

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ У БУДІВЛЯХ КНП
«КЛІНІЧНА ЛІКАРНЯ № 4» СМР ПО ВУЛ.МЕТАЛУРГІВ, 38,
ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕНЕРГОБСТЕЖЕННЯ

Здобувача групи ЕМ.м-21 Лебедь Костянтин Володимирович
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Костянтин ЛЕБЕДЬ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент кафедри ПГМ, к.т.н., Сергій АНТОНЕНКО _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 06.11 до 03.12.2023	
2	Захист переддипломної практики	до 08.12.2023	
3	Виконання 1-го розділу	до 26.11.2023	
4	Виконання 2-го розділу	до 10.12.2023	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2023	
6	Представлення виконаної роботи	до 16.12.2023	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2023	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12 до 30.12.2023	
9			
10			

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис, прізвище і ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис, прізвище і ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 53 с., 7 таблиць, 4 рисунків, 2 додатки, 17 літературних джерел.

Мета роботи: енергетичне обстеження системи теплопостачання, і розробка заходів з підвищення ефективності споживання енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка можливих енергозберігаючих заходів.

Об'єкт дослідження – будівлі клінічної лікарні № 4» СМР по вул.Металургів, 38.

Предмет дослідження – система теплопостачання клінічної лікарні № 4» СМР по вул.Металургів, 38.

Методи дослідження: інструментальне: вимірювання температури, вимірювання будівельних параметрів, економіко-математичні методи під час розробки енергозбережних заходів.

Ключові слова: ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи – «ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ У БУДІВЛЯХ КНП «КЛІНІЧНА ЛІКАРНЯ № 4» СМР ПО ВУЛ. МЕТАЛУРГІВ, 38, ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕНЕРГОБСТЕЖЕННЯ»

ЗМІСТ

	С.
РЕФЕРАТ	2
ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження	9
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	11
1.3.1 Система опалення	11
1.3.2 Система обліку споживання енергоносіїв	13
1.4 Опис методів та приладів вимірювання	14
1.4.1 Аналіз результатів вимірювання	14
1.5 Аналіз споживання теплоенергії	15
1.6 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності	17
1.6.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності	17
1.6.2 Розрахунковий аналіз опору теплопередачі огорожувальних конструкцій	19
2.2 Розрахунок теплової потужності системи тепlopостачання будівель	21
1.6.3 Визначення рівня теплової потужності	22
1.6.4 Визначення базового рівня енергоспоживання системою тепlopостачання об'єкту	25
1.7 Висновки за розділом	26
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ	28
2.1 Розробка можливих енергозбережних заходів	28
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	29
2.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій	29
2.2.2 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від утеплення стін	32
2.3 Запровадження системи моніторингу обсягів споживання теплоенергії	36
2.3.1 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від впровадження системи моніторингу, термін окупності	39
2.3.2 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від впровадження системи моніторингу, термін окупності	40
2.4 Заходи з запровадження альтернативного джерела енергії	42
2.5 Висновки за розділом	43
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	45
3.1 Правові та організаційні основи охорони праці	45

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження	45
3.3 Розрахунок показника кратності повітрообміну	46
3.4 Висновки за розділом	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
ДОДАТОК А	51
ДОДАТОК Б	52

ВСТУП

Теплозабезпечення об'єктів соціальної інфраструктури (будівлі навчальних закладів, медичних закладів, будівлі органів місцевої влади, та інших) та багатоквартирних житлових будинків міста, що живляться від централізованих систем теплопостачання має бути організоване з урахуванням вимог ДБН В.2.5-39:2008, «Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих установок та теплових мереж», і має відповідати критеріям щодо:

- надійності теплопостачання споживачів теплоносієм заданих параметрів;
- максимальної ефективності експлуатації діючої системи за рахунок:
 - дотримання параметрів теплоносія централізованих систем у повній відповідності до температурного графіка його подачі у централізовану мережу з урахуванням регулювання його споживання на індивідуальних теплових пунктах опалюваних будівель;
 - технічної та організаційної можливості регулювання подачі теплоносія у будівлі з використанням індивідуальних теплових пунктів, а також з урахуванням режимів та графіків функціонування установ, що розташовані у таких будівлях;
- впровадження заходів щодо модернізації та реконструкції діючих джерел теплової енергії, підвищення їх завантаженості;
- переважного використання найбільш енергоефективних напрямів оптимізації системи при транспортуванні теплової енергії.

У місті Суми схема централізованого розподілу тепла функціонує через вбудовані у будівлях теплові пункти. Системи опалення спроектовані як закриті та залежні. Опалення будівель здійснюється головним чином за закритою схемою з використанням елеваторного пристрою. Залежна схема опалення з прямим підключенням будинків запроектована в минулому столітті, в ті часи перевагу віддавали схемам з найменшими первісними капіталовкладеннями та доволі суттєвими експлуатаційними витратами. Сьогодні ситуація докорінно змінилась. Енергетичні ресурси подорожчали у багато разів, тому експлуатаційні витрати стали вкрай високі. Суттєві нераціональні витрати системи розподілу теплової енергії пов'язані з експлуатацією застарілих теплових пунктів які не обладнані приладами

керування та автоматизації, за допомогою яких має здійснюватися регулювання теплового потоку.

Одним з шляхів вирішення зазначеної проблеми та з подальшої роботи у напрямі модернізації технологічних систем, є проведення енергетичного аудиту.

Енергоаудит надає ключову роль у організації ефективного використання енергії в різних сферах діяльності людини. Енергетичне обстеження є інструментом об'єктивної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, визначення необхідних управлінських впливів, та на скільки ці впливи є ефективними. Як висновок можна сказати, що енергетичне обстеження (енергоаудит)– ефективно діючий механізм безупинного спостереження за станом робочого об'єкта, аналіз та порівняння з визначеним еталоном.

Предметом енергетичного аудита є процеси споживання паливно-енергетичних ресурсів, аналіз і розробка заходів щодо ефективного використання енергоресурсів.

Основною метою енергетичного аудита є пошук можливостей у визначенні напрямків ефективного енергозбереження.

Об'єктом енергетичного аудита є установи, підприємства будь-якої форми власності.

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

- складання балансу споживання енергетичних ресурсів об'єктом;
- розробка заходів, спрямованих на зниження витрати енергії;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка розроблених до впровадження організаційно-технічних заходів.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори), які уповноважені на це. Проводиться за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1; 2].

Ефективність і повнота аудита у значній мірі залежать від кваліфікації та досвіду енергоаудитора.

Об'єктом енергетичного обстеження у наданій роботі є комунальне некомерційне підприємство "Сумська міська клінічна лікарня №4" Сумської міської ради

Мета та призначення представленої роботи:

Енергетичне обстеження системи тепlopостачання, і розробка заходів з підвищення ефективності споживання енергоресурсів в Комунальному некомерційному підприємстві «Клінічна лікарня № 4» Сумської міської ради. Визначення базових величин параметрів будівлі для впровадження.

Задачі, які вирішуються при проведенні представленої роботи:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- визначення базового рівня енергоспоживання;
- розробка можливих енергозберігаючих заходів.

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;
- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- опитувальні листи;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

Склад робіт з аналізу енергоспоживання та впровадження заходів з енергозбереження:

- обстеження та аналіз дійсного стану будівель закладу;
- вивчення проектної документації;
- збір інформації щодо обсягів використання ПЕР за звітний період;
- проведення аналізу відповідності фактичних обсягів теплоспоживання досліджуваного об'єкту з розрахунковим обсягом теплоспоживання за нормованими показниками;
- розробка рекомендацій щодо аналізу та прогнозування споживання теплової енергії будівлею при впровадженні системи моніторингу теплоспоживання.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Відповідно до поставленої мети з енергетичного обстеження, першочерговим кроком є проведення енергетичного аудиту будівель закладу, одним з результатів якого повинно бути визначене індивідуальне контрольне базове теплоспоживання.

Комунальне некомерційне підприємство "Клінічна лікарня №4" Сумської міської ради підпорядковується Управлінню охорони здоров'я Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Будівлі лікарні, які обстежувалися, розташовані за адресою: вул. Металургів, 38 (2-х поверхова будівля терапевтичного відділення; 2-х поверхова будівля неврологічного відділення; одноповерхові будівлі: інфекційне відділення, пральня, харчоблок, хлораторна (гараж)) м. Суми.

Основними технічними системами, що забезпечують функціонування будівель лікарні, є системи централізованого теплопостачання, електропостачання, водопостачання, вентиляційна система та система водовідведення (каналізації). Основними технічними системами, що забезпечують функціонування всього комплексу будівель лікарні, є системи централізованого теплопостачання, електропостачання, водопостачання та система водовідведення (каналізації). Система вентиляції в основній свої частині з природнім спонуканням, за окремими приміщеннями у різних корпусах з механічним спонуканням руху повітря. У закладі не використовується централізована система теплової вентиляції та кондиціонування. Кондиціонування у режимі охолодження повітря проводиться лише по окремих приміщеннях, що у сукупності енерговитрат становить малозначну величину, має лише частку від відсотка від загального обсягу енергоспоживання, тому на загальний аналіз рівня витрат на споживання енергії не впливає.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Будівлі стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38 (двоповерхова будівля терапевтичного відділення; двоповерхова будівля неврологічного відділення; одноповерхові будівлі: інфекційне відділення, пральня, харчоблок, хлораторна (гараж)) за конструктивним рішенням безкаркасні, з несучими внутрішніми та зовнішніми стінами. Стіни будівель цегляні, з червоної керамічної цегли. Фундаменти – бутова та цегляна кладка стін підвалів. Перекриття – дерев'яний брус та дошка з накатом з складного розчину. Покриття – шифер та металевий лист. Вікна полівінілхлоридні (двокамерні і однокамерні склопакети). Підлоги – плитка керамічна, лінолеум, дошка.

Загальний стан будівель стаціонарного відділення можна характеризувати як задовільний. Стіни будівель мають невелику кількість локальної руйнації оздоблювальної цементно-піщаної штукатурки та тріщини у стінових конструкціях, по периметру всіх будівель виконана відмостка. Старі дерев'яні вікна замінені на металопластикові з двокамерним та однокамерним склопакетом. Частково залишилися незамінними дерев'яні вікна застарілої конструкції у будівлі пральні.

Природна вентиляція у приміщеннях відбувається лише за наявності нещільності в огорожувальних конструкціях. Внаслідок встановлення сучасних вікон ПВХ-профілю з максимальним ущільненням їх конструктивних елементів, необхідна кратність повітрообміну частково погіршилася, внаслідок чого доводиться періодично відкривати вікна для провітрювання. Таким чином відбувається втрата корисної теплоти під час відкриття вікон в будівлі.

Існуюча система опалення будівель – одно та двотрубна з вертикальними стояками верхньою і нижньою розводкою. В якості опалювальних приладів використовуються конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140 та біметалеві опалювальні прилади. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

Будівля терапевтичного відділення

Згідно до наданої інформації будівля має площу забудови 531,23 м² складається з двох поверхів, підвального та неопалювального горищного поверхів з шиферним покриттям.

Будівля має сім входів (з них один центральний), деякі з входів виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.

Об'єм будівлі терапевтичного відділення за зовнішніми обмірами (в межах двох поверхів, що опалюються) – 3187,8 м³.

У відділенні встановлений цілодобовий семиденний робочий тиждень.

Будівля неврологічного відділення

Згідно до наданої інформації будівля має площу забудови 892,3 м² складається з двох поверхів, підвального та неопалювального горищного поверхів з покриттям з металевго листа.

Будівля має п'ять входів (з них два основних), деякі з входів виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.

Об'єм будівлі неврологічного відділення за зовнішніми обмірами (в межах поверхів, що опалюються) – 5353,8 м³.

У відділенні встановлений цілодобовий семиденний робочий тиждень.

Будівля інфекційного відділення

Згідно до наданої інформації будівля має площу забудови 495,98 м² складається з одного поверху та неопалювального горищного поверху з покриттям з металевго листа.

Будівля має вісім входів (з них два основних), деякі з входів виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.

Об'єм будівлі інфекційного відділення за зовнішніми обмірами (в межах поверху, що опалюється) – 1735,93 м³.

У відділенні встановлений цілодобовий семиденний робочий тиждень.

Будівля пральні

Згідно до наданої інформації будівля має площу забудови 219,85 м² складається з одного поверху та неопалювального горищного поверху з шиферним покриттям.

Будівля має п'ять входів (з них один основний). Зовнішні поверхні огорожувальних стінових конструкцій мають значні пошкодження внаслідок їх зволоження, що негативно впливають на їх опір теплопередачі.

Об'єм будівлі пральні за зовнішніми обмірами (в межах поверху, що опалюється) – 659,55 м³.

Будівля опалюється цілодобово у незалежності від робочого графіку.

Будівля харчоблоку

Згідно до наданої інформації будівля має площу забудови 294,74 м² складається з одного поверху, перекриття з деревини і шиферним покриттям.

Будівля має чотири входи (з них один основний).

Об'єм будівлі харчоблоку за зовнішніми обмірами (в межах поверху, що опалюється) – 972,64 м³.

Будівля опалюється цілодобово у незалежності від робочого графіку.

Будівля хлораторної

Згідно з проведеними обмірами, будівля має площу забудови 73,5 м² складається з одного поверху, перекриття з деревини і шиферним покриттям.

Будівля три входи (з них один основний).

Об'єм будівлі хлораторної за зовнішніми обмірами (в межах поверху, що опалюється) – 147 м³.

Будівля опалюється цілодобово у незалежності від робочого графіку.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання всіх зазначених будівель лікарні здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Котельня північного промислового вузла» договір № ТБ 4/22-001 від

10.02.2022 року. Лікарняний заклад щомісячно отримує акт прийому-передачі теплової енергії, та рахунок за спожиту теплову енергію. Оплата за спожиту теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води закладу визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених повірок.

Дати останніх повірок лічильників теплоти:

- теплолічильник по вул. Металургів, 38 – 23.07.2019 р.

Джерело теплопостачання будівель стаціонару лікарні по вул.Металургів, 38 – Сумська ТЕЦ, від магістралі №6.

Розрахункові теплові навантаження згідно договору на теплопостачання:

- стаціонар вул. Металургів, 38 – 0,4932 Гкал/год.

Ввід теплової мережі до будівель лікарні передбачений до теплових пунктів, які розміщені у підвальних приміщеннях де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Трубопроводи тепломережі і деталі вузлів обліку теплової енергії сталеві, повністю ізольовані.

У тепловій пункті лікарні по вул. Металургів, 38, встановлено модульний тепловий пункт, підключення, якого до централізованої тепломережі відбувається по «залежній схемі» з одним загальним приладом комерційного обліку споживання тепла для всіх будівель лікарні. Представляє собою комплексний технологічний устрій, призначений для приготування теплоносія для системи опалення. До складу модульного теплопункту входять наступні комплектуючі елементи: насосні агрегати, регулюючі клапани тиску і температури теплового потоку, запірні трубопровідна арматура, сітчасті фільтри, система автоматичного управління, датчики температури і тиску.

Теплоносій надходить з тепломережі на вхід модульного теплопункту через головний кран, проходить додаткове очищення в сітчастому фільтрі, потім проходить через регулятор перепаду тиску, регулятор температури теплового потоку і надходить у зону змішування, де відбувається зниження температури

теплоносія до заданих параметрів шляхом підмішування охолодженої води зі зворотної магістралі системи опалення будівлі. Потім приготований таким чином теплоносій за допомогою насосних агрегатів надходить у систему опалення. Вода зі зворотної магістралі опалення через відсічний кран і сітчастий фільтр надходить в зону розділення потоків і частково через перемичку із зворотним клапаном поступає в зону змішування. Решта води надходить у зворотню магістраль тепломережі. Циркуляційна група насосів (один робочий, один резервний) встановлена на подавальному трубопроводі за зоною змішування.

Модульний тепловий пункт опалення забезпечує:

- приготування теплоносія і регулювання теплового потоку в залежності від температури зовнішнього повітря;
- приготування теплоносія для подачі в систему опалення не вище 95°C;
- регулювання витрат теплоносія;
- регулювання перепаду тиску;
- автоматичне увімкнення резервного насоса в разі виходу з ладу основного,
- захист насосів від "сухого ходу".

1.3.2 Система обліку споживання енергоносіїв

У вузлі обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла:

- тепловий пункт по вул. Металургів, 38 – лічильник тепла ULTRANEAT N550/(UH50), під'єднаний до лічильника витрати теплоносія, який встановлений на трубі з діаметром умовного проходу Ду 40;

Основними завданнями персоналу, що обслуговує тепловий пункт є:

- нагляд за технічним станом устаткування, його роботою;
- зняття показань лічильника;
- спостереження за параметрами теплоносія з метою забезпечення надійного і якісного теплопостачання, раціонального використання енергії.

1.4 Опис методів та приладів вимірювання

При проведенні енергоаудиту будівель лікарні за адресою м. Суми, вул. Металургів, 38 СМР були використані такі вимірювальні прилади:

- універсальний вимірювач температури Testo 605-N1;
- цифровий вимірювач довжини марки FLUKE;

Для визначення температури повітря в приміщеннях та ззовні використовувався універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси Testo 605-N1 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Прилад характеризується точністю і стабільністю показань завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається в процесі вимірювання. Дисплей розташовано на поворотній голівці.

1.4.1 Аналіз результатів вимірювання

У період проведення обстеження температура зовнішнього повітря становила -5°C, а середня температура за всіма будівлями лікарні становила 21°C. Результати вимірювання температури представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати вимірювання температури за приміщеннями

Назва приміщення	Температура (осереднена), °С	Вологість, %	Точка роси, °С
Будівля терапевтичного відділення	21,2	51,2	10,4
Будівля неврологічного відділення	20,7	53,4	10,9
Будівля інфекційного відділення	22,5	49,3	9,1
Будівля пральні	20,5	64	11,8
Будівля харчоблоку	21,8	58,2	11,6
Будівля хлораторної	18,3	51,1	9,3

За отриманими результатами вимірювання температури повітря в приміщеннях можна зробити висновок, що у більшості приміщень будівель температура повітря на момент проведення енергетичного обстеження відповідала сучасним нормам за температурними показниками [8]. Згідно чинних нормативних вимог, температура у приміщеннях повинна бути 21–22⁰С.

1.5 Аналіз споживання теплоенергії

Слід зазначити, що у будівлі терапевтичного відділення встановлений загальний лічильник теплової енергії для обліку теплової енергії, яка іде на опалення всіх будівель стаціонару лікарні.

На рисунку 1.2 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлями стаціонарного відділення лікарні № 4 по вул. Металургів, 38 за 2019–2022 опалювальні роки (за даними обліку закладу див. Додаток А).

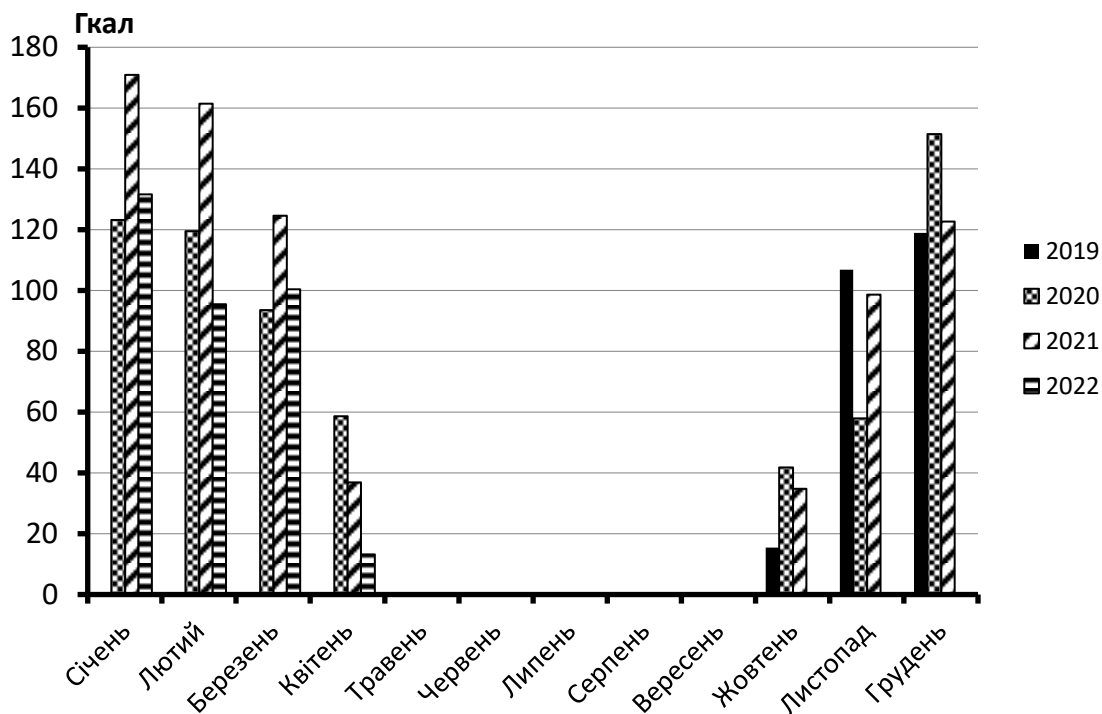


Рисунок 1.2 – Динаміка споживання теплової енергії будівлями стаціонарного відділення лікарні № 4 по вул. Металургів, 38 за 2019–2022 опалювальні роки

З наведених діаграм видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов’язана з різною температурою довкілля. Розбіжність в обсягах споживання теплоенергії за деякими місяцями у відповідні періоди різних років з майже однаковими середньомісячними показниками температури зовнішнього повітря (при порівнянні періодів 2019-2020 р. та 2020-2021 р.), пояснюється неможливістю у прогнозованому споживанні обсягами теплової енергії внаслідок відсутності відповідного обладнання, яке забезпечує якісний моніторинг у керуванні режимами роботи системи тепlopостачання будівель, та складністю процесу у формуванні звітності з теплоспоживання, які пов’язані з дотриманням встановлених для закладу лімітів.

1.6 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.6.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівель лікарняного закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами. Аналіз ефективності системи тепlopостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, у яких середньомісячні температури розташовані у діапазоні нормованих показників [6].

У подальших аналітичних розрахунках, за базовий період приймається опалювальний період 2021–2022 року, так як за об'єктивними причинами у опалювальному періоді 2022-2023 років централізована система тепlopостачання вимушено працювала з суттєво зменшеною тепловою потужністю.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [5, п. 4]:

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [5, п.3.24]:

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де $Q_{оп}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

$V_{буд}^{оп}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [5, п.5.1]:

$$EP \leq EP_{\max}, \quad (1.2)$$

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [5, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд закладів охорони здоров'я першої температурної зони становлять [5, табл.1]:

$$EP_{\max} = 48 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,041 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за опалювальні періоди становлять:

- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{\text{оп}} = 585,5$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{\text{оп}} = 609,8$ Гкал;
- опалювальний період 2021–2022 рік – $Q_{\text{оп}} = 487,43$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,049$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,051$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2021–2022 рік – $EP = 0,04$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будівель стаціонару лікарні по вул. Металургів, 38, за визначеними опалювальними періодами становить

$$EP = 0,047 \text{ Гкал/м}^3.$$

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії будівлями стаціонарного відділення лікарні по вул. Металургів, 38 можна зробити наступний висновок, а саме:

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2). Треба зазначити: по-перше, нормативний показник встановлений для сучасних вимог щодо рівня енергоефективності експлуатації будівель; по-друге, що за причиною дотримання встановлених для закладу вимог від теплопостачальної організації щодо експлуатації теплового пункту, регулювання відбору теплоти не проводиться. При цьому, за відсутності пристроїв автоматичного погодозалежного регулювання теплового потоку, що надходить до системи опалення будівлі, регулювання відбувається без чіткого визначення його необхідної миттєвої величини та без відповідної методики прогнозування рівня теплоспоживання. Це призводить до того, що у деякі періоди опалювального року відбувається надлишковий відбір теплоти, а у деякі недостатній відбір теплоти.

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлях лікарні, необхідно вважати таким, що потребує відповідної модернізації. Зазначений висновок, у свою чергу, визначає напрямки вибору енергозбережного заходу щодо подальшого підвищення рівня енергозбереження в обстежуваній системі теплоспоживання, а саме, впровадження системи моніторингу споживання теплової енергії, але до цього необхідно обґрунтовувати вибір обладнання величинами теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій, і результатами зібраної інформації проведених відповідних вимірювань.

1.6.2 Розрахунковий аналіз опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 4°C та більше, обов'язкове виконання умови [5]:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin} \quad (1.3)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м² К/Вт;

R_{qmin} – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$.

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$, повинний бути не менше за вимогами значень R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Вт$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження. Мінімально допустиме значення, R_{qmin} , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [5].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$, для непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови (1.3) розраховується за формулою [4]:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1.4)$$

де α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $Вт/(m^2 \cdot K)$ [4];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $Вт/(m^2 \cdot K)$ [4];

δ_i – товщина матеріалу і-го шару конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір і-го шару конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані відповідно до методики наданій у нормативній документації [4, п.5; 9] та представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель стаціонару лікарні по вул. Металургів, 38

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	$R_{\Sigma пр} ,$ $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$	$R_{q \min} ,$ $\frac{m^2 \cdot K}{Вт}$
Будівля терапевтичного відділення			
1	Стіни	0,87	4
2	Горищне перекриття	0,5	6
3	Вікна	0,65	0,9
4	Підлога 1-го поверху	0,36	5
Будівля неврологічного відділення			
1	Стіни	0,85	4
2	Горищне перекриття	0,59	6
3	Вікна	0,65	0,9
4	Підлога 1-го поверху	0,68	5
Будівля інфекційного відділення			
1	Стіни	0,96	4
2	Горищне перекриття	0,73	6
3	Вікна	0,7	0,9
4	Підлога	3,2	5
Будівля пральні			
1	Стіни	0,86	4
2	Горищне перекриття	0,7	6
3	Вікна	0,61	0,9
4	Підлога	3,61	5
Будівля харчоблоку			
1	Стіни	0,84	4
2	Суміщене перекриття	4,73	6-7
3	Вікна	0,7	0,9
4	Підлога	0,54	5
Будівля хлораторної			
1	Стіни	0,52	4
2	Суміщене перекриття	1,93	6-7
3	Вікно	0,65	0,9
4	Підлога	1,02	5

Висновок по будівлям стаціонару лікарні

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} < R_{q.min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [5, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозбережних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.2 Розрахунок теплової потужності системи тепlopостачання будівель

Для оціночного аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі будь-якого призначення при дійсному стані огорожувальних конструкцій без урахування

всіх видів тепловтрат і теплонадходжень, її теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками. Визначена величина теплової потужності використовується при впровадженні заходу з модернізації теплового пункту застарілої конструкції на сучасний індивідуальний тепловий пункт з елементами автоматичного керування за режимами теплоспоживання або запровадження системи моніторингу теплоспоживання.

1.6.3 Визначення рівня теплової потужності

Для оціночного аналізу характеристики з теплової потужності обстежуваної будівлі будь-якого призначення при дійсному стані огорожувальних конструкцій без урахування всіх видів тепловтрат і теплонадходжень, її теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками, де ключовим параметром є величина фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі [8], Вт/м³·°С. Визначена величина теплової потужності використовується при впровадженні заходу з модернізації теплового пункту (джерела теплогенерації) застарілої конструкції на сучасний індивідуальний тепловий пункт з елементами системи моніторингу і автоматичного керування за режимами теплоспоживання.

Методика визначення величини фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 1.2) полягає у послідовному визначенні відповідних питомих величин.

Визначення величини фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі, Вт/м³·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_{\phi}}{F_{\phi}} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} + g_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\phi}} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}} \right), \quad (1.5)$$

де P_{ϕ} – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

F_{ϕ} – площа будівлі в межах периметра, м²;

H_{ϕ} – висота будівлі в межах опалюваних приміщень, м;

g_0 – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}$ – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м²·К/Вт (див. табл. 1.2);

$R_{\Sigma пр}^{стл}$ – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, $m^2 \cdot K / Wt$ (див. табл. 1.2);
 $R_{\Sigma пр}^{плг}$ – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, $m^2 \cdot K / Wt$ (див. табл. 1.2);
 $R_{\Sigma пр}^{вкн}$ – опір теплопередачі вікон, $m^2 \cdot K / Wt$ (див. табл. 1.2).

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період [8]:

$$Q_{\phi} = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot 10^{-3}, \quad (1.6)$$

де V_{ϕ} – зовнішній об'єм будівлі в межах опалювальних приміщень, m^3 ;
 $t_{\text{в}}$ – температура по приміщеннях будівлі, $^{\circ}C$;
 $t_{\text{з.р}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, $^{\circ}C$ [6];
 a – поправковий коефіцієнт, за розрахунком [8]:

Розрахункові величини температур приймаються наступні:

- температура зовнішнього повітря – $t_{\text{з.р}} = -25^{\circ}C$ [6];
- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період 2022-2023 років – $t_{\text{ср.п}} = -0,6^{\circ}C$ (див. додаток В);
- кількість годин за відповідний період опалення – $n_{\text{оп}} = 3624$ год.

Результати розрахунку питомої опалювальної характеристики будівель лікарні та теплової потужності наведені у таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Фактична питома опалювальна характеристика будівель стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38

Назва будівлі	Питома опалювальна характеристика, $q_{\text{пит}}^{\phi}, \text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^{\circ}C$
Терапевтичне відділення	0,61
Неврологічне відділення	0,65
Інфекційне відділення	0,65
Будівля пральні	0,84
Будівля харчоблоку	0,69
Будівля хлораторної	1,44

Таблиця 1.4 – Розрахункова теплова потужність будівель стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38

Назва будівлі	Питома опалювальна характеристика, $Q_{\text{б}}$, кВт
Терапевтичне відділення	89,45
Неврологічне відділення	160,08
Інфекційне відділення	49,76
Будівля пральні	22,87
Будівля харчоблоку	27,7
Будівля хлораторної	8,36

Загальна максимальна розрахункова теплова потужність за всіма будівлями стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38:

$$Q_{\text{б}} = 358,22 \text{ кВт} \quad \text{або} \quad Q_{\text{б}} = 0,308 \text{ Гкал}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за визначеним періодом, Гкал, в умовах без запровадження режиму чергового опалення визначається, як:

$$Q_{\text{р.оп}} = Q_{\Sigma\text{б}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{ср.п}})}{(t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{з.п}})} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4}, \text{ Гкал} \quad (1.7)$$

де $Q_{\Sigma\text{б}}$ – сумарна теплова потужність за всіма будівлями, кВт;

$t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{з.п}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ср.п}}$ – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, $^{\circ}\text{C}$;

$n_{\text{оп}}$ – кількість годин за відповідний період опалення;

Розрахункова величина теплової енергії, яка потрібна була для опалення всієї будівлі за опалювальний період 01.11.2021 - 31.03.2022 (151 доба, 3624 год), при умові дотримання температурного режиму у системі теплопостачання $+21^{\circ}\text{C}$ [5], та середній температурі за зазначений період опалювального сезону $-1,2^{\circ}\text{C}$ [9] буде становити:

$$Q_{\text{р.оп}} = 530,05 \text{ Гкал}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за прийнятий базовий порівняльний опалювальний період 2021–2022 року, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення становлять $Q_{ф.оп}=444,36$ Гкал. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 17%

1.6.4 Визначення базового рівня енергоспоживання системою теплопостачання об'єкту

Статистичні дані багаторічного моніторингу енергоспоживання будівлями різного призначення свідчать про те, що їх системи теплопостачання є одними з найбільш енерговитратних, тому при розробленні заходів з енергозбереження для підвищення енергоефективності роботи таких систем, необхідно визначитись з базовим рівнем показників теплоспоживання, від яких буде обраховуватись майбутня економія витрат.

Базовий рівень споживання теплової енергії – показник споживання теплової енергії будівлями при дійсному їх стані до початку впровадження енергоефективних заходів. Або, як визначено у [10, п.3.1]: **Базове енергоспоживання** – кількість енергії, яку споживає будівля в розрахункових умовах внутрішнього мікроклімату в будівлі та зовнішнього середовища при проектних характеристиках функціонування відповідних інженерних систем будівлі.

При подальшому визначені економії енерговитрат від впровадження енергозбережних заходів, базовий показник рівня енергоспоживання повинен бути скоригований з урахуванням необхідності дотримання санітарних умов перебування персоналу та відвідувачів за нормативними показниками при розрахункових температурах зовнішнього повітря, а також мають враховуватися всі індивідуальні конструктивні особливості дійсного стану будівлі на момент проведення енергоаудиту.

Фактичні величини теплоспоживання за останній звітний період опалювального року приймаються базовими, і у подальшому від них будуть розраховуватися відхилення рівня теплоспоживання.

Як було зазначено вище, у наступному порівняльному аналізі, за базовий період приймається опалювальний період 01.11.2021 - 31.03.2022.

На рисунку 1.3 наданий графік базового (фактичного) рівня теплоспоживання та за нормативними розрахунковими показниками будівлями КНП "КЛ № 4" по вул. Металургів, 38.

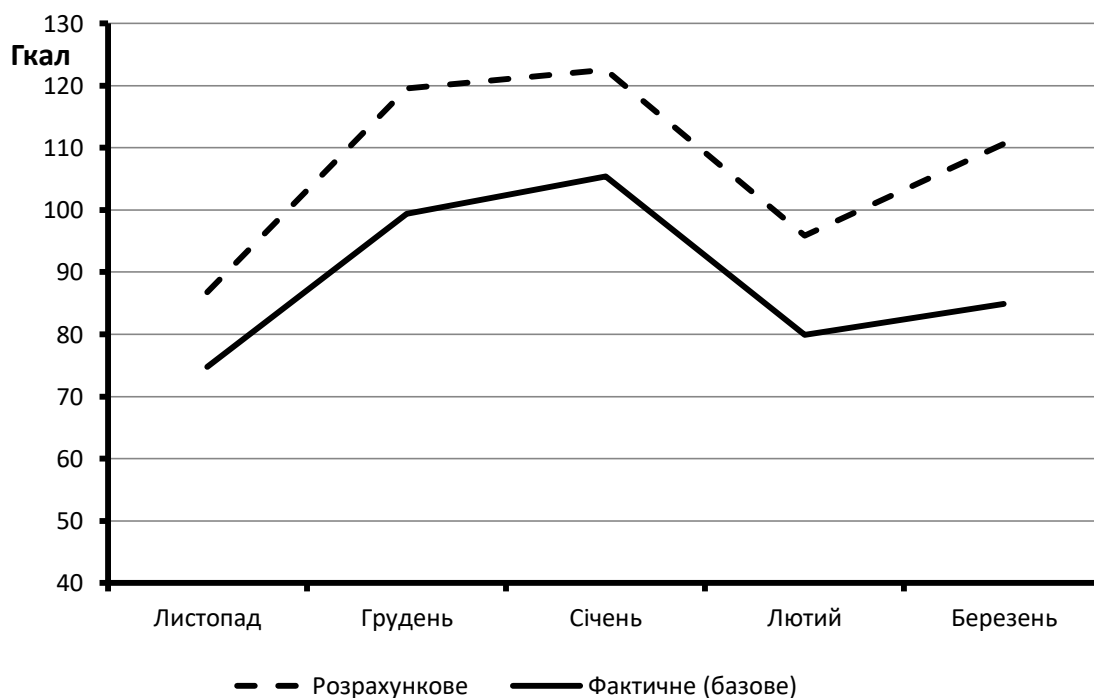


Рисунок 2.2 – Співвідношення базового теплоспоживання з розрахунковим теплоспоживанням будівлями стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38 за опалювальний період 01.11.2021 - 31.03.2022.

1.7 Висновки за розділом

Були проведені наступні роботи:

1. Вивчена проектна документація. Перевірено дійсний стан будівель та системи тепlopостачання об'єкту обстеження.

2. Перевірено стан та наявність актів повірки вимірювальних пристроїв. Проаналізовано обсяги споживання теплової енергії з відповідним аналізом причин та факторів, що впливають на них.

3. Отримані результати ($R_{\Sigma пр} < R_{q, min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [5, табл.1]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів

щодо збільшення їх опору теплопередачі, а саме, проведення реконструкції з нанесення теплоізоляції на їх поверхню.

4. Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії за базовим рівнем у порівнянні з розрахунковим рівнем за нормованими показниками свідчить про те, що група будівель стаціонарного відділення № 1 по вул. Металургів, 38 у загальній сумі не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання у найбільше холодні місяці опалювального періоду. Все це свідчить про відсутність ефективної технології якісного та кількісного регулювання обсягів споживання теплоенергії.

5. Визначений факт невідповідності у споживанні теплової енергії за базовим рівнем у порівнянні з розрахунковим рівнем за нормованими показниками свідчить про те, що обстежуваний заклад не має ефективної технології у прогнозованому регулюванні обсягами теплоенергії, що споживається, та відсутності технології якісного та кількісного регулювання обсягів теплоспоживання.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Розробка можливих енергозбережних заходів

За результатами проведених робіт за етапами енергетичного обстеження будівель КНП "КЛ № 4" м. Суми, було отримано такий висновок – найбільші витрати при експлуатації обстежуваного об'єкту припадають на споживання теплової енергії. Енергетична ефективність будівлі, яка обстежувалась, з позиції збереження теплової енергії є низькою. Враховуючи отримані результати з етапів енергетичного обстеження, які вказують на основні фактори зменшення енергетичної ефективності будівель, були розроблені першочергові енергозбережні заходи з метою зменшення витрат на споживання ПЕР.

Розроблені енергозбережні заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження у лікарні: фінансові, експлуатаційні, матеріально-технічні.

Утеплення огороджувальних конструкцій

Огороджувальні конструкції приміщення мають недостатній опір теплопередачі (див. табл. 1.2), такі як: зовнішні стіни, суміщене перекриття та віконні і дверні отвори, тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення. Додаткове утеплення огороджувальних конструкцій спеціальними матеріалами здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у приміщенні, і відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. Фасад будівлі при цьому приймає оновлений та естетичний вигляд.

Моніторингу та регулювання обсягів теплоенергії, що споживається

Будівлі КНП "КЛ № 4" підключені до централізованої системи тепlopостачання у м. Суми опалюються у відповідності до теплового графіку подачі теплоносія системи. У закладі практично відсутні технічні можливості додаткового регулювання надходження теплової енергії до будівель, де за графіком їх функціонування доречно організовувати чергове опалення. Цей недолік централізованої системи опалення доцільно виправити встановленням на ввіді до

будівлі індивідуальних теплових пунктів з функцією погодозалежного регулювання та програмування зміни теплового навантаження за добовим графіком, у відповідності до розкладу роботи закладу.

У залежності від величини теплового навантаження будівлі та наявності додаткового обладнання щодо приготування гарячої води до впровадження на об'єкті пропонується індивідуальний тепловий пункт.

Використання індивідуального теплового пункту дозволяє проводити регулювання індивідуального споживання тепла будівлею у відповідності до індивідуальних теплових властивостей будівлі, температурних показників повітря навколишнього середовища та добового графіку функціонування установи у автоматичному, а також забезпечувати потреби установи у гарячій воді через індивідуальний проміжний теплообмінник.

Застереженням щодо застосування індивідуального теплообмінника має бути температурний графік подачі теплоносія централізованої системи тепlopостачання, за яким температура прямого теплоносія T_1 не може бути нижче 70°C (згідно чинних нормативів) для отримання необхідної температури гарячої води на виході з теплообмінника.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Утеплення огороджувальних конструкцій

У зв'язку з тим, що отримані результати ($R_{\Sigma\text{пр}} \ll R_{q\text{min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій нормативним вимогам (див. табл. 1.2), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огороджувальних конструкцій спеціальними теплоізоляційними матеріалами.

При запровадженні утеплення огороджувальних конструкцій теплоізоляційними матеріалами з визначеною товщиною, буде забезпечена

нормативна вимога за величиною опору теплопередачі, що задовольнятиме умову $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ [4; 5].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару $\delta_{ут}$ для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [9]:

$$\delta_{ут} = [R_{qmin} - R_{\Sigma пр}] \cdot \lambda_{ут} \quad (2.1)$$

де $\lambda_{ут}$ – теплопровідність матеріалу теплоізоляції, Вт/(м · К) [4];

$R_{\Sigma пр}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

R_{qmin} – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт [5].

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ут} = 0,037$ Вт/(м·К).

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить (2.1):

– для будівлі терапевтичного відділення:

$$\delta_{ут} = [4 - 0,87] \cdot 0,037 = 0,12 \text{ м}$$

– для будівлі неврологічного відділення:

$$\delta_{ут} = [4 - 0,85] \cdot 0,037 = 0,12 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,12 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки Rockwool (120 мм) [11].

Ефект з економії теплової енергії від утеплення огорожувальних конструкцій за опалювальний період розраховується за осередненими показником температури за опалювальний період:

$$Q_{\text{Ек.рік}} = F \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}} - \frac{1}{R_{q\text{min}}} \right) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7}, \text{ Гкал/рік} \quad (2.2)$$

де $R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (див. табл. 1.2);

$R_{q\text{min}}$ – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції після теплоізоляції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [5];

F – площа огорожувальної конструкції, яка утеплюється, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ср.оп}}$ – середньорічна температура опалювального сезону, $^{\circ}\text{C}$;

n – кількість днів опалювального сезону.

Ефект з економії теплової енергії від утеплення зовнішніх стін у відповідності до опалювального періоду 01.11.2021 - 31.03.2022 (151 доба, 3624 год), при умові дотримання температурних режимів у системі тепlopостачання будівлі – 22°C [8], та середній температурі за зазначений опалювальний період $-0,6^{\circ}\text{C}$ (див. Додаток Б):

– для терапевтичного відділення

$$Q_{\text{СТН}}^{\text{Ек.рік}} = 748,74 \cdot \left(\frac{1}{0,87} - \frac{1}{4} \right) \cdot (22 - (-0,6)) \cdot 151 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 47,4 \text{ Гкал}$$

– для неврологічного відділення

$$Q_{\text{СТН}}^{\text{Ек.рік}} = 381,2 \cdot \left(\frac{1}{0,85} - \frac{1}{4} \right) \cdot (22 - (-0,6)) \cdot 151 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 25 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти за відповідний опалювальний період 530,05 Гкал (див. п.1.6.3), економія відносно до всього комплексу будівель лікарні становить:

$$\delta Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{(47,4 + 25) \cdot 100}{530,05} = 14 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за відповідний опалювальний період, який визначено базовим рівнем теплоспоживання – 444,36 Гкал (див. п.1.6.3).

Скорегована економія тепла від базового рівня споживання складе:

$$Q_{\text{стн.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{444,36 \cdot 14}{100} = 62,2 \text{ Гкал}$$

Виходячи з чинного тарифу на теплову енергію, що становила на зазначений період року – 4210,26 грн/Гкал з ПДВ, розрахункова економія коштів на теплоспоживання становить:

$$\Delta E = 62,2 \times 4210,26 = 261878,2 \text{ грн/рік}$$

Утеплення базальтовою ватою фірми Rockwool [11] коштує 900 грн/м² (включаючи монтажні роботи). Розрахуємо вартість придбання матеріалу для запровадження даного енергозбережного заходу:

$$K_{\text{зах}} = 748,74 \cdot 900 + 381,2 \cdot 900 = 1\,016\,946 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності буде дорівнювати:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,016\,946}{261\,878,2} = 3,88 \text{ роки.}$$

2.2.2 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від утеплення стін

При розрахунках економії від запровадження визначеного енергозбережного заходу використовувалася норма дисконтування, яка з 27.10.2023 за рішенням НБУ становить 16% річних [12].

Вибір відсоткової ставки здійснено усереднено з позицій альтернативної вартості розміщення коштів на довгостроковому (від 12 місяців) банківському депозиті. Така норма дисконтування показує привабливість інвестування з точки інвестора. При цьому проект вважається ефективним, якщо він має дохідність вищу за рівень інфляції. Таким чином, ефективність пропонуванних заходів відбувається за таким алгоритмом: спочатку здійснюється розрахунок наведених вище показників при ставці дисконтування рівній 16%, у випадку незадовільного результату за даної ставки дисконтування проводиться розрахунок за ставки дисконтування рівній прогнозованому рівню інфляції у поточному році. Такий алгоритм дозволяє оцінити проекти (заходи) з точки зору їхньої ефективності та доцільності реалізації.

Дохід від реалізації заходів визначався як потенційна економія споживання енергетичних ресурсів у вартісному вираженні в результаті впровадження заходів та амортизаційні нарахування (за наявності). Розмір щорічної амортизації протягом всього терміну використання обладнання прийнято як сталу величину, що розраховується як відношення амортизаційної вартості до корисного строку реалізації проекту (заходу).

Витрати визначалися як сума вартості матеріалів, вартості будівельно-монтажних робіт та витрат на оплату праці (у поточних цінах).

Ефективність запропонованих заходів розрахована за допомогою показників: чиста приведена вартість – NPV ; внутрішня норма дохідності – IRR ; дисконтований період окупності проекту – DPP та індекс прибутковості – PI [13].

Чиста приведена вартість (NPV – це різниця між сумою дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів) за період реалізації інвестиційного заходу та сумою дисконтованих інвестиційних витрат, необхідних для його реалізації. Чиста приведена вартість (NPV) розраховується за формулою:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} - \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+r)^k} \quad (2.3)$$

де n – термін реалізації проекту;

CF_k – чистий вхідний потік коштів (доходи) у k -му році;

r – ставка дисконту;

I_k – інвестиційні витрати у k -му році;

k – порядковий номер року від початку реалізації проекту (заходу).

Внутрішня норма дохідності (IRR) – значення ставки дисконтування, при якому сума дисконтованих інвестиційних витрат дорівнює сумі дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів), або значення показника дисконту, при якому NPV проекту дорівнює нулю.

Внутрішня норма дохідності (IRR) розраховується за формулою:

$$IRR = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} - \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+IRR)^k} = 0 \quad (2.4)$$

де n – термін реалізації проекту (заходу);

CF_k – чистий вхідний потік коштів (доходи) у k -му році;

r – ставка дисконту;

I_k – інвестиційні витрати у k -му році;

k – порядковий номер року від початку реалізації проекту.

На практиці визначення IRR здійснюється за такою формулою:

$$IRR = A + a (B - A)/(a - b) \quad (2.5)$$

де A – величина ставки дисконту, при якій NPV позитивна;

B – величина ставки дисконту, при якій NPV негативна;

a – величина позитивної NPV при величині ставки дисконту A ;

b – величина негативної NPV при величині ставки дисконту B .

Дисконтований період окупності (DPP) – розраховується як строк до моменту виконання рівності:

$$\sum_{k=1}^{DPP} \frac{CF_k}{(1+r)^k} = \sum_{k=1}^{DPP} \frac{I_k}{(1+r)^k} = 0 \quad (2.6)$$

Індекс прибутковості (PI) – це частка від поділу суми дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів) за період реалізації заходу на суму дисконтованих інвестиційних витрат, необхідних для реалізації цього заходу.

$$PI = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} / \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+r)^k} \quad (2.7)$$

Оцінка NPV наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка NPV

Рік	Капітальні витрати, т.грн	Грошовий потік (економія), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, грн	Чистий дисконтований дохід, грн
0	-1016,95	-1016,95	-1016,95	0	0	-1016,95
1	0	261,88	-755,066	0,86	225,2168	-791,729
2	0	261,88	-493,186	0,74	193,7912	-597,938
3	0	261,88	-231,306	0,64	167,6032	-430,335
4	0	261,88	30,574	0,55	144,034	-286,301
5	0	261,88	292,454	0,48	125,7024	-160,598
6	0	261,88	554,334	0,41	107,3708	-53,2276
7	0	261,88	816,214	0,35	91,658	38,4304
8	0	261,88	1078,094	0,31	81,1828	119,6132
9	0	261,88	1339,974	0,26	68,0888	187,702
10	0	261,88	1601,854	0,23	60,2324	247,9344
Разом					1264,88	

$$NPV = 1264,88 - 1016,95 = 247,93 \text{ тис. грн.}$$

$NPV > 0$. Це означає, що захід може бути прибутковим та привабливим до запровадження.

Проведемо оцінку внутрішньої норми дохідності (IRR) (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Оцінка IRR

Роки	Грошовий потік (економія), т.грн	Роки	Грошовий потік (економія), т.грн
0	-1016,95	6	261,88
1	261,88	7	261,88
2	261,88	8	261,88
3	261,88	9	261,88
4	261,88	10	261,88
5	261,88	IRR	22%

Згідно з таблицею 2.2, за 10 років внутрішня норма дохідності складає 22% та перевищує норму дисконтування (16%). Це означає, що даний енергозберіжний захід можна пропонувати для подальшого впровадження.

Індекс прибутковості (формула 2.7) дорівнює:

$$PI = \frac{1264,88}{1016,95} = 1,24.$$

З розрахунків видно, що приведена дисконтована вартість більше за витрати на запровадження заходу, тому даний захід є привабливим для запровадження.

Дисконтований термін окупності розрахуємо за формулою (2.6):

$$PP = 4 + \frac{1016,95 - 730,65}{446,9} = 4,64 \text{ років.}$$

Показники економічної ефективності заходів з утеплення огорожувальних конструкцій наведено таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Показники економічної ефективності заходів з утеплення стін будівлі терапевтичного та неврологічного відділень

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	1016,95
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	247,93
Індекс прибутковості		1,24
Внутрішня норма дохідності	%	22
Термін окупності	роки	4,64

2.3 Запровадження системи моніторингу обсягів споживання теплоенергії

Зважаючи на технічний стан огорожувальних конструкції будівель установи, що підключена до системи централізованого тепlopостачання, а також графік функціонування закладу, вбачається доцільним впровадження у тепловий пункт закладу автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.

На теперішній час обсяги споживання теплової енергії бюджетними установами мають жорстку прив'язку до встановлених лімітів, які визначаються за статистичними показниками теплоспоживання попередніх років. Такий підхід є некоректним, так як не може передбачити реальних температурних умов і експлуатаційних факторів системи тепlopостачання поточного опалювального періоду, який може дуже відрізнятись від температурних показників і стану системи тепlopостачання минулих років, що часто призводить до порушення встановлених величин, і змушує постійно проводити складні процедури їх корегування і узгодження. Необхідним є запровадження системи контролю і регулювання обсягами споживання теплової енергії відповідно до дійсного стану будівель установ і їх температурного режиму до поточних погодних умов. Для цього розрахунково визначається ключовий базовий показник обсягу теплоспоживання для конкретної будівлі (або групи будівель) закладу, і за цим показником відслідковується і корегуються обсяги споживання теплової енергії на поточні температурні умови. При такому технологічному підході відбувається коректне збалансоване споживання обсягів теплової енергії без їх перебільшення або суттєвого зменшення.

Така система апробована у м. Суми і дає можливість у режимі «on-line» (он-лайн) контролювати реальне теплоспоживання будівлею, виключаючи «людський фактор». Результати функціонування системи з запровадженням регулювання показують зниження фактичного теплоспоживання за опалювальний сезон на 10%.

Підготовчі роботи, які необхідно провести до початку функціонування системи у автоматичному режимі:

- проведення енергетичного аудиту будівлі, одним з результатів якого повинно бути визначене індивідуальне контрольне базове теплоспоживання;
- визначення контрольних параметрів регулювання теплоспоживання (температура теплоносія, миттєве теплове навантаження, алгоритм регулювання);
- проведення тестової експлуатації системи.

Система побудована з використанням новітніх інформаційних технологій з каналами зв'язку через Internet, власні мережі, або мережі мобільного зв'язку.

Основною умовою для побудови системи є наявність на об'єкті теплового лічильника з цифровим виходом для зняття інформації.

Запровадження системи диспетчеризації надає можливість максимально заощаджувати на споживанні теплової енергії за рахунок узгодження дійсних потреб у тепловій енергії з її виробництвом у котельнях. Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії з переліком необхідного для цього обладнання зображена на рис 2.1.

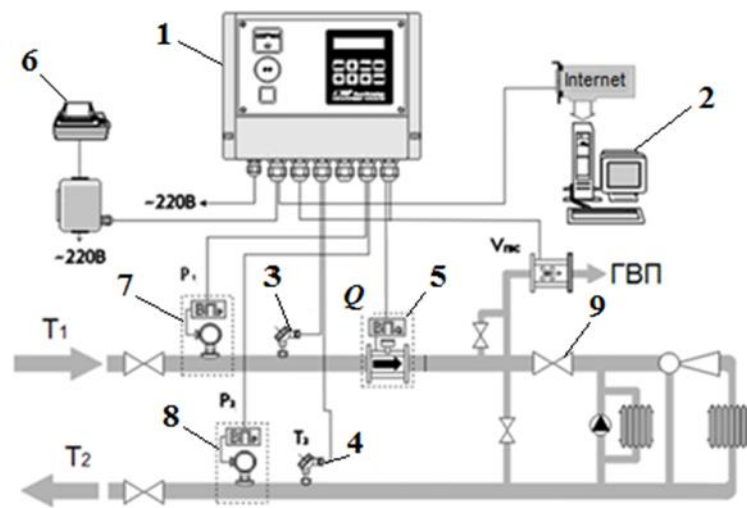


Рисунок 2.1 – Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії.

1 – теплотлічильник; 2 – комп'ютеризоване робоче місце з моніторингу теплоспоживання; 3 – пристрій контролю температури на вході до системи тепlopостачання будівлі; 4 – пристрій контролю температури на виході з системи тепlopостачання будівлі; 5 – лічильник витрати теплоносія; 6 – пристрій (модем) для передавання даних в Інтернет; 7, 8 – пристрої з контролю тиску відповідно на вході та виході з системи тепlopостачання будівлі; 9 – вентиль на лінії подавання теплоносія до будівлі.

Система дозволяє в режимі он-лайн відслідковувати фактичне теплоспоживання будівель, визначати його прогнозне значення та проводити порівняння між фактичним і прогнозним показниками відповідно до зміни температури навколишнього середовища. Результатами роботи системи є як економічні (економія дефіцитних енергоресурсів та бюджетних коштів) і соціальні (забезпечення комфортного мікроклімату у приміщеннях), так й екологічні

(скорочення викидів CO₂ та забруднення довкілля внаслідок зменшення обсягів використання палива) вигоди.

Для спрощення практичного регулювання теплоспоживання за допомогою наявного інструментарію як контрольна цифра системи моніторингу використовується показник миттєвого теплового навантаження будівлі, що контролюється за допомогою лічильника тепла. Виходячи з цього, завданням персоналу бюджетних закладів є регулювання споживання теплоти будівлями з орієнтацією на значення миттєвого теплового навантаження. Дотримання даного контрольного показника забезпечує автоматичне дотримання ліміту теплоспоживання за певний період залежно від існуючих та прогнозованих температур навколишнього середовища.

Величина відхилення базового рівня теплоспоживання від розрахункового рівня теплоспоживання стає об'єктивною характеристикою ефективності експлуатації будівлі, та аргументацією щодо впровадження заходу з моніторингу споживання теплової енергії, який є одним з факторів виведення обсягів теплоспоживання до рівня сучасних показників енергоефективності.

2.3.1 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від впровадження системи моніторингу, термін окупності

За відлікову точку рівня базового теплоспоживання (з практичного досвіду) приймається величина спожитої теплової енергії за період коли середньодобова температура зовнішнього повітря становить нуль градусів за шкалою Цельсія.

Для проведення постійного контролю за рівнем теплоспоживання необхідно визначити розрахункову величину спожитої теплової енергії при нульовій температурі зовнішнього повітря з урахуванням розрахункової теплової потужності будівлі. При впровадженні системи моніторингу за обсягами теплоспоживання треба буде зводити до прийнятного рівня розрахункову величину теплоспоживання з величиною, отриманою при реальних умовах експлуатації за останній базовий звітній опалювальний період. Звичайно, після чергової реновації будівель необхідно буде встановити новий базовий показник для подальшого моніторингу ефективності споживання теплової енергії.

Розрахункова базова величина рівня теплоспоживання за період однієї доби коли середньодобова температура зовнішнього повітря дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія для визначних умов експлуатації системи опалення всього комплексу будівель лікарні становить:

- для групи будівель стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38

$$Q_{p,оп} = 3,3 \text{ Гкал.}$$

2.3.2 Розрахунковий аналіз потенціалу економії від впровадження системи моніторингу, термін окупності

Аналіз статистичних даних теплоспоживання будівлями закладів, які вже підключені до міської системи моніторингу теплоспоживання, засвідчив націленість їх персоналу на виконання прогнозованих режимів теплоспоживання. За результатами моніторингу протягом опалювальних сезонів практично на всіх об'єктах додержувалися запропонованих системою обсягів теплоспоживання, а на деяких навіть отримали економію. Економія, зокрема, виникла через раціоналізацію режимів теплоспоживання внаслідок функціонування системи моніторингу. Були досягнуті економія енергоресурсів та бюджетних коштів на них, зниження обсягів забруднення довкілля.

Економія теплової енергії на об'єктах моніторингу за статистикою склала від 5% до 18,95% при середньому рівні – 10% за сезон. Економія була одержана за рахунок дотримання прогнозованих обсягів теплоспоживання об'єктів та додаткових заходів щодо зниження теплового навантаження будівель протягом доби.

Виходячи з чинного тарифу на теплову енергію, що становить на період 2022 року – 4210,26 грн/Гкал з ПДВ, розрахункова економія коштів на теплоспоживання, відносно до рівня базового теплоспоживання за опалювальний період 01.11.2021 - 31.03.2022 з урахуванням прийнятої економії у 10%, становить:

- для групи будівель стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38

$$E_{\phi} = 444,36 \times 0,1 \times 4210,26 = 187087,11 \text{ грн (з ПДВ).}$$

Згідно до запропонованої схеми організації обліку та моніторингу споживання теплової енергії, треба встановити у теплопунктах будівель закладу, які обстежувались, наступне обладнання:

1. Термінал з передачі даних (контроллер) (1 шт);
2. Модуль M-BUS (1 шт).

Загальна сума всіх витрат (K , грн), яка складається разом з вартості всього комплекту обладнання, необхідного для організації і функціонування системи моніторингу, та вартості робіт з монтажу та налагодження системи моніторингу становить – 13600 грн з ПДВ.

Простий строк окупності у періодах опалювальних років (оп. рік) розраховується тільки відносно базового рівня споживання теплової енергії на опалення (останній звітний період), що є найбільш об'єктивною оцінкою прогнозованої економії енергоресурсів, і буде дорівнювати:

$$T_{\text{ок}}^{\phi} = \frac{K}{E_{\phi}} = \frac{13600}{187087,11} = 0,1 \text{ оп. року}$$

Таким чином, основним результатом функціонування системи моніторингу теплоспоживання впродовж опалювального сезону є те, що запропонована система моніторингу за теплоспоживанням економічно дієва і є ефективною за такими аспектами, як:

- 1) формування контрольного значення миттєвого теплоспоживання на поточний та прогнозований період;
- 2) визначення добового ліміту теплоспоживання будівлею залежно від температури зовнішнього повітря;
- 3) встановлення багаторівневого контролю за фактичним теплоспоживанням будівлями в режимі on-line;
- 4) можливостей формування звітних графіків теплоспоживання та порівняння їх з прогнозованими графіками лімітів теплоспоживання (за фактичними та прогнозованими температурами зовнішнього середовища);
- 5) можливості встановлення та перевірки базового теплового навантаження будівель;

- 6) мотивації персоналу адміністративними методами до своєчасного регулювання обсягів теплоспоживання будівлями;
- 7) можливостей впливу персоналу через коригувальні дії на процеси теплоспоживання;
- 8) можливості проведення порівняльного аналізу теплоспоживання будівлями з метою розробки та впровадження енергозберігаючих заходів, оцінки їх техніко-економічної ефективності.

2.4 Заходи з запровадження альтернативного джерела енергії

Принцип роботи теплового насоса заснований на використанні електроенергії для переносу теплової енергії від зовнішнього середовища (повітря, вода, ґрунт) всередину приміщення, що обігрівається. На 1 кВт витрачається електричної енергії тепловий насос зазвичай виробляє 3...6 кВт теплової енергії. Сумарна тепла енергія буде дорівнювати витраченій електричній енергії плюс привнесений з зовні теплової енергії. Електрична енергія витрачається на процес переносу тепла, що і дозволяє отримувати істотну надбавку теплової енергії в порівнянні з витраченою електричною. Витрачаючи певну кількість електроенергії на роботу вентилятора і відповідно перенесення повітряних мас, отримується приплив теплової енергії в 50...100 разів більше. [15]

Для системи опалення будівель лікарні ми оберемо тепловий насос типу повітря-вода. Тепловий насос «повітря-вода» витягує енергію з навколишнього повітря та передає його в систему опалення. Для опалення будівель лікарні це найдешевший варіант.

Теплові насоси «повітря-вода» належать до найбільш популярних типів теплових насосів і використовуються в багатьох нових будівлях, а також при реконструкції. Через високу ефективність його робочого процесу це один із найдешевших способів нагріву, за умови, що будівля досить добре ізольована. Тепловий насос «повітря-вода» підтримує оптимальну температуру в будинку, але необхідно враховувати, що температура теплоносія, як правило, не перевищує 60⁰С, тому за краще застосовувати його у перехідні періоди сезонів. Навіть взимку в навколишньому повітрі все ще багато тепла, так що вбудований нагрівальний

елемент може бути включений тільки від -10°C , залежно від моделі теплового насоса. У повітряно-водяних теплових насосах тепла енергія використовується для обігріву будинку. Правильно підібраний тепловий насос «повітря-вода» починає знижувати потужність лише за низької температури.

Повітряно-водяний тепловий насос дозволяє нагрівати та охолоджувати житлову площу. З зовнішнього повітря відбирається тепла енергія, що міститься в ньому. Від відібраної низькопотенційної теплової енергії холодоагент нагрівається і випаровується. Компресор стискає газоподібну рідину, що охолоджує. Під час цього процесу газоподібна речовина нагрівається ще більше. Потім рідина, що охолоджує, переносить теплову енергію на систему опалення або нагрівання води. Холодагент охолоджується та конденсується. Після цього він знов випаровується у випарнику, і у газоподібному вигляді проходить через зовнішній контур та знову поглинає тепло від повітря.

В принципі, тепловий насос «повітря-вода» дуже простий у плані встановлення, вимог до місця встановлення, не потребує дозволів на підключення та додаткових погоджень. Це також економічна альтернатива серед теплових насосів. [16]

2.5 Висновки за розділом

1. Проведено порівняльний аналіз питомих витрат енергоресурсів на об'єкті енергетичного обстеження з встановленими нормами енергоспоживання, чинними на території України.

2. Розрахунково визначено рівень теплової потужності об'єкту при дійсному стані будівель закладу для визначення ключового показника рівня теплоспоживання та впровадження системи моніторингу теплоспоживання.

3. Визначено базовий рівень споживання теплової енергії об'єкту з наступним його порівнянням щодо рівня теплоспоживання за нормованими показниками.

Для досягнення максимального економії паливно-енергетичних ресурсів було запропоновано впровадження наступних енергозберіжних заходів:

- утеплення зовнішніх стін, що в свою чергу дозволить зекономити 62,2 Гкал за опалювальний рік;

- запропонована система моніторингу за теплоспоживанням, яка є економічно дієва і ефективна.

4. Проведено економічний розрахунок щодо фінансового обґрунтування розробленої до впровадження системи моніторингу теплоспоживання, та визначення можливих термінів окупності витрат.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Охорона праці – це система заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та високої працездатності людини у процесі трудової діяльності. Забезпечення реалізації вимог з охорони праці медичних і фармацевтичних працівників базується на ряду законодавчих, директивних та нормативно-технічних документів, які регулюють відносини між роботодавцями та працівниками у цій важливій для працюючих сфері. Проте наявність нормативно-правової бази не забезпечує автоматичного виконання вимог з охорони праці медичних і фармацевтичних працівників. Важливе значення для цього має також вирішення цілого ряду організаційних питань, що можливе лише при наявності налагодженої системи управління охороною праці [17].

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

У процесі виконання трудових обов'язків медичним працівникам доводиться контактувати з багатьма професійними шкідливостями. Рівні захворюваності, інвалідності і смертності працівників охорони здоров'я є надзвичайно високими [17].

Для професійної групи медичних працівників характерна також наявність «прихованої» захворюваності. На характер праці медичних працівників однієї і тієї ж спеціальності значно впливає тип медичної установи (стаціонар, поліклініка, швидка допомога) та профіль відділення, в якому вони працюють.

Робота медичних працівників пов'язана із впливом як шкідливих, так і небезпечних чинників виробничого середовища [17]:

- а) психофізіологічних (психоемоційне напруження, вимушена робоча поза, надмірне напруження аналізаторних систем тощо);
- б) фізичних (дискомфортний мікроклімат, недостатня освітленість робочих місць, підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, лазерного випромінювання, іонізуючого випромінювання тощо);
- в) біологічних (збудники інфекційних хвороб та продукти їх життєдіяльності);
- г) хімічних (лікарські препарати, наркотичні засоби тощо).

3.3 Розрахунок показника кратності повітрообміну

У будівлях, як правило, влаштовують два види вентиляції: природну або механічну. Відповідно вентиляція буває припливною, витяжною або припливно-витяжною. У випадку тільки витяжної вентиляції (природної) з припливом зовнішнього повітря крізь нещільності огорожувальних конструкцій або крізь спеціальні вентиляційні отвори розрахунок середньої кратності повітрообміну громадського будинку n_k , год⁻¹, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_k = \frac{\left| \left(\frac{L_V \cdot n_V}{24} \right) + \left(\frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_c} \right) \right|}{v_V \cdot V_{\text{П}}}, \text{ год}^{-1}, \quad (3.1)$$

де L_V – кількість припливного повітря в будинок у разі природної вентиляції, м³/год, і дорівнює:

– для закладів охорони здоров'я – $L_V = 5 \times F_p$, м³/год;

v_V – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних беруть $v_V = 0,85$;

$V_{\text{П}}$ – вентиляований об'єм будівлі, м³;

n_V – кількість годин природної вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$ – кількість годин інфільтрації повітря всередині будинку протягом однієї доби, год:

– для будинків зі збалансованою припливно-витяжною вентиляцією – 24;

$G_{\text{інф}}$ – кількість повітря, що інфільтрується крізь огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, беруть $G_{\text{інф}} = 0,5 \cdot v_V \cdot V_{\text{П}}$;

ρ_c – середня густина повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції (для практичних розрахунків приймається $\rho_c = 1,24$ кг/м³;

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, який беруть 0,8...1,0;

24 – кількість годин за добу.

$V_{\text{п}}$ – об’єм повітря, що видаляється з приміщення системою природної вентиляції, за результатами проведених вимірювань становить:

– для будівлі терапевтичного відділення: $V_{\text{п}} = 225,2 \text{ м}^3/\text{год}$;

– для будівлі неврологічного відділення: $V_{\text{п}} = 3569,2 \text{ м}^3/\text{год}$

Проведення розрахунків

Середня кратність повітрообміну для будівлі терапевтичного відділення:

$$n_{\text{к}} = \frac{\left| \left(\frac{5 \cdot 1062,6 \cdot 24}{24} \right) + \left(\frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 3187,8 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,24} \right) \right|}{0,85 \cdot 3187,8} = 5,19 \text{ год}^{-1}.$$

Середня кратність повітрообміну для будівлі неврологічного відділення:

$$n_{\text{к}} = \frac{\left| \left(\frac{5 \cdot 1784,6 \cdot 24}{24} \right) + \left(\frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 5353,8 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,24} \right) \right|}{0,85 \cdot 5353,8} = 2,28 \text{ год}^{-1}.$$

3.4 Висновки за розділом

Згідно з Державними санітарними нормами і правилами [14], кратність повітрообміну в закладах охорони здоров’я в яких встановлюються вентиляційні системи, повинна становити не менше шести на годину, окрім приміщень для яких встановлюються особливі вимоги до чистоти повітря (наприклад, операційні, ПШАІ та ПЗП). Таким чином, середня кратність повітрообміну для будівель терапевтичного та неврологічного відділень не відповідають встановленим нормам. Тому, можна зробити висновок, що природна вентиляція для даних приміщень – неефективне рішення. Повітря заходить виключно завдяки відкритим вікнам та нещільностям у конструкціях будівлі. Як наслідок – нестача повітрообміну.

ВИСНОВКИ

Метою представленої роботи була підготовка вхідних даних для запровадження розроблених заходів з енергозбереження заміни та встановлення нового обладнання для впровадження системи моніторингу теплоспоживання для будівель КНП "Клінічна лікарня №4" СМР, по вул. Металургів, 38.

В результаті проведених робіт були отримані наступні висновки:

1. Проаналізовані обсяги споживання теплової енергії з відповідним аналізом отриманих результатів.

2. Проведено порівняльний аналіз питомих витрат теплової енергії на об'єкті енергетичного обстеження з встановленими нормами енергоспоживання, чинними на території України.

3. Проведено аналітичний розрахунок теплової потужності системи тепlopостачання будівель лікарняного закладу, в результаті якого був встановлений базовий рівень теплоспоживання при дійсному стані його огорожувальних конструкцій.

4. Проведено порівняльний аналіз фактичного рівня споживання теплової енергії з розрахунковим рівнем теплоспоживання за нормативними показниками. У результаті, виявлена неузгодженість у рівнях споживання теплоти, що є наслідком відсутності сучасної ефективної технології якісного та кількісного регулювання обсягами споживання теплоенергії у системі тепlopостачання закладу.

5. Запропоновано енергозбережні заходи щодо утеплення огорожувальних конструкцій та модернізації теплового пункту додатковим технологічним обладнанням з функцією прогнозованого регулювання і можливістю регулювання споживання теплової енергії у залежності від режиму та графіку функціонування установи.

6. Розрахунком отримані результати фінансової економії від впровадження розроблених заходів з енергозбереження. Отримані результати терміну окупності задовольняють сучасні вимоги щодо реалізації заходу з енергозбереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
3. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі»
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінрегіон України, 2021. – 27 с.
6. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
7. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260 "Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель", зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 18 грудня 2020 р. за № 1257/35540.
8. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.
9. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житловокомунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.
10. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель». – К. Мінрегіонбуд України, 2016. –47 с.
11. [Електронний ресурс]: «Утеплювач базальтовий rockwool frontrock super 120 мм штукатурний фасад Детальніше: <https://stroydar.com.ua/ua/p518917722-uteplitel-bazaltovyj-rockwool.html>». – Режим доступу до ресурсу: <https://stroydar.com.ua/ua/p518917722-uteplitel-bazaltovyj-rockwool.html> .

12. [Електронний ресурс]: «Облікова ставка НБУ 2023»
<https://buhplatforma.com.ua/article/7451-oblkova-stavka-nbu>
13. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проєктів / укладачі: І.М. Сотник, О.М. Маценко, О.М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет. – 2013, 48
14. [Електронний ресурс]: НАКАЗ 21.02.2023 № 354 Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Санітарно-протиепідемічні вимоги до новозбудованих, реставрованих і реконструйованих закладів охорони здоров'я» та Змін до деяких нормативно-правових актів Міністерства охорони здоров'я
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0562-23#Text>
15. Енергосистеми Луджер [Електронний ресурс]:
<http://www.esludger.com.ua/uk/Теплови-насоси/теплови-насоси-для-опалення.html>
16. Тепловий насос-огляд – [Електронний ресурс: <https://santechnik.market/teplovoj-nasos-vozduh-voda-obzor/>]
17. Методичка охорони праці – [Електронний ресурс]:
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/26675/1/%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98%D0%A7%D0%9A%D0%90%20%D0%9E%D0%A5%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%9D%D0%90%20%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%A6%D0%86.pdf>

ДОДАТОК А

Кількість теплової енергії, спожитої будівлями КНК "Клінічна лікарня №4" СМР

Будівлі стаціонарного відділення по вул. Металургів, 38

Обсяги теплоспоживання, Гкал				
	2019	2020	2021	2022
Січень	–	124,4	117,1	105,42
Лютий	–	103,5	115,8	79,88
Березень	–	83,5	101,1	84,91
Квітень	–	39,4	63,9	12,06
Травень	–	–	–	–
Червень	–	–	–	–
Липень	–	–	–	–
Серпень	–	–	–	–
Вересень	–	–	–	–
Жовтень	0	23,8	31,01	–
Листопад	114,7	75,3	74,77	–
Грудень	120	112,8	99,38	–

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за опалювальні періоди становлять:

- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 585,5$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 609,8$ Гкал;
- опалювальний період 2021–2022 рік – $Q_{оп} = 487,43$ Гкал.

ДОДАТОК Б



ДСНС України

СУМСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР З ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ (Сумський ЦГМ)

вул. Героїв Сумщини, 1, м. Суми, 40000, тел. (0542) 77-06-36, 77-04-72, факс 77-07-18

03.03.2023 р. № 3.2/15-93

На № _____ від _____

На Ваш запит надаємо інформацію про середню добову температуру повітря (помісячно) в опалювальний період за останні 3 роки:

2020 рік	
Місяці	Середня добова температура повітря, °С
Січень	-0,3
Лютий	-0,2
Березень	5,6
Квітень	7,8
Жовтень	11,4
Листопад	2,5
Грудень	-2,8

2021 рік	
Місяці	Середня добова температура повітря, °С
Січень	-3,9
Лютий	-7,1
Березень	0,6
Квітень	7,4
Жовтень	6,6
Листопад	3,0
Грудень	-3,0

2022 рік	
Місяці	Середня добова температура повітря, °С
Січень	-3,6
Лютий	-0,4
Березень	0,8
Квітень	9,2
Жовтень	8,8
Листопад	1,5
Грудень	-1,3

Начальник
Вик. Агафонова Т. 770470



Олександр ПОНОМАРЬОВ