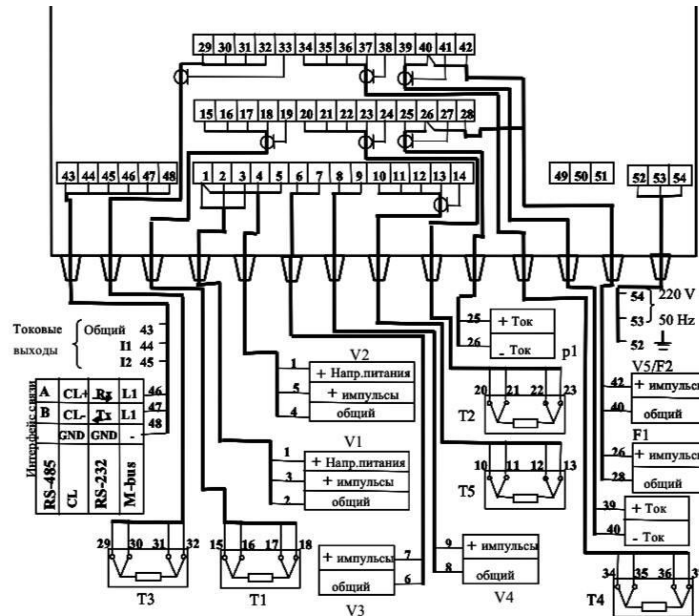


Рис. 2.2 Схема підключення лічильника SKS – 3

- датчики температур;
- витратомір;
- тепловий обчислювач;
- інтерфейси зв'язку;

Підключаються перетворювачі актуальні тільки в конкретному застосуванні.

Головне — дотримуватися рекомендацій виробника для коректного монтажу та з'єднань [7].

Для точного монтажу завжди потрібно дотримуватися паспортної документації та рекомендацій від виробника SKS-3.

Схеми встановлення лічильників тепла.

Нижче зібрано найпоширеніші схеми встановлення лічильників тепла в системах опалення та водопостачання житлових і громадських будівель, а також на промислових об'єктах:

Схема з одноканальним лічильником тепла (рис. 2.3) - комплектується обчислювачем, одним витратоміром і двома датчиками температури. Датчик витрати лічильника встановлюють у подавальний трубопровід, а датчики температури в подавальний і зворотний.



Рис. 2.3 Схема з одноканальним лічильником тепла.

Перевагою цієї схеми є необхідність лічильника з найменшою комплектацією і як наслідок з найнижчою ціною [23]. Недоліком є відсутність можливості контролю витоків і несанкціонованого відбору теплоносія.

Це найпоширеніша схема встановлення лічильника тепла, яка застосовується для комерційного обліку в системах опалення житлових будинків і адміністративних будівель.

Схема з одноканальним лічильником тепла і контрольним водоміром (рис. 2.4) - комплектується обчислювачем, двома витратомірами і двома датчиками температури [34].

Датчики витрати, як і датчики температури - встановлюють на подавальному і зворотному трубопроводах.

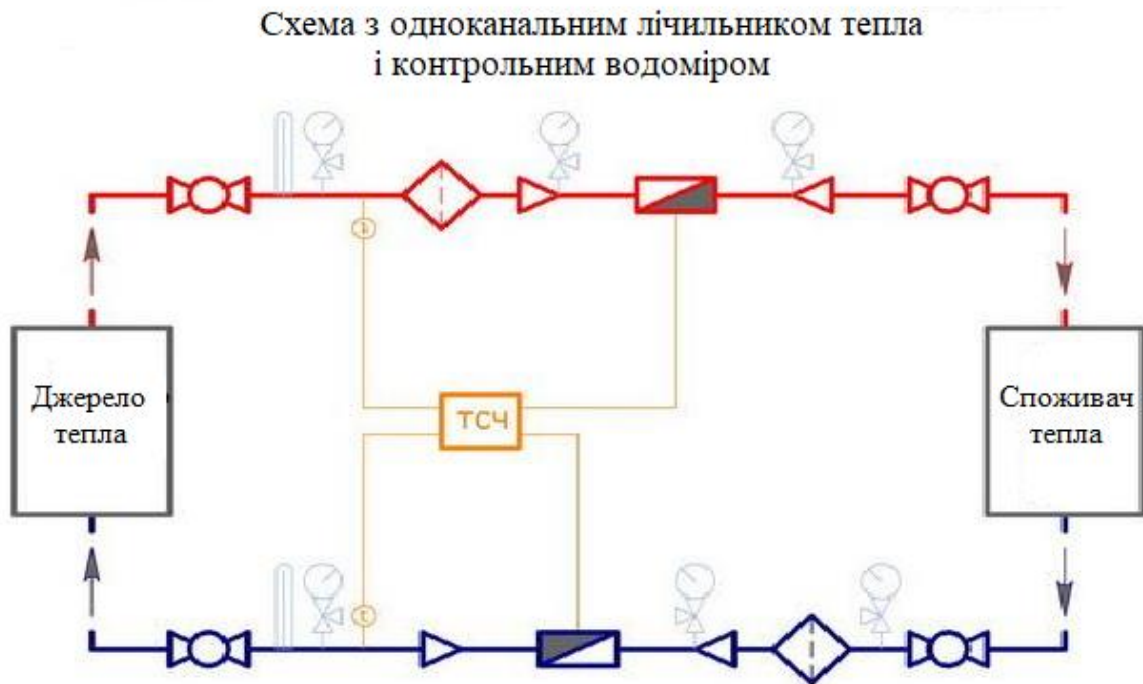


Рис. 2.4 Схема з одноканальним лічильником тепла і контрольним водоміром

Ця схема позбавлена недоліку, притаманного першій схемі, і дає змогу врахувати обсяг витoku теплоносія, але не враховує кількості тепла, витраченого на підігрівання води, що витекла [24].

Кількість тепла визначається з урахуванням даних одного витратоміра і двох датчиків температури, при цьому дані про витрату, отримані від другого витратоміра, порівнюються з показаннями першого для визначення витoku [21].

Такі схеми застосовуються на об'єктах:

- з високою ймовірністю водорозбору із систем опалення;
- з підземним прокладанням трубопроводів після місця встановлення лічильника тепла;
- зі спільним обліком тепла на опалення і гаряче водопостачання одним теплолічильником;
- з установками підігріву води для системи гарячого водопостачання, підключеними за закритою схемою (через теплообмінні апарати) [30].

Схема з двоканальним лічильником тепла (рис. 2.5) - комплектується обчислювачем, двома витратомірами і трьома датчиками температури. Датчики витрати встановлюють на подавальний і зворотний трубопровід, а датчики температури - у подавальний, зворотний і трубопровід холодного водопостачання.

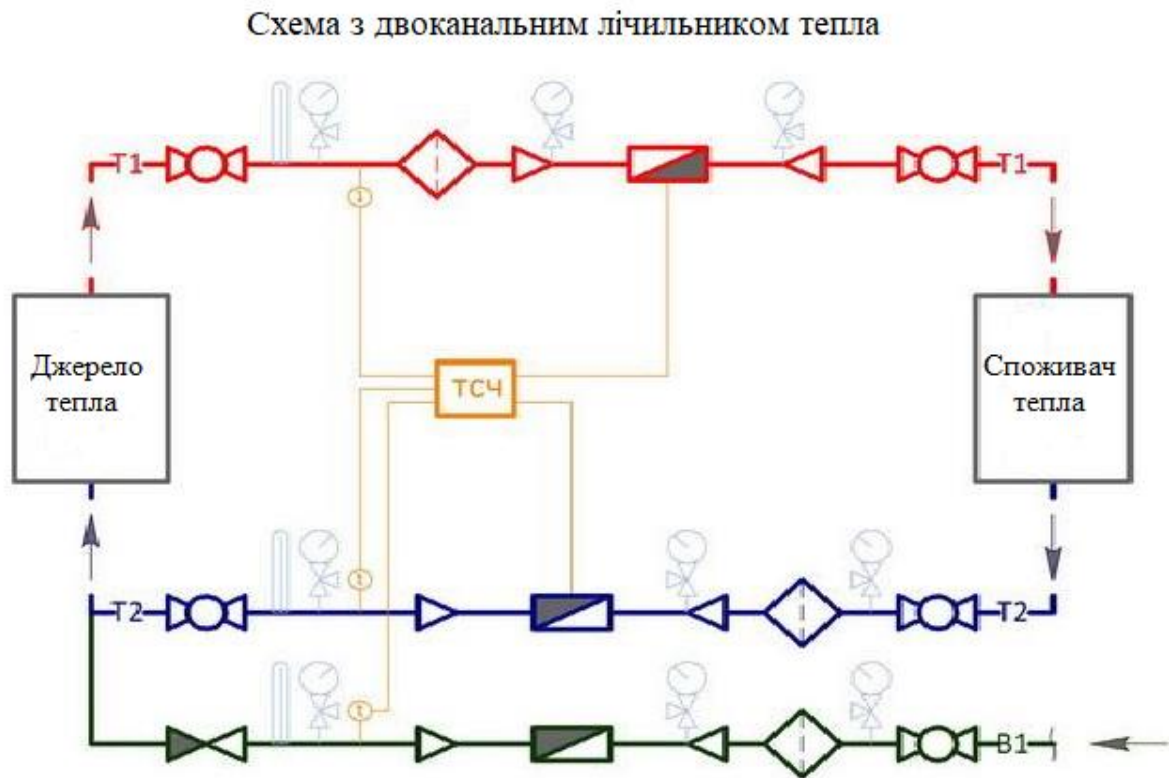


Рис. 2.5 Схема з двоканальним лічильником тепла

Подібну схему застосовують на джерелах тепла для обліку теплоспоживання на виході з джерела до споживача [17].

Відпущена кількість тепла визначається як різниця між кількістю тепла, визначеною за першим каналом, і кількістю тепла - за другим каналом:

- 1й канал - використовує дані про витрату від витратоміра, встановленого на трубопроводі, що подає, і різницю температур між датчиком, встановленим у трубопроводі, що подає, і в трубопроводі холодної води.

- 2й канал - використовує дані про витрату від витратоміра, встановленого на зворотному трубопроводі, і різницю температур між датчиком, встановленим у зворотному трубопроводі та в трубопроводі холодної води.

Ця схема встановлення теплотічильника визначає відпущене тепло з урахуванням тепла, витраченого на підігрів підживлювальної води. Ця схема обліку потребує встановлення водоміра на трубопроводі підживлення. Водомір підживлення з лічильником тепла не з'єднується.

Схема з двома одноканальними теплотічильниками (рис. 2.6) застосовується для обліку споживання теплової енергії, витраченої на підігрів гарячої води в системі гарячого водопостачання абонента, під'єднаної до теплової мережі за закритою схемою.

Схема з двома одноканальними лічильниками тепла

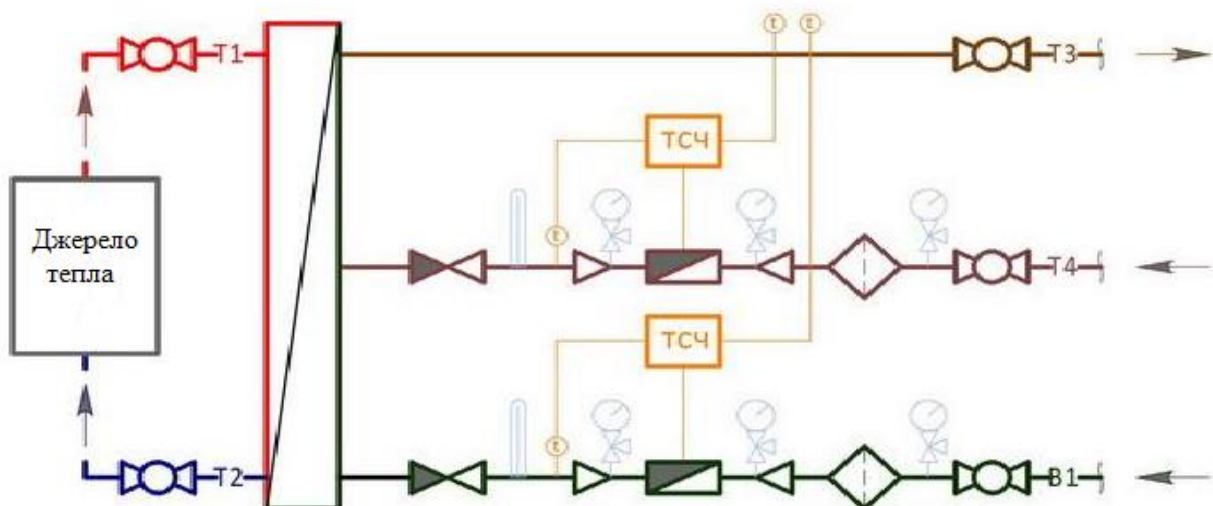


Рис. 2.6 - Схема з двома одноканальними теплотічильниками.

Витратомір першого лічильника тепла встановлюють на трубопровід холодної води, що йде на підігрів до теплообмінного апарата, а датчики температури - в трубопровід холодної води і трубопровід гарячої води на виході з теплообмінного апарата.

Витратомір другого лічильника тепла встановлюють у циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання перед входом до теплообмінного апарата, а датчики температури - у трубопровід гарячої та циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання [25].

За такої схеми обліку перший лічильник визначає кількість тепла, витраченого на підігрів води, з урахуванням тепла, втраченого з циркуляційних трубопроводів, і фактично витраченого на опалення приміщень, через які проходить цей трубопровід, а другий - тільки кількість тепла, втраченого циркуляційним трубопроводом. Тепло втрачене в циркуляційному трубопроводі має ділитися між усіма власниками приміщень, через які проходить цей трубопровід пропорційно до кількості циркуляційних стояків у їхніх приміщеннях.

Кількість теплоти, отримана як різниця між показаннями першого і другого лічильників, має ділитися пропорційно показаннями водомірів, які встановлені у споживачів.

Сучасні системи обліку теплової енергії, включаючи ультразвукові, електромагнітні, механічні та інші види теплотлічильників, створені для забезпечення точного моніторингу та обліку споживаної енергії. Впровадження таких систем має значний економічний ефект, що проявляється у зниженні витрат, оптимізації енергоспоживання та підвищенні фінансової прозорості [22].

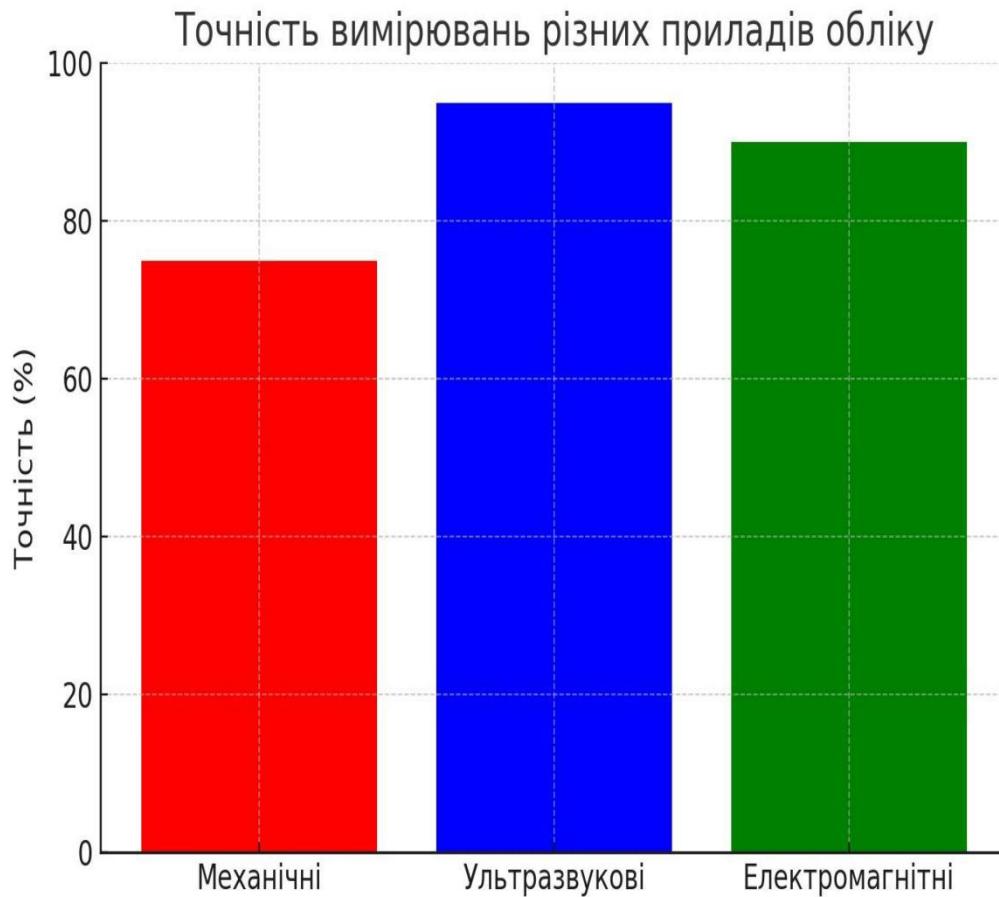


Рис. 2.7 Точність вимірювання різних приладів обліку

2.3. Порівняльне дослідження типу і якості теплоносія в контексті приладів обліку теплової енергії.

Тип теплоносія має суттєвий вплив на точність і ефективність роботи приладів обліку теплової енергії. Теплоносій може бути різним за складом і властивостями, і це необхідно враховувати при виборі приладу для обліку тепла, оскільки різні типи теплоносіїв мають різні фізико-хімічні характеристики, що можуть впливати на вимірювання.

Типи теплоносіїв. Найпоширенішими теплоносіями в системах обігріву та теплопостачання є: Вода: найбільш поширений теплоносій завдяки своїм високим теплофізичним властивостям [26]. Вода має високу теплоємність і може переносити велику кількість тепла при порівняно низьких витратах енергії. Зазвичай вода використовується в системах централізованого опалення та на

підприємствах. Антифриз: спеціальні рідини на основі етиленгліколю або пропіленгліколю, що використовуються в системах, де існує небезпека замерзання теплоносія.

Антифризи можуть мати знижені теплофізичні властивості порівняно з водою, але вони не замерзають при низьких температурах. Масла: в окремих промислових системах для обігріву використовують спеціальні масла, які мають високу температуру кипіння і здатні переносити великі кількості тепла. Проте, масла мають вищу в'язкість, що може призводити до ускладнень у роботі деяких типів лічильників [27]. Парові та газові теплоносії: використовуються в системах теплопостачання та промисловості для транспортування тепла в умовах високих температур. Пара має значно меншу теплоємність порівняно з водою, але здатна переносити великі кількості енергії при високих температурах [15].

Якість теплоносія. Якість теплоносія також є важливим фактором для коректної роботи приладів обліку теплової енергії. Основними аспектами якості теплоносія є: Хімічний склад: наявність домішок, таких як кислоти, мінеральні солі, які можуть утворювати накип або корозійні відкладення на трубах і приладах обліку [14].

Наприклад, вода, що містить багато кальцію та магнію, може призвести до утворення накипу, що впливає на точність вимірювання і знижує ефективність роботи системи. Чистота теплоносія: бруд або механічні домішки, які можуть потрапити до теплоносія, можуть забруднити фільтри, насоси, клапани та прилади обліку. Це може призвести до зниження точності вимірювань, а також до частих поломок або необхідності в обслуговуванні [7]. Температурні коливання та в'язкість:

В'язкість теплоносія може змінюватися залежно від його температури. Вода на великих температурах має знижену в'язкість, а на низьких – підвищену. Це може мати вплив на роботу механічних лічильників, що залежать від руху рідини.

В ультразвукових або електромагнітних лічильниках вплив температури теплоносія на точність вимірювань може бути меншим, але все одно має

значення. Корозія і зношування: у системах з неякісним теплоносієм, який містить домішки, може виникнути корозія, що викликає пошкодження металевих елементів трубопроводів, приладів обліку і загальну знижувальну ефективність роботи всієї системи [31].

Вплив типу та якості теплоносія на прилади обліку. Вибір приладу обліку безпосередньо залежить від типу і якості теплоносія, оскільки різні матеріали можуть взаємодіяти з чутливими елементами приладів обліку по-різному. Механічні лічильники часто мають обмеження на використання теплоносіїв з високим рівнем в'язкості або з домішками, оскільки такі рідини можуть погіршити роботу турбіни чи інших рухомих частин [4].

Для таких приладів рекомендується використовувати чисту воду або антифризи, що не містять агресивних домішок. Ультразвукові лічильники здатні працювати з широким діапазоном теплоносіїв, зокрема з антифризами, оскільки їх принцип роботи не залежить від механічних рухомих частин [13]. Однак важливо враховувати температуру теплоносія, оскільки різні температури можуть впливати на швидкість звуку в рідині, що призведе до незначних змін у вимірюванні.

Електромагнітні лічильники більш стійкі до забруднення та змін у властивостях теплоносія, оскільки їх принцип роботи заснований на магнітному полі, що пропорційне витратам рідини [7]. Проте, у разі використання неякісного теплоносія (наприклад, із забрудненнями), точність вимірювань може знизитися.

Технічні рішення для покращення якості теплоносія. Фільтрація: використання фільтрів для видалення механічних домішок, таких як пил або металеві частинки, що потрапляють у систему при транспортуванні теплоносія. Це знижує ризик пошкодження лічильників [12].

Хімічна обробка теплоносія: для зменшення впливу накипу і корозії використовуються спеціальні добавки та присадки, які знижують жорсткість води або запобігають її замерзанню [23]. Моніторинг стану теплоносія: регулярний контроль якості теплоносія за допомогою спеціальних датчиків і

тестів дозволяє оперативно виявляти проблеми в системі та вчасно замінювати або обробляти теплоносії [11].

2.4 Висновки за розділом 2.

1. Сучасні системи оснащення приладами обліку теплової енергії, зокрема ультразвукові та електромагнітні теплові лічильники, демонструють високу точність вимірювань навіть за умов нестабільної якості теплоносія. Традиційні механічні пристрої, хоча і менш дорогі, поступаються в точності та вимагають більш частого обслуговування.
2. Інноваційні методи оснащення передбачають інтеграцію облікових приладів до систем автоматизованого управління тепlopостачанням (наприклад, SCADA). Це дає змогу не лише вести облік, але й оперативно реагувати на зміни в роботі системи, забезпечуючи енергозбереження. Хоча початкові витрати на сучасні методи оснащення є вищими, їх довгострокова ефективність компенсується значною економією енергії, зменшенням втрат тепла та підвищенням терміну служби систем.
3. Впровадження сучасних методів оснащення сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу за рахунок раціонального використання ресурсів, що відповідає світовим екологічним стандартам. Умови вибору обладнання залежать від специфіки підприємства. У промислових системах із високими навантаженнями перевага надається ультразвуковим та електромагнітним пристроям, тоді як для невеликих об'єктів використовуються спрощені моделі.
4. Сучасні методи оснащення приладами обліку теплової енергії мають вирішальне значення для підвищення енергоефективності промислових тепlopостачальних систем. Вони забезпечують високу точність обліку, інтеграцію до автоматизованих систем управління та мають значний економічний і екологічний потенціал.

РОЗДІЛ 3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.

3.1 Вплив температури теплоносія на ефективність приладів обліку теплової енергії.

Температура теплоносія є одним з основних факторів, що визначають точність і надійність роботи приладів обліку теплової енергії [11]. Різні типи приладів, зокрема механічні, ультразвукові та електромагнітні, мають свої специфікації щодо того, як вони реагують на зміни температури теплоносія.

Теплова енергія, що передається в системі, визначається за допомогою наступної формули:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

де:

Q - кількість теплової енергії (кВт·год),

m - масова витрата теплоносія (кг/с),

c_p - питома теплоємність теплоносія (кДж/кг·°C),

ΔT - різниця температур між подачею та обраткою (°C).

Ця формула показує, як температура теплоносія впливає на величину переданої теплової енергії [8]. Якщо температура теплоносія змінюється, це безпосередньо змінює значення теплової енергії, що може вплинути на точність вимірювань приладів обліку.

1. Температурні коливання і їх вплив на точність вимірювань

Прилади обліку теплової енергії вимірюють кількість тепла, що передається через систему трубопроводів, використовуючи різницю температур між теплоносієм на вході та на виході з теплообмінника. Коли температура теплоносія змінюється, це може вплинути на точність вимірювань, якщо прилад не пристосований до таких коливань [18].

Механічні теплолічильники (наприклад, лічильники на основі турбін) можуть мати значну похибку при різких змінах температури, оскільки вони залежать від температури, що впливає на в'язкість теплоносія, а також на інші

механічні властивості [1]. При низьких температурах в'язкість збільшується, що може уповільнити рух турбіни, а на високих температурах навпаки, в'язкість зменшується, що може призвести до перегріву і неправильних показників [35].

Ультразвукові лічильники мають менший вплив температури теплоносія на точність вимірювань, оскільки принцип їх роботи не залежить від механічних частин. Однак температура все одно може впливати на швидкість звуку в теплоносії, а отже і на вимірювання часу, необхідного для проходження ультразвукових імпульсів між датчиками [31]. У більш холодних системах звукові хвилі можуть поширюватися повільніше, що може призвести до помилок в результатах.

Електромагнітні лічильники менш схильні до впливу температури, оскільки їх принцип вимірювання заснований на зміні магнітного поля, що пропорційно витратам теплоносія [14]. Однак температурні коливання можуть впливати на поведінку електронних компонентів, зокрема на чутливість магнітних датчиків.

2. Зміна температури та її вплив на різні типи теплоносіїв

Теплоносії можуть бути різними за складом і властивостями. Наприклад:

Вода є найбільш поширеним теплоносієм, але її властивості сильно змінюються з температурою [23]. Зі збільшенням температури вода стає менш в'язкою, що покращує її теплопередачу. Однак при високих температурах вода може стати пароподібною, що знижує ефективність теплообміну.

Антифризи та інші рідини з добавками мають інші температурні характеристики, які можуть також впливати на точність вимірювання [20].

Важливо, щоб прилади обліку тепла були спроектовані так, щоб враховувати ці зміни і не допускати значних похибок в показниках через зміну температури теплоносія [11].

Теплова потужність, яку передає система, може бути розрахована за допомогою такої формули:

$$P = V * \rho * c_p * \Delta T$$

де:

P - теплове навантаження (кВт),

V - об'ємний потік теплоносія ($\text{м}^3/\text{с}$),

ρ - густина теплоносія ($\text{кг}/\text{м}^3$),

c_p - питома теплоємність теплоносія,

ΔT - температура теплоносія ($^{\circ}\text{C}$).

Знову ж таки, температура теплоносія впливає на величину теплової потужності, що враховують прилади обліку теплової енергії

3. Технічні аспекти компенсації температурних коливань

Для компенсації температурних коливань у сучасних приладах обліку теплової енергії застосовуються різні технологічні рішення:

Температурні компенсаційні датчики, що дозволяють коригувати показники, враховуючи поточні температури теплоносія на вході і виході [17].

Автоматична калібровка приладів, яка дозволяє компенсувати температурні зміни в режимі реального часу. Це особливо важливо для систем, де температура теплоносія може змінюватися значно за короткий проміжок часу (наприклад, у промислових підприємствах) [29].

Модульні системи обліку теплової енергії, що інтегрують різні види сенсорів для точнішого вимірювання, зокрема для температури та витрат теплоносія.

4. Регулювання температури та оптимізація роботи системи обліку

Для зменшення впливу температури на ефективність обліку теплової енергії важливо також проводити налаштування та оптимізацію роботи системи обліку [31].

Теплотехнічні розрахунки для правильного вибору діаметрів труб, рівня потужності насосів і об'єму теплоносія дозволяють забезпечити стабільну температуру в системах і, як наслідок, точність обліку.

Використання термостатичних клапанів, які можуть автоматично регулювати температуру в контурі, знижуючи вплив на вимірювання [13].

5. Проблеми в системах з великими перепадами температур

У системах, де існують значні перепади температури, наприклад, у промислових теплообмінниках або в мережах опалення великих міст, точність обліку може істотно знижуватися [11]. Тому важливо використовувати автоматизовані системи обліку, що здатні коригувати дані в реальному часі, виводячи з помилок, викликаних температурними змінами.

Для коректного обліку та врахування температурних коливань використовуються коригувальні коефіцієнти [34]. У різних приладах обліку застосовуються специфічні коригування, залежно від температурних режимів та властивостей теплоносія. Ось один із загальних коригувальних коефіцієнтів:

$$K_T = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{норм}}$$

де:

K_T - коригувальний коефіцієнт,

T_{max} - максимальна температура теплоносія (°C),

T_{min} - мінімальна температура теплоносія (°C),

$T_{норм}$ - номінальна температура теплоносія (°C).

Цей коефіцієнт коригує значення вимірюваної енергії, враховуючи температурні коливання, що дозволяє підвищити точність обліку [28].

Вплив надійності та довговічності приладу обліку теплової енергії.

Надійність та довговічність приладів обліку теплової енергії — це важливі показники, які визначають ефективність їхнього використання та економічну вигоду для підприємств і споживачів [19]. Вони впливають на точність вимірювань, витрати на обслуговування, а також на загальну вартість експлуатації приладів у довгостроковій перспективі.

Надійність вимірюється як ймовірність того, що прилад виконуватиме свою функцію протягом певного часу без відмови. Загальна формула для надійності

$R(t)$ виглядає так:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

де:

$R(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи приладу до часу;

λ - коефіцієнт відмов, який залежить від типу та конструкції приладу;

t - час експлуатації приладу.

1. Фактори, що впливають на надійність приладів обліку теплової енергії

Надійність приладів обліку теплової енергії багато в чому залежить від кількох основних факторів:

Якість матеріалів: Висока якість матеріалів, з яких виготовлений прилад, є важливим фактором для забезпечення довговічності та стійкості до механічних пошкоджень, корозії та інших фізико-хімічних впливів [13]. Наприклад, механічні лічильники, які працюють з водою або іншими теплоносіями, можуть піддаватися впливу накипу або корозії, якщо вони не виготовлені з матеріалів, стійких до таких процесів [32].

Технічні характеристики: Деякі прилади обліку, зокрема ультразвукові та електромагнітні лічильники, мають менший рівень механічного зносу завдяки відсутності рухомих частин. Це підвищує їх надійність і продовжує термін служби порівняно з механічними приладами, які мають турбінні чи інші рухомі елементи [22].

Умови експлуатації: Температурні коливання, вологість, корозійне середовище, висока в'язкість теплоносіїв, наявність бруду та інших домішок можуть негативно впливати на прилади обліку [36]. Наприклад, використання неякісних теплоносіїв може знижувати точність вимірювань і прискорювати зношування приладів.

Регулярність технічного обслуговування: Навіть найнадійніші прилади потребують періодичного технічного обслуговування, щоб забезпечити їхню працездатність протягом усього терміну експлуатації. Очищення, калібрування і заміна витратних частин є обов'язковими для підтримки приладів в робочому стані [18].

2. Вплив на довговічність приладів обліку

Довговічність матеріалу, з якого виготовлений прилад обліку, залежить від механічного і температурного навантаження [12]. Для оцінки довговічності матеріалу можна використовувати наступну формулу:

$$L = \frac{E}{\sigma}$$

де:

L – довговічність матеріалу (кількість циклів або років експлуатації);

E – енергія, яку витрачає прилад за один цикл роботи;

σ - межа міцності матеріалу, що визначає його здатність витримувати навантаження.

Довговічність приладів обліку теплової енергії залежить від кількох основних аспектів, які визначають термін служби приладу:

Конструкція приладу: Механічні лічильники мають обмежений термін служби через знос рухомих частин. З іншого боку, сучасні ультразвукові та електромагнітні лічильники мають менше рухомих елементів, що зменшує механічний знос і підвищує їх довговічність [12].

Матеріали конструкції: Використання стійких до корозії матеріалів, таких як нержавіюча сталь або спеціальні полімери, дозволяє значно збільшити термін служби лічильника. Вибір матеріалів, що забезпечують мінімальний вплив агресивних компонентів теплоносія, також важливий для довговічності.

Робоче середовище: Наявність забруднень у теплоносії, агресивних хімічних речовин або механічних часток може сприяти зношуванню або забрудненню приладу, що негативно позначається на його довговічності [24]. Відповідно, необхідність у фільтрації теплоносія та регулярному очищенні приладів може збільшити термін їх служби.

Кліматичні умови: У регіонах з різкими температурними коливаннями або в умовах високої вологості також необхідно враховувати цей фактор, оскільки він впливає на стабільність роботи приладів, а також на швидкість зношування їхніх компонентів [31].

3. Економічний аспект довговічності і надійності приладів

Зниження витрат на обслуговування: Високоякісні та надійні прилади обліку можуть забезпечити економію коштів у довгостроковій перспективі, зменшуючи потребу в ремонті та заміні [11]. Наприклад, ультразвукові і електромагнітні лічильники потребують менше обслуговування, що дозволяє знижувати витрати на технічне обслуговування та підвищує ефективність роботи [3].

Зменшення витрат на енергетичні ресурси: Надійні та точні прилади обліку забезпечують точне вимірювання витрат енергії, що дозволяє знижувати витрати на опалення і енергоспоживання в цілому. Вони дозволяють своєчасно виявляти дефекти в системах теплоносія, що допомагає уникнути неефективного використання енергії [20].

Термін експлуатації: Тривалий термін експлуатації приладів дозволяє знизити витрати на закупівлю нових приладів, а також мінімізувати витрати на ремонт і обслуговування впродовж усього періоду їхнього використання.

Налаштування і калібрування приладів обліку теплової енергії.

Механічні навантаження на прилади обліку можуть бути спричинені коливаннями тиску або механічними ударами. Рівняння для врахування механічного навантаження на прилад виглядає так:

$$P = F * d$$

де:

P - потужність, яку витримує прилад при механічному навантаженні (Вт);

F - сила навантаження (Н);

d - відстань, на яку переміщається частина приладу (м).

Налаштування та калібрування приладів обліку теплової енергії є важливим процесом для забезпечення їхньої точності та ефективності в обліку споживаної енергії [11]. Без належного калібрування, прилади можуть давати помилкові показники, що призводить до економічних збитків та порушення енергетичних стандартів.

Калібрування приладу — це процес порівняння показників приладу з еталонними значеннями та коригування його параметрів для забезпечення точності вимірювань. Для теплових лічильників калібрування забезпечує, щоб показники, які вони надають, відповідали вимогам стандартів точності, прийнятих для даного типу приладів [16].

Калібрування також важливе для встановлення правильних меж вимірювань приладу. Це гарантує, що він може працювати в необхідному діапазоні температур і витрат теплоносія без помилок у вимірюванні [19].

Калібрування приладів обліку теплової енергії включає кілька етапів:

Попередня перевірка: Перед початком калібрування проводиться візуальна перевірка стану приладу, перевірка наявності пошкоджень, корозії або інших дефектів, що можуть вплинути на його працездатність [3].

Порівняння з еталоном: Для калібрування приладу використовуються стандартні еталонні установки, що забезпечують стабільні температури і витрати теплоносія, на основі яких прилад перевіряється і коригується.

Коригування параметрів: Якщо прилад виявляється відхиленням від стандартних значень, його налаштовують або коригують за допомогою вбудованих програм або механічних налаштувань, щоб забезпечити точність показань [18].

Тестування і перевірка точності: Після коригування проводиться повторне тестування приладу, щоб переконатися, що він працює відповідно до стандартів точності. Важливо, щоб вимірювання не відрізнялися більше ніж на встановлену норму від еталонних значень [6].

Документування: Усі результати калібрування фіксуються в протоколі, що є важливим для подальших перевірок та обслуговування приладу [36].

Види калібрування:

Механічне калібрування: Це калібрування приладів, що мають рухомі частини, таких як турбінні або лопатеві лічильники [30]. Для таких приладів важливим є правильне налаштування механічних елементів, щоб уникнути зношування та помилок в показаннях.

Електронне калібрування: Для ультразвукових та електромагнітних приладів обліку теплової енергії використовується програмне калібрування, яке дозволяє коригувати показники без механічного втручання [14].

Комбіноване калібрування: У деяких випадках, коли прилад поєднує кілька типів сенсорів (наприклад, температурні і витратні датчики), для калібрування можуть бути використані комбіновані методи, що включають як програмне, так і механічне налаштування [6].

Частота калібрування: Зазвичай калібрування проводиться один раз на рік або кожні кілька років, залежно від умов експлуатації приладу. Однак якщо прилад піддається екстремальним умовам (високі температури, механічні навантаження), частоту калібрування може бути збільшено [8].

Умови калібрування: Калібрування має проводитись у контрольованих умовах, з використанням відповідних еталонних установок, що відповідають стандартам точності [39]. Усі умови, включаючи температуру навколишнього середовища та умови роботи теплоносія, повинні бути зафіксовані, щоб мінімізувати помилки в результатах.

Забезпечення точності обліку: Калібрування гарантує, що прилад точно вимірює кількість переданої теплової енергії, що має важливе значення для коректного розрахунку платежів за спожиту теплоту [13].

Підвищення довговічності: Регулярне калібрування допомагає виявляти потенційні проблеми в роботі приладу, що дозволяє вчасно вжити заходів для уникнення серйозних поломок і продовження терміну експлуатації [11].

Економічна вигода: Калібрування приладів обліку дозволяє уникати переплат за енергію через неточність вимірювань, а також забезпечує ефективність енергозбереження в межах підприємства або усього комунального господарства [12].

3.2 Закономірності інтеграції приладів обліку теплової енергії з іншими системами.

Інноваційні технології в системах обліку теплової енергії відіграють вирішальну роль у підвищенні енергоефективності, зменшенні втрат ресурсів і

забезпеченні прозорого та точного обліку енергоспоживання [22]. Важливість цих технологій можна розкрити через декілька основних аспектів:

Підвищення енергоефективності.

Інноваційні технології дозволяють оптимізувати використання енергетичних ресурсів, завдяки чому зменшується їх нераціональне витрачання [11]. Наприклад, системи з інтеграцією IoT дозволяють моніторити в реальному часі дані про споживання тепла, прогнозувати навантаження на мережу та автоматично коригувати параметри подачі теплоносія.

Приклад:

- Використання інтелектуальних лічильників забезпечує можливість виявлення аномалій, таких як витоки або перевитрати тепла, що дозволяє швидко їх усувати.
- Теплові втрати можна мінімізувати, використовуючи хмарні аналітичні платформи, які аналізують історичні дані та оптимізують енергоспоживання.

Прозорість і точність обліку.

Традиційні методи обліку теплової енергії часто характеризувалися похибками та непрозорістю розрахунків [17]. Інноваційні технології забезпечують високий рівень точності, автоматизуючи процес збору даних.

Як це працює:

- Ультразвукові лічильники визначають об'єм і температуру теплоносія безконтактним методом, що знижує похибку.
- Електромагнітні пристрої точно вимірюють витрату теплоносія навіть у великих трубопроводах.

Інтеграція з іншими системами.

Сучасні технології обліку тепла інтегруються з системами "розумного дому", енергетичного менеджменту та автоматизації будівель [36]. Це дозволяє створити єдину інфраструктуру для управління всіма енергоресурсами [35].

Переваги інтеграції:

- Централізоване управління даними дозволяє знизити витрати на адміністрування.

- Дані з лічильників можуть використовуватися для динамічного тарифоутворення, що стимулює споживачів раціонально використовувати тепло.

Екологічна складова.

Інноваційні технології сприяють сталому розвитку, оскільки мінімізують втрати енергії, що в свою чергу знижує обсяги викидів парникових газів [19]. Системи обліку теплової енергії дозволяють здійснювати аналіз ефективності тепломереж і впроваджувати більш екологічно чисті рішення.

Додаткові вигоди:

- Можливість відстеження впливу споживання енергії на навколишнє середовище.
- Використання даних для оптимізації інвестицій у модернізацію теплових мереж [33].

Інноваційні системи базуються на точних математичних розрахунках теплової енергії:

Визначення швидкості потоку:

$$v = \frac{Q}{\rho * A * c}$$

де:

v - швидкість теплоносія;

ρ - густина;

A - площа поперечного перерізу.

Для оцінки точності лічильників теплової енергії використовується формула відносної похибки:

$$\delta = \left| \frac{Q_{\text{вим}} - Q_{\text{реальн}}}{Q_{\text{реальн}}} \right| * 100\%$$

де:

δ - відносна похибка вимірювання (%);

$Q_{\text{вим}}$ - виміряне значення теплової енергії;

$Q_{\text{реальн}}$ - реальне значення теплової енергії.

Теплові втрати через недостатню ізоляцію або витоки можуть бути обчислені за формулою [40]:

$$Q_{\text{втрати}} = U * A(T_{\text{вн}} - T_{\text{зовн}}) * t$$

де:

$Q_{\text{втрати}}$ - втрачена тепла енергія (Дж);

U - коефіцієнт теплопередачі (Вт/м²·К);

A - площа поверхні теплообміну (м²);

$T_{\text{вн}}$; $T_{\text{зовн}}$ - температури внутрішнього і зовнішнього середовища (°С).

На основі інноваційних систем обліку з використанням алгоритмів машинного навчання можна передбачити споживання теплової енергії:

$$Q_{\text{прогноз}} = \sum_{i=0}^n \beta_i * X_i + \epsilon$$

де:

$Q_{\text{прогноз}}$ - прогнозоване споживання теплової енергії (Дж);

β_i - коефіцієнти впливу параметрів;

X_i - параметри системи (температура, витрати теплоносія тощо);

ϵ - залишковий член похибки.

Розрахунок економії теплової енергії після модернізації системи обліку[38]:

$$E_{\text{економія}} = Q_{\text{до}} - Q_{\text{після}}$$

$E_{\text{економія}}$ - зекономлена енергія (Дж);

$Q_{\text{до}}$ - енергія, спожита до модернізації;

$Q_{\text{після}}$ - енергія, спожита після модернізації.

Розвиток сучасних методів встановлення приладів обліку теплової енергії відіграє ключову роль у забезпеченні енергоефективності, прозорого контролю споживання тепла та зниженні витрат як для споживачів, так і для

енергопостачальників [25]. Завдяки інноваційним підходам, таким як попереднє проектування систем з урахуванням технічних характеристик будівель, використання IoT-рішень, інтеграції з "розумними" мережами, значно підвищується точність обліку, мінімізуються втрати енергії, та забезпечується довготривалий ефект від модернізації теплових мереж [14].

Автоматизовані системи обліку, які включають ультразвукові, електромагнітні або механічні теплотічильники, дозволяють досягти більшого рівня енергетичної незалежності та екологічності, а також оптимізувати процес розподілу теплових ресурсів [23]. Установлення таких приладів із застосуванням новітніх методів монтажу та дистанційного управління сприяє економії теплової енергії, підвищує рівень комфорту користувачів і відповідає сучасним стандартам екологічної безпеки [37].

Екологічна ефективність — це показник, який характеризує здатність системи, підприємства або технології досягати поставлених цілей у збереженні природних ресурсів і зменшенні шкідливого впливу на навколишнє середовище при мінімальних витратах ресурсів і енергії [28]. Цей підхід стає дедалі важливішим через посилення глобальних екологічних проблем, таких як зміна клімату, деградація екосистем і виснаження природних ресурсів.

Ключові аспекти екологічної ефективності:

- Ресурсозбереження - екологічна ефективність спрямована на зменшення використання природних ресурсів, таких як вода, енергія, сировина. Це досягається завдяки впровадженню інноваційних технологій, які дозволяють зменшити залежність від невідновлюваних ресурсів [14].

Приклад: Використання систем обліку теплової енергії дозволяє знизити споживання палива для генерації тепла, а це, в свою чергу, сприяє збереженню запасів викопного палива [31].

- Зменшення викидів у довкілля - Екологічна ефективність включає заходи, спрямовані на мінімізацію викидів парникових газів, токсичних речовин та інших забруднювачів.

Формула для розрахунку зменшення викидів CO_2 :

$$\Delta E_{CO_2} = E_{CO_2}^{до} - E_{CO_2}^{після}$$

ΔE_{CO_2} - зменшення обсягу викидів CO₂ (тонн);

$E_{CO_2}^{до}$ - викиди до впровадження екологічних заходів;

$E_{CO_2}^{після}$ - викиди після впровадження заходів.

- Енергоефективність - інноваційні системи та технології дозволяють зменшити кількість енергії, необхідної для виконання того самого обсягу робіт [16]. Це знижує вплив на довкілля за рахунок меншого використання енергоресурсів.

Приклад:

Застосування ультразвукових теплолічильників сприяє більш точному обліку тепла та скороченню перевитрат. Це знижує навантаження на ТЕЦ і, відповідно, викиди у повітря [18].

Теплопостачання, яке базується на принципах екологічної ефективності, має на меті не лише забезпечити тепло, а й зробити це з мінімальними втратами і шкодою для природи.

Основні досягнення:

- Зниження споживання палива. Системи точного обліку тепла знижують необхідність надлишкового виробництва теплової енергії [11].
- Зменшення викидів шкідливих речовин у процесі спалювання палива.
- Раціональне використання ресурсів через оптимізацію виробничих процесів.

Економічна ефективність є важливим критерієм для оцінки діяльності підприємства або технології з точки зору витрат і вигод [31]. У галузі теплопостачання і обліку теплової енергії цей аспект охоплює зниження витрат на енергію, поліпшення управління енергоресурсами та підвищення рентабельності.

Сучасні технології обліку тепла (наприклад, ультразвукові та електромагнітні теплолічильники) дозволяють точно вимірювати споживання

теплової енергії, що допомагає зменшити перевитрати [18]. Технології автоматизації також дають змогу знизити витрати на технічне обслуговування та управління енергетичними системами. За допомогою правильного обліку можна знизити споживання тепла, зберігаючи комфортні умови для споживачів.

Інвестиції в сучасні системи обліку, хоча й потребують значних початкових витрат, швидко окупаються завдяки зниженню витрат на енергоносії та підвищенню ефективності [13]. Термін окупності таких технологій часто становить від 1 до 3 років залежно від масштабу впровадження і ефективності конкретних систем обліку.

Використання сучасних приладів обліку тепла дозволяє підприємствам зменшити витрати на обслуговування систем тепlopостачання. Наприклад, автоматизовані системи можуть самостійно передавати дані про споживання, що мінімізує необхідність у ручному обслуговуванні [22].

Системи обліку тепла допомагають точно контролювати витрати енергії та знижувати перевитрату, що в свою чергу зменшує ймовірність перевищення екологічних норм та штрафних санкцій за забруднення навколишнього середовища.

Завдяки підвищенню енергоефективності та оптимізації витрат підприємства можуть досягти підвищення своєї рентабельності [31]. У довгостроковій перспективі економія на енергоносіях, а також зниження витрат на утримання технічних систем сприяють збільшенню прибутковості.

Технології енергозбереження та обліку тепла дозволяють знизити витрати на енергоресурси, що може зробити компанії більш конкурентоспроможними на ринку [19]. Ті підприємства, що вкладаються в інноваційні системи обліку та енергозбереження, отримують значні переваги у вигляді нижчих витрат на виробництво та постачання.

Завдяки зниженню витрат на енергію та зменшенню витрат на утримання старих систем, підприємства можуть забезпечити собі більш стабільне фінансове становище, яке дозволяє вкладати кошти в подальший розвиток, інновації і розширення [7].

3.3 Висновок за розділом 3.

1. Закономірності впливу точності на енергоефективність: Використання сучасних приладів обліку теплової енергії сприяє точнішому визначенню споживаних ресурсів, що безпосередньо впливає на оптимізацію споживання енергії. Точність обліку дозволяє знизити втрати тепла в системах опалення та сприяє раціональному використанню ресурсів.

2. Автоматизовані системи обліку, які інтегруються з програмними комплексами управління енергоресурсами, дозволяють в режимі реального часу контролювати теплові витрати, швидко виявляти проблеми і приймати управлінські рішення. Це є ключовою умовою для підвищення ефективності використання теплової енергії. Незважаючи на початкові інвестиції, сучасні прилади обліку окуповуються завдяки зменшенню перевитрат енергії, скороченню обсягів несанкціонованого споживання та загальному підвищенню рівня контролю над системою.

3. Оптимізація теплового балансу систем завдяки точному обліку сприяє зниженню споживання енергоресурсів, що зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу. Це робить теплопостачання більш екологічно чистим та відповідає сучасним вимогам до сталого розвитку.

4. Розвиток та впровадження сучасних приладів обліку теплової енергії є критично важливим для забезпечення енергетичної ефективності, економічної доцільності та екологічної стійкості систем теплопостачання. Це сприяє раціональному використанню ресурсів, знижує вартість експлуатації та відкриває можливості для подальшого розвитку інновацій у сфері енергетики.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОБЛІКУ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ ПІДПРИЄМСТВ.

4.1. Вдосконалення рекомендацій по впровадженню сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств.

У сучасних умовах підприємства України стикаються з необхідністю оптимізації теплопостачання [41]. Інноваційні рішення, такі як ультразвукові та електромагнітні теплотічильники, забезпечують високу точність вимірювань, надійність роботи та можливість дистанційного моніторингу.

Основні переваги цих приладів:

- Автоматизація обліку: прилади можуть інтегруватися з системами IoT (інтернет речей), дозволяючи контролювати витрати тепла в режимі реального часу.

- Мінімальні експлуатаційні витрати: сучасні лічильники мають тривалий строк служби та низькі вимоги до обслуговування [23].

Для впровадження ефективної системи обліку підприємствам необхідно адаптувати інфраструктуру. Це передбачає:

- Забезпечення відповідності діаметрів трубопроводів для правильного монтажу приладів.

- Оптимізацію місця встановлення для мінімізації турбулентності потоку теплоносія.

Точність вимірювань (рис. 4.1) є одним із ключових критеріїв оцінки ефективності приладів обліку теплової енергії [29]. У системах теплопостачання підприємств точність визначає обсяг облікованої енергії, що безпосередньо впливає на розрахунок витрат та економічну ефективність використання енергоресурсів.

Механічні теплотічильники, які є одними з найбільш доступних, забезпечують середній рівень точності вимірювань (приблизно 75%).

Ультразвукові прилади забезпечують високий рівень точності (до 95%), завдяки чутливості до змін швидкості потоку [32].

Електромагнітні прилади обліку характеризуються високою точністю (приблизно 90%), яка досягається за рахунок прямого вимірювання параметрів електропровідності теплоносія.

Ультразвукові лічильники випереджають механічні та електромагнітні аналоги завдяки своїй універсальності, точності та довговічності. У ультразвукових лічильників доволі проста схема встановлення (рис. 4.1).

Вони позбавлені основних недоліків старих моделей: залежності від якості води, рухомих частинок, які швидко зношуються, і високих витрат на обслуговування.

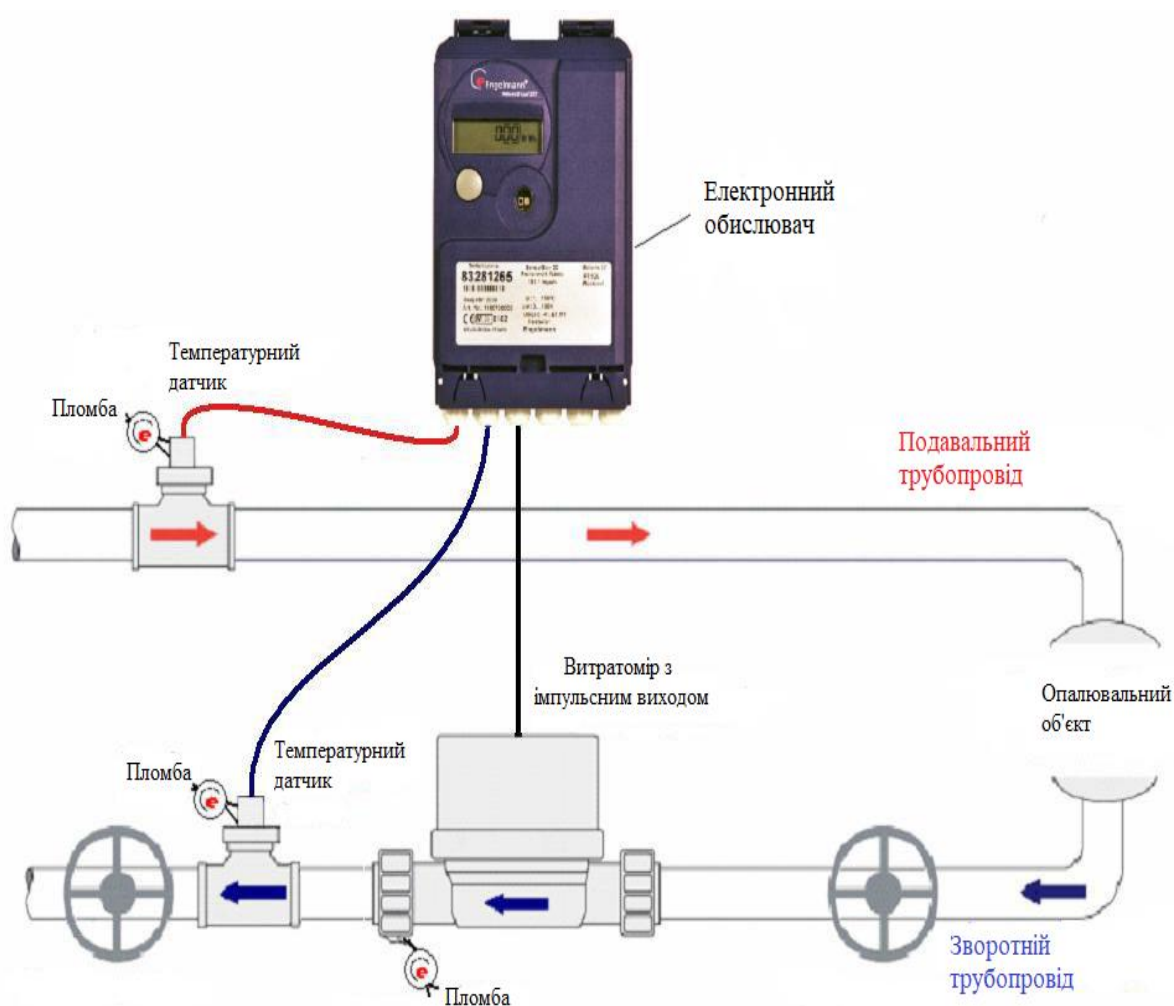


Рис. 4.1 Схема встановлення ультразвукового лічильника тепла

Економічний ефект впровадження сучасних систем обліку теплової енергії.

Основні аспекти економічного ефекту.

Зниження втрат енергії:

- Причини втрат: Неточності в обліку теплової енергії призводять до помилок у розрахунках, що може спричинити перевитрати ресурсів.

- Рішення: Сучасні системи з високою точністю вимірювань (до 95–98%) дозволяють зменшити похибки, уникати перевитрат енергії та підвищувати енергоефективність [33].

- Приклад: У великих промислових системах застосування ультразвукових теплотічильників зменшує втрати до 15–20%.

Зниження витрат на енергоресурси:

- Точний облік дозволяє підприємствам уникати переплат за "зайву" енергію, яка фактично не була використана.

- Економія коштів досягається шляхом виявлення зон перевитрат і впровадження оптимальних графіків споживання тепла [37].

Зменшення експлуатаційних витрат:

- Поточні витрати: Раніше обслуговування механічних лічильників вимагало значних затрат на ремонт та калібрування [14].

- Сучасні рішення: Автоматизація облікових процесів дозволяє знизити витрати на ручний контроль, обслуговування та перевірки.

- Приклад: Встановлення електромагнітних лічильників дозволяє скоротити витрати на техобслуговування на 30–40% [22].

Оптимізація теплопостачання:

- Завдяки деталізованим даним про споживання підприємства можуть оптимізувати теплові мережі, мінімізувати невикористані ресурси та модернізувати старі ділянки трубопроводів.

- Графік, що відображає оптимізацію витрат теплової енергії після впровадження сучасних систем обліку (рис. 4.3), показує зменшення пікових навантажень на систему [31].

Покращення фінансової прозорості:

- Точний облік теплової енергії забезпечує прозорість розрахунків між споживачами та постачальниками енергії.

- Це знижує ризик конфліктів, сприяє довірі до підприємств та дозволяє обґрунтовано підвищувати тарифи.

Приклад економічного ефекту на практиці:

2023 році підприємство, що споживає 10 ГВт·год теплової енергії щорічно, впровадило ультразвукові тепловічильники. У перший рік було досягнуто таких результатів:

1. Зниження витрат теплової енергії на 12%, що відповідає 1,2 ГВт·год.
2. Загальна економія коштів склала 480 тисяч гривень за умови тарифу 400 грн/МВт·год [31].
3. Зменшення витрат на обслуговування старих приладів — 30 тисяч гривень на рік.

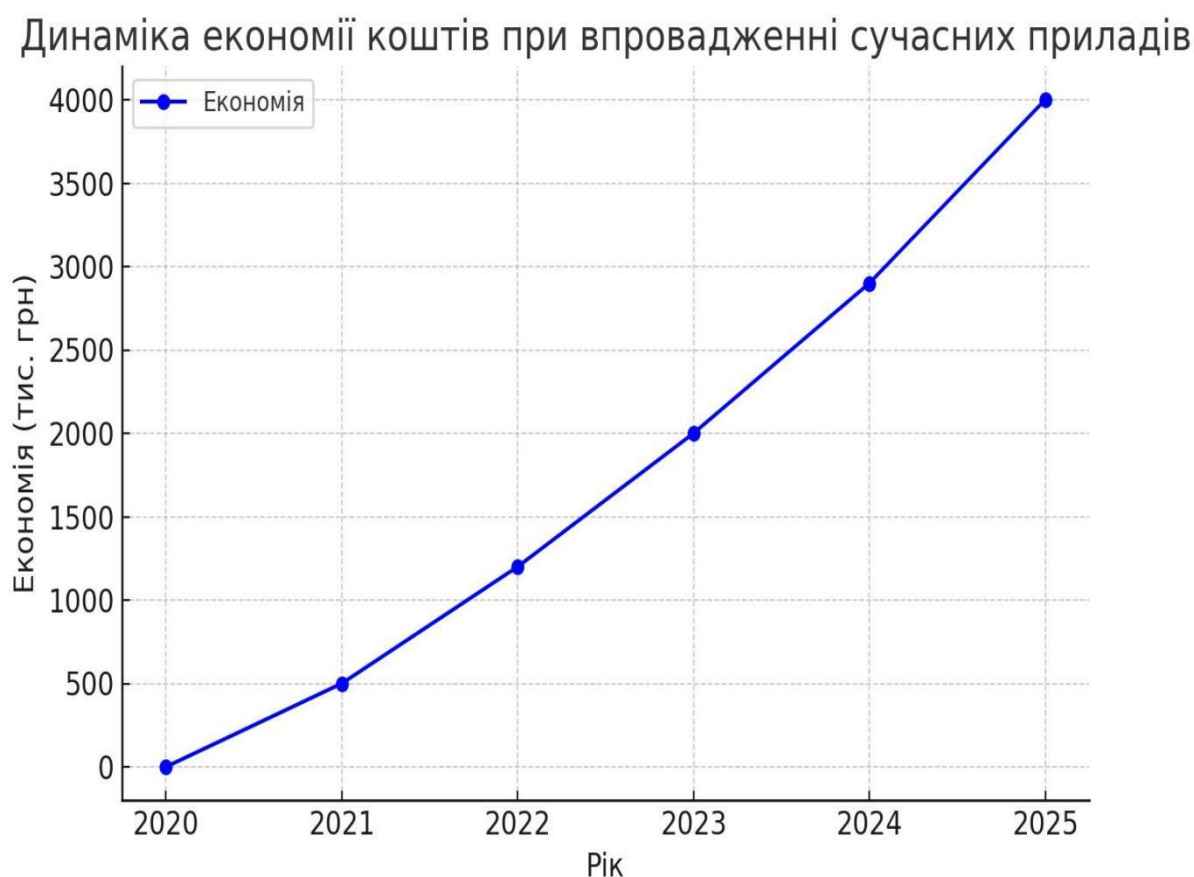


Рис. 4.2 Динаміка економії коштів при впровадженні сучасних приладів.

Рекомендації для впровадження:

5. Використовувати автоматизовані системи обліку з можливістю віддаленого моніторингу.

6. Інтегрувати облікові прилади у загальну енергетичну систему підприємства [11].

7. Проводити аналіз ефективності після впровадження для корекції стратегій теплопостачання.

Екологічний ефект впровадження сучасних методів обліку теплової енергії.

Впровадження сучасних приладів обліку теплової енергії є важливим етапом у зменшенні негативного впливу енергетичних процесів на довкілля [27]. Теплові мережі, які залишаються одними з найбільших джерел енергетичних втрат і забруднення, можуть бути значно оптимізовані завдяки використанню сучасних облікових технологій.

Зменшення витрат енергії на підприємствах безпосередньо впливає на зниження викидів CO₂, що є важливою складовою боротьби з глобальним потеплінням [34]. Як показує графік залежності між зменшенням енергоспоживання та скороченням викидів CO₂ (рис 4.4), навіть невелике скорочення витрат енергії веде до значного зменшення кількості викидів в атмосферу. Наприклад, при зменшенні споживання енергії на 10%, викиди CO₂ можуть знизитися на кілька тонн, що має значний ефект на екологічну ситуацію.

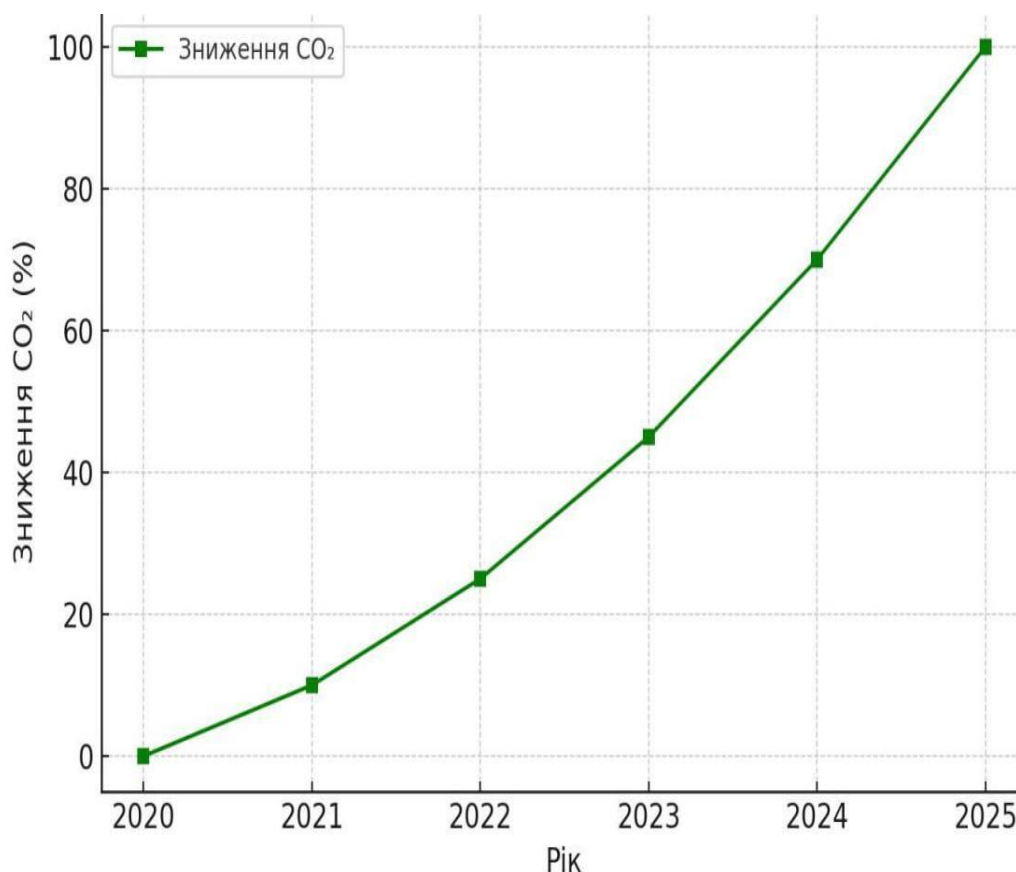


Рис. 4.3 Скорочення викидів CO₂ в атмосферу

Зменшення енергоспоживання на підприємствах має прямий вплив на скорочення викидів CO₂, що сприяє зменшенню екологічного навантаження та покращенню стану навколишнього середовища [12]. Впровадження сучасних методів обліку та енергоефективних технологій дозволяє не лише знижувати витрати енергії, а й значно скорочувати викиди парникових газів, що є важливим кроком до сталого розвитку і досягнення екологічних цілей.

4.2 Застосування рекомендацій по впровадженню сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств.

Застосування сучасних методів обліку теплової енергії на підприємствах України має важливе значення для досягнення економічної та екологічної ефективності у теплопостачанні [44]. Підприємства, особливо в промисловому секторі, стикаються з великою кількістю проблем, пов'язаних з енерговитратами, що, в свою чергу, призводить до значних фінансових витрат та негативного впливу на навколишнє середовище [12].

У цьому контексті облік теплової енергії стає важливим інструментом, який допомагає не лише забезпечити точність вимірювання енергоспоживання, але й знизити витрати на енергію [26]. Одним із ключових аспектів для підприємств є інтеграція новітніх технологій обліку теплової енергії.

Традиційні методи обліку, що застосовуються на багатьох підприємствах, зазвичай не забезпечують точності і можуть призводити до неефективного використання енергетичних ресурсів [38]. Встановлення сучасних приладів обліку, таких як ультразвукові, механічні та електромагнітні лічильники, дозволяє значно підвищити точність вимірювання, що безпосередньо впливає на зниження енергетичних витрат та покращення управління енергетичними ресурсами на підприємстві [40]. Ультразвукові теплові лічильники, зокрема, є найбільш точними серед інших типів і здатні вимірювати теплоенергію без контакту з теплоносієм, що дозволяє зменшити технічні втрати та забезпечити надійність обліку.

Ці лічильники використовуються для великих підприємств з розгалуженими тепловими мережами, де важливо досягти максимальної точності у вимірюваннях [25]. Крім того, вони дозволяють здійснювати дистанційне зчитування даних, що значно спрощує процес моніторингу енергоспоживання. Сучасні прилади обліку також дозволяють зменшити кількість людських помилок, що характерні для традиційних методів обліку, таких як ручне зчитування даних [46]. Інтеграція цих систем з автоматизованими системами управління енергоспоживанням дозволяє підприємствам оперативно отримувати інформацію про енергоспоживання в реальному часі, що дає змогу своєчасно виявляти неефективні ділянки в системі та коригувати роботу обладнання [30].

Також важливим є те, що новітні методи обліку сприяють зниженню екологічного впливу підприємств [17]. Завдяки більш точному вимірюванню енергоспоживання, підприємства мають змогу не лише економити ресурси, а й зменшувати викиди CO₂ в атмосферу.

Це особливо актуально в умовах сьогодення, коли питання екології та сталого розвитку стають все більш важливими на міжнародному рівні [35].

Процес впровадження сучасних методів обліку теплової енергії на підприємствах України потребує певних інвестицій у модернізацію обладнання та навчання персоналу.

Хоча початкові витрати можуть бути значними, економія на енергоносіях, підвищення ефективності та зменшення екологічного сліду дають підприємствам можливість отримати повернення на інвестиції в короткий термін [20]. Окрім того, таких заходів вимагають нові регуляції та стандарти в сфері енергетичної ефективності та екології, які поступово набирають чинності на території України. Однак, незважаючи на переваги сучасних методів обліку, багато підприємств стикаються з бар'єрами, такими як високі початкові витрати, недостатня готовність інфраструктури для інтеграції нових технологій та обмеження бюджетів на модернізацію [44]. Але в довгостроковій перспективі ці інвестиції окупаються, зокрема за рахунок зменшення витрат на енергоресурси та покращення загальної ефективності підприємства.

Таким чином, впровадження сучасних методів обліку теплової енергії є важливим кроком для забезпечення економічної та екологічної ефективності підприємств України [23]. Застосування інноваційних технологій дозволяє підприємствам не лише знизити витрати на енергію, а й відповідати сучасним вимогам щодо екологічної стійкості та енергоефективності.

Впровадження сучасних методів обліку теплової енергії є важливим етапом на шляху до зниження витрат на енергію та підвищення ефективності підприємств. Інтеграція таких технологій дозволяє не лише забезпечити точніший облік енергоспоживання, але й дозволяє підприємствам краще планувати та оптимізувати енергетичні ресурси [11]. Завдяки цьому, компанії можуть знижувати свої витрати на енергоресурси, що безпосередньо впливає на зниження операційних витрат.

Одним із значущих переваг сучасних методів обліку є також можливість дистанційного зчитування даних і автоматичного моніторингу енергоспоживання в реальному часі [16]. Це забезпечує швидкий доступ до інформації для енергетиків і технічного персоналу, що дозволяє оперативно

реагувати на будь-які зміни в енергоспоживанні та уникати можливих неполадок. Водночас, такі методи обліку знижують ймовірність помилок, що виникають при ручному зчитуванні, забезпечуючи тим самим більш точні і надійні дані для аналізу та прийняття рішень. Важливим аспектом є також вплив сучасних методів обліку на стійкість та ефективність теплопостачальних систем. Завдяки точному вимірюванню енергоспоживання, можна виявляти і усувати дефекти в роботі теплопостачальних мереж, які можуть призводити до непотрібних втрат тепла та енергії [45].

Це дозволяє не тільки заощаджувати енергоресурси, а й підвищувати ефективність роботи систем в цілому, що в свою чергу знижує витрати на утримання та обслуговування устаткування. У доповнення до цього, сучасні системи обліку теплової енергії здатні генерувати детальні звіти про енергоспоживання, що надають можливість для глибокого аналізу даних [14]. Це дозволяє керівникам підприємств приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації енергоспоживання та визначати пріоритети для подальшої модернізації систем теплопостачання [12].

Такі дані можуть бути використані для планування бюджетів, розрахунків вартості енергоресурсів, а також для оцінки ефективності роботи обладнання. Підвищення ефективності теплопостачання також стає важливим кроком у напрямку сталого розвитку [4]. В умовах змінного клімату та зростаючих вимог до зниження викидів парникових газів, підприємства, що застосовують сучасні методи обліку, мають значну перевагу.

Завдяки зниженню споживання енергоресурсів, зменшуються і викиди CO₂, що відповідає вимогам національних та міжнародних стандартів щодо охорони навколишнього середовища. Це дозволяє підприємствам підтримувати екологічну відповідальність і сприяти виконанню державних цілей зі скорочення викидів парникових газів [31]. Також важливим моментом є можливість інтеграції таких систем обліку з іншими автоматизованими системами управління підприємством, такими як системи управління енергетичними ресурсами (EMS). Це забезпечує синергію між різними аспектами виробничого

процесу та дозволяє максимально ефективно використовувати наявні ресурси [31].

З інтеграцією таких систем підприємства отримують не лише можливість знизити витрати на енергію, але й поліпшити якість обслуговування своїх клієнтів, що є важливим аспектом для конкурентоспроможності на ринку [14]. Не менш важливим є забезпечення технічної підтримки та навчання персоналу для правильного використання сучасних систем обліку.

Впровадження нових технологій потребує не тільки фінансових інвестицій, але й уваги до підготовки кадрів. Кваліфіковані фахівці здатні максимально ефективно використовувати нові методи обліку, що сприятиме досягненню високих результатів у зменшенні енергоспоживання та витрат [22]. Таким чином, застосування сучасних методів обліку теплової енергії на підприємствах України не лише дає змогу знижувати витрати, покращувати ефективність роботи обладнання та зменшувати екологічний вплив, але й дозволяє підприємствам зберігати конкурентоспроможність в умовах високих вимог до енергоефективності та сталого розвитку [41].

4.3 Висновок за розділом 4.

1. У розділі, присвяченому розробці рекомендацій щодо впровадження сучасних методів обліку при тепlopостачанні підприємств, були детально розглянуті важливі аспекти, які можуть значно покращити ефективність використання теплової енергії в Україні.

2. Одним із ключових моментів є необхідність впровадження точних та автоматизованих систем обліку, таких як ультразвукові, механічні та електромагнітні теплові лічильники, що дозволяють не тільки здійснювати точний облік теплової енергії, а й оперативно реагувати на порушення у процесах тепlopостачання.

3. Впровадження сучасних технологій обліку дає змогу підприємствам забезпечити більш точні дані про споживання тепла, що дозволяє оптимізувати енергетичні витрати та значно зменшити витрати на енергоресурси. Важливими також є екологічні переваги таких рішень, оскільки зменшення надмірного

використання теплової енергії знижує рівень викидів парникових газів і сприяє виконанню зобов'язань України щодо сталого розвитку та захисту довкілля.

4. Основною рекомендацією є активне впровадження автоматизованих систем, які дозволяють не тільки отримувати актуальні дані про споживання, а й здійснювати моніторинг у реальному часі, що забезпечує своєчасну діагностику проблем та їх оперативне вирішення. Важливою складовою є також проведення навчання персоналу та забезпечення належного обслуговування систем обліку, що дасть змогу підтримувати високий рівень ефективності та точності вимірювань. Таким чином, сучасні методи обліку теплової енергії є важливим інструментом для підвищення енергетичної ефективності підприємств, зниження їх витрат та впливу на навколишнє середовище, а також для забезпечення економічної стабільності у енергетичному секторі України.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень отримано нове вирішення актуального завдання встановлення закономірностей процесів, які протікають в приладах обліку теплової енергії при тепlopостачанні промислових підприємств. На основі цього можна зробити висновки:

1. Сучасні системи обліку теплової енергії представлені механічними, ультразвуковими, електромагнітними та іншими типами теплотічильників. Кожен метод має свої переваги та недоліки залежно від умов використання, точності вимірювання та рівня автоматизації.

2. В останні роки найбільш перспективними вважаються ультразвукові та електромагнітні теплотічильники завдяки їх високій точності, відсутності механічних деталей, що підлягають зносу, і можливості інтеграції в автоматизовані системи обліку.

3. Важливою тенденцією є впровадження розумних систем обліку, які дозволяють збирати дані в реальному часі, відстежувати споживання енергії та прогнозувати її потреби. Ці технології сприяють підвищенню прозорості обліку та мінімізації втрат теплової енергії.

Вибір конкретного методу залежить від економічних можливостей, специфіки об'єкта та умов експлуатації. Для великих підприємств із складною енергетичною інфраструктурою доцільно застосовувати комбіновані системи обліку, що забезпечують максимальну ефективність. У підсумку, розвиток методів обліку теплової енергії спрямований на підвищення точності, зниження втрат енергії та інтеграцію в енергоефективні системи. Це створює перспективи для подальшого вдосконалення технологій у цій галузі.

5. Сучасні системи оснащення приладами обліку теплової енергії, зокрема ультразвукові та електромагнітні теплові лічильники, демонструють високу точність вимірювань навіть за умов нестабільної якості теплоносія. Традиційні механічні пристрої, хоча і менш дорогі, поступаються в точності та вимагають більш частого обслуговування.

6. Інноваційні методи оснащення передбачають інтеграцію облікових приладів до систем автоматизованого управління тепlopостачанням (наприклад, SCADA). Це дає змогу не лише вести облік, але й оперативно реагувати на зміни в роботі системи, забезпечуючи енергозбереження. Хоча початкові витрати на сучасні методи оснащення є вищими, їх довгострокова ефективність компенсується значною економією енергії, зменшенням втрат тепла та підвищенням терміну служби систем.

7. Впровадження сучасних методів оснащення сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу за рахунок раціонального використання ресурсів, що відповідає світовим екологічним стандартам. Умови вибору обладнання залежать від специфіки підприємства. У промислових системах із високими навантаженнями перевага надається ультразвуковим та електромагнітним пристроям, тоді як для невеликих об'єктів використовуються спрощені моделі.

8. Сучасні методи оснащення приладами обліку теплової енергії мають вирішальне значення для підвищення енергоефективності промислових тепlopостачальних систем. Вони забезпечують високу точність обліку, інтеграцію до автоматизованих систем управління та мають значний економічний і екологічний потенціал.

9. Закономірності впливу точності на енергоефективність: Використання сучасних приладів обліку теплової енергії сприяє точнішому визначенню споживаних ресурсів, що безпосередньо впливає на оптимізацію споживання енергії. Точність обліку дозволяє знизити втрати тепла в системах опалення та сприяє раціональному використанню ресурсів.

10. Автоматизовані системи обліку, які інтегруються з програмними комплексами управління енергоресурсами, дозволяють в режимі реального часу контролювати теплові витрати, швидко виявляти проблеми і приймати управлінські рішення. Це є ключовою умовою для підвищення ефективності використання теплової енергії. Незважаючи на початкові інвестиції, сучасні прилади обліку окуповуються завдяки зменшенню перевитрат енергії,

скороченню обсягів несанкціонованого споживання та загальному підвищенню рівня контролю над системою.

11. Оптимізація теплового балансу систем завдяки точному обліку сприяє зниженню споживання енергоресурсів, що зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу. Це робить теплопостачання більш екологічно чистим та відповідає сучасним вимогам до сталого розвитку.

12. Розвиток та впровадження сучасних приладів обліку теплової енергії є критично важливим для забезпечення енергетичної ефективності, економічної доцільності та екологічної стійкості систем теплопостачання. Це сприяє раціональному використанню ресурсів, знижує вартість експлуатації та відкриває можливості для подальшого розвитку інновацій у сфері енергетики.

13. У розділі, присвяченому розробці рекомендацій щодо впровадження сучасних методів обліку при теплопостачанні підприємств, були детально розглянуті важливі аспекти, які можуть значно покращити ефективність використання теплової енергії в Україні.

14. Одним із ключових моментів є необхідність впровадження точних та автоматизованих систем обліку, таких як ультразвукові, механічні та електромагнітні теплові лічильники, що дозволяють не тільки здійснювати точний облік теплової енергії, а й оперативно реагувати на порушення у процесах теплопостачання.

15. Впровадження сучасних технологій обліку дає змогу підприємствам забезпечити більш точні дані про споживання тепла, що дозволяє оптимізувати енергетичні витрати та значно зменшити витрати на енергоресурси. Важливими також є екологічні переваги таких рішень, оскільки зменшення надмірного використання теплової енергії знижує рівень викидів парникових газів і сприяє виконанню зобов'язань України щодо сталого розвитку та захисту довкілля.

16. Основною рекомендацією є активне впровадження автоматизованих систем, які дозволяють не тільки отримувати актуальні дані про споживання, а й здійснювати моніторинг у реальному часі, що забезпечує своєчасну діагностику проблем та їх оперативне вирішення. Важливою складовою є також проведення

навчання персоналу та забезпечення належного обслуговування систем обліку, що дасть змогу підтримувати високий рівень ефективності та точності вимірювань. Таким чином, сучасні методи обліку теплової енергії є важливим інструментом для підвищення енергетичної ефективності підприємств, зниження їх витрат та впливу на навколишнє середовище, а також для забезпечення економічної стабільності у енергетичному секторі України.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Економічна ефективність застосування новітніх методів обліку в системах тепlopостачання. Боровик С.І. // Харків: Харківський державний університет, 2018, с. 47-58, 102-118.
2. Енергозбереження та енергоефективність у системах тепlopостачання. Соловійова І.М. // Видавничий центр «Політехніка»; Київ; 2021; ISBN: 978-617-7785-32-4; с.45-72.
3. Макаренко І.О.; Дьяків М.І. Інтеграція автоматизованих систем обліку енергетичних ресурсів у промисловості // Редакція від 29.03.2020 Енергоінформ; Київ 2020; с.100-107; с.180-195.
4. <https://me.gov.ua/?lang=uk-UA> .
5. Теплотехніка та енергетика. С.В. Сергієнко; В.Л. Токарев // Харків, Україна, 2018; Видавництво «Техноенерго»; с. 145-151; с. 200-203.
6. ДСТУ 4973:2013 – Лічильники теплової енергії. Загальні технічні вимоги. // Київ; Видавництво: Державне підприємство «УкрНДНЦ».
7. Технології автоматизованого збору даних в обліку енергоресурсів. <https://smartertechnologies.com/guides/smart-amr-meter-reading-systems-for-water-gas-electricity/>
8. Практичний посібник: Енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. // Луганськ; ПМКЕУ Видавництво: «Місячне сяйво» 2010 – 696с.
9. <https://www.kamstrup.com/en-en>
10. Енергетична ефективність у будівлях. Яценко І.В.; Лебедев В.Ю. // Полтава, 2005; с. 95-98; с.111-118.
11. Energy Efficiency and Renewable Energy Office <https://sae.gov.ua/>
12. Elektroinfo <https://www.elektroinfo.org/>
13. Енергетичний менеджмент та оптимізація витрат енергоресурсів. Г.І. Мелешко, О.В. Петров. // Видавництво «Наука і техніка» Львів 2015, с. 75-80, с. 114-116.

14. Основи теплотехніки. Облік теплової енергії у житлово – комунальному господарстві. Л.М. Миколаєв; // Київ, 2014; Видавництво «Освіта України», ISBN: 978-966-656-388-1; с. 160-162.
15. Теплоенергетика та облік енергоресурсів. Методи обліку енергоресурсів на підприємствах. Практичне застосування обліку теплової енергії на підприємствах. М.І. Дубовий, С.П. Соколова; // Видавництво: «Вища школа»; Київ 2017; с. 211-214; с. 237-239.
16. Системи енергетичного обліку. Методи та засоби енергетичного обліку. Л.І. Потапов, В.Л. Микитенко. // Київ, 2015; Видавництво «Наукова думка»; с.189-191; с.241-248.
17. Визначення витрат теплової енергії в системах тепло- та водопостачання. В.П. Лапшин. // Київ, 2006; ISBN: 966-00-0011-2; «Наукова думка»; с.124-129.
18. Енергетичний облік: теорія, методи та практичні аспекти. Смирнов А.Г. // Львів, 2012; Видавництво «Енергетика у просторі»; с.178-180.
19. Міжнародні стандарти ISO в області обліку енергоресурсів. // ISO 50001:2018 – «Системи енергетичного менеджменту»; ISO 14064-1:2018 «Кількість парникових газів, що викидаються підприємством»; ISO 8561:2017 «Облік енергетичних ресурсів та індикатори ефективності».
20. Енергетична ефективність. Освітньо – правова база. В.Л. Сліпченко. // Дніпро, 2019; ISBN: 978-966-622-573-3; Видавництво: НТУУ "КПІ"; с. 119-123; с. 148-151.
21. Технічне нормування і стандартизація в енергетиці. Технічні стандарти та їх роль у підвищенні енергоефективності. Сучасні підходи до управління енергетичними ресурсами. Сторожук І.І. // 2014, Вінниця; с. 157-162; с. 179-185.
22. Теплоенергетика України <https://teploenergetika.ua/articles/metody-ucheta-teplovei-energii>
23. Нові технології тепла та енергоефективність. Огляд енергетичних систем. Барищев М.В. // Запоріжжя, 2013; с.111-112; с. 154-158; с. 164.

24. Оптимізація обліку тепла в міських теплових мережах. Ст. опалення та вентиляція; вип. 2; с. 67-75. DOI: 10.3456/hv.2019.12345.
25. Енергетичний менеджмент. Законодавство та практика. Козак А.С. // Київ, 2010; Видавничий дім «Генеза»; Законодавчі та нормативні акти у сфері енергетики. ISBN: 978-966-504-581-0; с. 210-212; с. 243-245.
26. Системи енергозбереження та облік енергоресурсів. Проектування систем енергозбереження. Коваль Л.М. , Примак В.М. // Одеса, 2008; Видавничий центр «Академія»; Методи обліку енергоресурсів на підприємствах, с.147; Проектування систем енергозбереження, с.168.
27. Державні будівельні норми (ДБН). // Київ, 2019; ISBN: 978-966-1502-98-6; Загальні вимоги до обліку енергоресурсів. Міжнародні стандарти обліку теплової енергії. Ст. 183; с.198-204.
28. <https://www.techem.com/corp/en>
29. Облік теплової енергії та її енергетичний менеджмент. Васильчук О.В. // Видавничий дім «Кондор»; Харків, 2015; ISBN: 978-966-2352-54-9; ст. Регулювання та нормативи в обліку теплової енергії, с.189-191; Методи обліку теплової енергії, с. 204.
30. Енергозбереження в теплотехніці. Методи та засоби обліку теплової енергії. Мельничук В.С., Головатюк А.П. // Київ, 2011; книжковий дім «Інтерпрес»; Енергозбереження на підприємствах, с. 175; 201.
31. ДСТУ EN 1434-2006; Державні Стандарти України. Теплолічильники. Загальні вимоги та області користування.
32. Основи енергетики. Грещук В.І., Лебідь А.О. // Київ, 2020; видання Київського національного економічного університету; с. 48-49.
33. Енергозбереження і енергоефективність в промисловості. Федоров С.І. // Львів, 2005; наукове видавництво «Техніка»; ISBN: 978-966-598-486-4; розділ «Методи та засоби обліку теплової енергії.» ст. 85-91.
34. Міжурядова група експертів зі змін клімату. <https://www.ipcc.ch/>

35. Теплотехнічний облік в промисловості. Левицький В.І. // Київ, 2018; ISBN: 978-617-7070-72-0; випуск «Літера»; ст. «Прилади обліку та їх облік», с. 178-193.
36. Енергетична ефективність і енергозбереження. Теорія та практика. Дайнеко В.І. // Київ, видавництво «Практична енергетика»; 2018; с. 164; 178-190; 207.
37. Інноваційні технології в енергозабезпеченні підприємства. Юр'єв І.В. // ЛНУ; Львів, 2020; ISBN: 978-966-7006-60-2; ст. № 8, с. 191.
38. Впровадження автоматизованих систем обліку в системи обліку теплової енергії. Сільченко В.М. // Харків, 2010; Т.1. с. 136; кер. Підгорний В.С. Вид. «Інтертех»; ISBN: 978-966-177-247-9.
39. Енергетичні системи. Управління та основи проектування. Таран В.В.; Шевенко А.Ю. // Дніпропетровський національний університет; 2017; Виконавчий проект №4, с. 24; ISBN: 978-617-7396-83-0.
40. Системи енергозбереження в теплопостачанні: новітні технології та практичні аспекти. Мусієнко І.М.; в роботі з ЛНУ на базі Теплоенергетика на підприємстві. // Львів, 2019; розділ №3 – інноваційні методи обліку та управління тепловими ресурсами. С. 107.
41. Енергетична ефективність в індустрії та комунальному господарстві: нові підходи. Литвиненко Д.О.; Олексійчук О.П. Випускове видавництво «Техно»; ISBN: 978-617-7385-72-1; «Підручник для студентів та практичне керівництво для фахівців в галузі енергетики та комунального господарства»; с. 78-84; 143-150.
42. Дорошенко О.В., у підручнику «Економічний аналіз і прогнозування» // Одеса, 2020; Одеський Національний Університет; підпункт до розділу «теплопостачання підприємств України» - Економічний аналіз енергетичних витрат. С. 32-47.
43. Чапленко О.В. в журналі «Основи автоматизованих систем теплопостачання»; // видавництво «Теплоенергетика», 2008; тип вадання -

Навчальний посібник для студентів і спеціалістів. Розділ № 9 «Автоматизовані системи обліку» – ст. 28 – 40.

44. Веремійчук Л.І. – ст. в книзі Степаненко П.В. Сучасні методи і технічні засоби для обліку теплової енергії. // Львів, 2016; видавництво Львівського Національного Університету; ISBN: 978-617-10-0307-8; с. 78-82; 102- 118.
45. Лавров О.Ю. Технології тепlopостачання в промислових і житлових комплексах: сучасні тренди та інновації. Національний університет «Одеська політехніка» ОНПУ; // 2019, Одеса; ISBN: 978-966-167-709-7; Сучасні технології обліку теплової енергії в промислових підприємствах (с. 118- 124); Вплив інновацій на економічну та екологічну ефективність (с. 195- 204).
46. Монографія для студентів «Сучасні тенденції енергозбереження та управління енергією на підприємствах», видавництво «Технополіс», Львів, 2019; Підгорний В.С. // Розділ №4 Методи обліку та аналізу енергетичних витрат в промислових підприємствах. (с. 78-93); вплив на економічну та екологічну ефективність (с. 12).
47. Енергетичні ефективні рішення для підприємств: облік, економіка і екологія. Шульга В.В. // Монографія для фахівців у галузі енергетики та енергозбереження. Видавництво «Наукова думка», Київ, 2019; ISBN: 978-617-7430-14-5; Розділ «Екологічний вплив методів обліку», с. 85-93.