

**Методика моніторингу системи
теплозабезпечення будівель**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 Загальний опис стану будівлі та системи тепло забезпечення.....	5
2 Обґрунтування необхідності контролю теплоспоживання.....	10
3 Пропонована система моніторингу.....	13
3.1 Алгоритм розрахунку ліміту тепlopостачання та робіт з моніторингу.....	15
3.2 Організаційна структура проведення аудиту.....	17
3.3 Функції персоналу, які задіяні у роботі з системою моніторингу.....	18
3.4 Визначення теплового навантаження будівлі.....	22
3.5 Звітна документація.....	26
3.6 Економічна ефективність пропонуваної системи.....	28
4 Розробка рекомендацій щодо покращення роботи системи тепlopостачання.....	29
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33
Додаток А	34

ВСТУП

Аналіз попередніх досліджень та актуальність роботи. Існуючі системи моніторингу споживання теплової енергії якими користуються у житлово – комунальному господарстві та бюджетних закладах ґрунтується на укрупнених середніх показниках за три останні роки, на базі визначення середньої температури за сезон та теплового навантаження будівлі.

Зазначені методи не враховують особливості температурних змін навколишнього середовища упродовж опалювального сезону. При визначенні ліміту теплового споживання будівлями ймовірні похибки, які можуть виникнути у так звані перехідні періоди коли температура навколишнього середовища змінюється від -3°C до $+8^{\circ}\text{C}$, що для наших сучасних зим є досить частим явищем.

Метою даної роботи є розробка методики визначення короткотривалих прогнозних лімітів та регулювання теплоспоживання будівлями виходячи з прогнозованої температури навколишнього повітря та параметрів подачі теплоносія (перепаду тисків, температур у прямому та зворотньому трубопроводі, температури змішування теплоносія у системі опалення).

Об'єктом дослідження є робочі процеси теплонадходження та теплопередачі у системах опалення будівлі.

Предметом дослідження є параметри робочого процесу у залежності від конструктивних характеристик будівлі, стану їх огорожуючи конструкцій, температури зовнішнього повітря.

Методи досліджень. Основними методами досліджень є статистичний та розрахунковий, за допомогою яких були проведені розрахунки коефіцієнта теплоти та температурного графіку циркуляції теплоносія у системі опалення будівлі, а також визначені граничні величини теплоспоживання будівлею.

Наукова новизна отриманих результатів.

- розраховано коефіцієнт теплоти, який дозволяє визначити граничні об'єми теплоспоживання будівлею у залежності від метеорологічних умов;

- обґрунтовано визначення у якості вихідної величини значення теплового навантаження будівлі при температурі навколишнього повітря 0°C ;
- розрахований новий температурний графік температури теплоносія при циркулюванні його у системі опалення будівлі.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні алгоритму та методики моніторингу системи тепlopостачання будівель.

Особистий внесок автора. Автором запропоновано застосування системи моніторингу теплоспоживання будівлями, що базується на визначенні теплового навантаження будівлі при 0°C , та урахування короткотермінового прогнозу температури зовнішнього повітря через коефіцієнт теплоти, урахування зазначених параметрів у температурному графіку теплоносія, що циркулює у системі опалення будівлі.

Робота складається зі вступу, з 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 4 найменувань, 1 додатку, 36 сторінок машинописного тексту, 4 рисунків, 4 таблиць.

1. Загальний опис стану будівлі та системи теплозабезпечення

Базовим для розробки та впровадження системи моніторингу теплоспоживання будівлями взято майданчик медичного інституту Сумського державного університету, а саме головний корпус, який включає в себе учбовий корпус «А», корпус теоретичних занять «Б», анатомічний корпус «В», та гуртожитки №4 та №5. Спочатку споруда будувалася як приміщення СПТУ-21, анатомічний корпус був окремою будівлею, де повинні були розташовуватися майстерні. З 1992 року будинок експлуатується як медичний інститут, а майстерні були прибудовані до загальної будівлі.

Режим роботи корпусу: з понеділка по п'ятницю з 8.00 до 16.00 годин.
Гуртожитки відкриті щоденно.

Конструктивні характеристики закладу наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Характеристика обстежуваних об'єктів

Об'єкти	Висота, м	Довжина, м	Ширина, м	Загальна площа, м ²	Об'єм, м ³
Будівля інституту:	6,9	32	43	1376	9494
1. Учбовий	13,2	52,5	12	630	8316
2. Теоретичний	8	73	8,7	645,1	5081
3. Анатомічний					
Гуртожиток №4	14,2	56	16,3	861,8	12238
Гуртожиток №5	14,2	56	16,3	861,8	12238

Таблиця 1.2 - Технічний опис конструктивних елементів будівлі

№ п/п	Найменування конструкційних елементів	Характеристика (матеріал, оздоблення)	Товщина мм
1	Фундамент	Залізобетонний, облицьований плиткою	600
2	Стіни	Цегляні, оштукатурені цементним розчином	550
3	Перегородки	Цегляні та гіпсові	200
4	Міжповерхові перекриття	З/бетонні плити	200
5	Підлога	З/бетонні плити, дерево, керамічна плитка	300
6	Дах	З/бетонні плити, керамзит та рубероїд	400
7	Вікна	Пластикові з однокамерним склопакетом; дерев'яні	60
8	Двері	МДФ або дерево, залізні, металопластикові	50, 70
9	Стеля	Підвісна (метало профіль з гіпсовою плиткою)	-
10	Сходи	з/бетонні	-

Загальна характеристика системи опалення

Система опалення на досліджуваних об'єктах однотрубна, гідравлічно замкнена, з природною циркуляцією. Вона виконана з нижньою розводкою, подаюча і зворотна магістралі розташовуються в підвальному приміщенні. Магістралі подаючої розводки змонтовані з відхилом проти напрямку руху води, щоб використовувати підйомну силу спільно з силою перебігу води для видалення повітря. Ухил магістралей 0,003 м на 1 м довжини труби.

Стояки розміщуються по внутрішній поверхні стіни будівлі і прокладені відкрито. Вони віддалені на 160 мм від вікон. Опалювальні прилади зміщені від осі вікна у бік стояка. Рух гарячого теплоносія відбувається знизу вгору через труби і опалювальні прилади.

Досліджувана система опалення має такі основні елементи:

- вузол прийому теплоносія;
- подавальні стояки;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотній трубопровід.

В якості опалювальних приладів використовуються двоохканальні чавунні радіатори типу «МС – 140А», алюмінієві радіатори та пластинчаті реєстри типу «Аккорд» марки КА-1,008 що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової (за проектом) теплової потужності.

Вихід трубопроводів на горище відсутній, за рахунок цього зменшуються втрати теплоти і спрощується обслуговування системи опалювання. Повітря із системи опалення випускається через повітряні крани, встановлені на нагрівальних приладах верхнього поверху.

Теплопостачання медичного інституту здійснюється через один тепловий ввід прокладений в каналі і ізолюваний мінеральною ватою Ду 2*89 мм до головного теплопункту, що знаходиться в гуртожитку №4. Після теплопункту система додатково розгалужується на два теплопункти для учбового корпусу та моргу окремо.

Розрахункове максимальне теплове навантаження будівлі (враховуючи гаряче водопостачання) згідно договору становить 0,972 Гкал/год, зокрема:

- на опалення медінституту - 0,577 Гкал/год;
- на опалення та гаряче водопостачання гуртожитків №4 та №5 - 0,395 Гкал/год;

Параметри теплоносія на теплових вводах:

- на подавальному трубопроводі - тиск 4,2 кгс / см²;
- температура згідно температурного графіку 110°C/70°C у залежності від температури зовнішнього повітря.

На зворотному трубопроводі :

- тиск -3,8 кгс / см²;

- температура згідно температурного графіку 110°C/70°C у залежності від температури зовнішнього повітря.

На теплопроводах установлені манометри тиску типу МТП-100 з класом точності 2,5. Ізоляція теплопроводів в підвальному приміщенні знаходиться в доброму стані.

Облік теплової енергії здійснюється лічильником марки «Семпал» типу СВТУ-10. Клас точності В. Періодичність повірки - один раз на 2 роки.

Загальна характеристика ГВП

Постачання гарячої води до медичного інституту та гуртожитків №4 та №5 здійснюється централізовано від котельні, що знаходиться за адресою вул. Санаторна, 3 ТОВ «Сумитеплоенерго» по трубопроводах Т3, Т4. Подача води забезпечується за рахунок тиску зовнішньої водопровідної мережі $p = 3 \text{ кг} / \text{см}^2$. Кількість спожитої гарячої води визначається лічильником, що встановлений на ввіді у підвальному приміщенні гуртожитку №4. Тепловий ввід прокладений в каналі, трубопроводи Ду 40 мм ізолювані мінеральною ватою.

Внутрішня мережа гарячого водопостачання складається з наступних елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- лічильник марки «Семпал» типу СВТУ-10;
- розподільні мережі трубопроводів, виконані з сталевих труб Ду 40 мм;
- запірно-регулююча (засувки, вентилі) та запобіжна арматура (клапани).

Розподільні мережі трубопроводів виконано з нижньою розводкою.

Розрахунок за гаряче водопостачання проводиться за двома тарифами – за об'єм спожитої води, та окремо за підігрів спожитого об'єму води. Підігрів води відбувається безпосередньо на котельні.

Тариф на холодну воду – 4,77 грн/м³.

Тариф на підігрів:

Для медичного інституту – 666,97 грн/Гкал;

Для гуртожитків – 253,57 грн/Гкал.

Визначення кількості використаної теплової енергії на підігрів спожитого об'єму гарячої води здійснюється за наступною формулою:

$$Q=0,047*V, \text{ Гкал} \quad (1.1)$$

де V – об'єм спожитої гарячої води згідно показань лічильника;

0,047 – розрахунковий коефіцієнт;

Q – кількість підведеної теплоти на підігрів спожитого об'єму гарячої води.

2. Обґрунтування необхідності контролю теплоспоживання

Існуючий метод оцінювання використання тепла та розрахунку лімітів його використання базується на укрупнених середніх показниках його споживання за три останні роки або розрахунку ліміту шляхом визначення розрахункового теплового навантаження будівлі, середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний сезон та тривалість опалювального періоду [1]. Ці метод не може об'єктивно відобразити споживання теплової енергії для конкретного споживача на певному часовому проміжку. Оскільки, вони не враховує:

- фактичні температурні коливання зовнішнього повітря;
- зміни у діяльності чи розкладі роботи установи;
- зміни в складі енергоспоживаючого обладнання будинку;
- зміни використовуваної площі будівлі;
- проведені енергозберігаючі заходи у будівлі.

Широко поширена нині практика заощадження енергії адміністративними методами в умовах відсутності моніторингу за якістю енергомістких послуг здебільшого призводить до погіршення умов функціонування установи, зростання незадоволеності працівників невідповідними умовами праці та суттєвого зниження якості послуг.

Впровадження принципів та результатів будь - якого моніторингу стримується наразі деякими факторами:

1. Заклади бюджетної сфери м. Суми забезпечуються теплом з централізованих джерел, або квартальних котелен.

Температурний графік, за яким подається теплоносій з мереж у будівлі - $110^{\circ}/70^{\circ}\text{C}$. Однак, є особливість такого графіка. Зважаючи на те, що від систем тепlopостачання організовано гаряче водopостачання через центральні теплові пункти або індивідуальні теплові пункти будівель, мінімальне значення температурного графіка до температури навколишнього середовища -3°C становить $70^{\circ}/50^{\circ}\text{C}$ (рис.1.1).

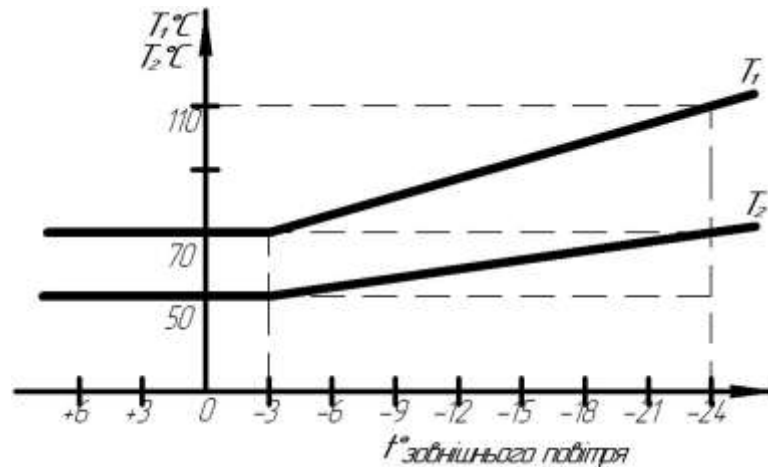


Рисунок 1.1 - Температурний графік подачі теплоносія у систему опалення

Зазначені умови температурного графіка не дозволяють проводити якісне регулювання подачі тепла у будівлі при температурі навколишнього середовища вище -3°C . Тому у такі періоди часто спостерігаються «перетопи» будівель, що тягне за собою непродуктивні витрати фінансових ресурсів [2].

2. Технологічний процес подачі теплоносія, зниження його температури перед подачею у систему опалення базується на сталих показниках перепаду тиску між прямим T_1 та зворотним T_2 трубопроводами подачі теплоносія $\Delta p(\text{м})$.

На базі значень Δp проводиться розрахунок системи змішування прямого та зворотного теплоносія – так званий елеватор. Тому додаткове регулювання подачі тепла у будівлю при температурах навколишнього середовища вище -3°C є проблематичним за:

- відсутності розробленого та затвердженого змінного температурного графіка подачі теплоносія у будівлях;
- відсутності технічних засобів регулювання температури теплоносія у будівлях.

Спровоковані такою ситуацією перетопи, за нашими підрахунками, становлять близько 15% від загальної кількості споживаємої за сезон теплової енергії, що витрачається на опалення будівель закладів бюджетної сфери міста.

Крім того вищенаведені системи розрахунку та обліку теплоспоживання будівлями не мають зворотного зв'язку та можливості корегування об'ємів теплоспоживання на короткострокові терміни упродовж опалювального сезону.

Тож питання про актуальність впровадження системи моніторингу теплоспоживання та створення системи регулювання подачі теплоносія в будівлю постає саме собою.

3 Пропонована система моніторингу

Пропонується застосовувати більш доскональний розрахунковий підхід до обчислення, обліку та управління процесами споживання енергії. Ця система основана на Міжгалузевих нормах споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України, що затверджена наказом Державного комітету України з енергозбереження від 25.10.99 №91[3]. Зазначений документ забезпечує єдину методологію при нормування електричної і теплової енергії та обґрунтування норм споживання електричної і теплової енергії на освітлення, опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання з урахуванням конкретних умов, забезпечення можливості інженерного аналізу споживання енергетичних ресурсів в установах і організаціях, підвищення відповідальності за економне використання електричної і теплової енергії.

В доповнення до запропонованого алгоритму розрахунку споживання теплової енергії згідно з Міжгалузевими нормами необхідно враховувати ще й фактори, які впливають на якість послуг та рівень споживання енергії бюджетною установою:

- Погода. При фіксованій внутрішній температурі в приміщеннях сезонні коливання зовнішньої температури призводять до зростання споживання теплової енергії взимку.
- Зміни у діяльності та розкладі роботи установи. Зміни числа відвідувачів та кількості працюючих або ж коригування розкладу роботи установи впливають на використання теплової енергії.
- Зміни в складі енергоспоживаючого обладнання будівлі. Енергоспоживання змінюється у кожному випадку, коли з'являється нове додаткове енергоспоживаюче обладнання або відбувається заміна, реконструкція чи відключення існуючих систем опалення, охолодження, вентиляції, підігріву води чи освітлення.

- Зміни використовуваної площі будівлі. Зміни розмірів будівель та площ, які використовуються, також серйозно впливають на споживання енергії.

Таким чином, організовуючи збір даних для аналізу споживання енергії бюджетною установою, недостатньо зібрати лише покази приладів, які дозволяють розрахувати обсяг спожитої енергії. Слід також подбати про збір додаткових даних, які суттєво впливають на обсяг споживання енергії бюджетною установою (температура зовнішнього повітря, розмір використовуваних площ, склад і кількість енергоспоживаючого обладнання і деяких інших).

Оскільки енергія, яка використовується для створення теплового комфорту в будівлі, пов'язана лінійною залежністю з різницею показників внутрішньої та зовнішньої температури, то цей метод дозволить досить точно обрахувати заощадження енергії.

При проведенні даного моніторингу пропонується використання спеціальних електронних таблиць комп'ютерних програм Excel, Lotus . При використанні даних таблиць обрахунки виконуються автоматично за наперед запрограмованим алгоритмом. Внаслідок цього коло можливостей для збору та аналізу даних значно розширюється - можна оперувати із значно більшою кількістю вхідних та вихідних даних, виключається можливість виникнення механічних помилок на етапі виконання розрахунків. Відразу після занесення необхідних вхідних даних в таблицю отримуємо значення всіх показників, розрахунок яких було запрограмовано заздалегідь. Крім того, за допомогою електронних таблиць можна легко створювати різного роду графіки та діаграми.

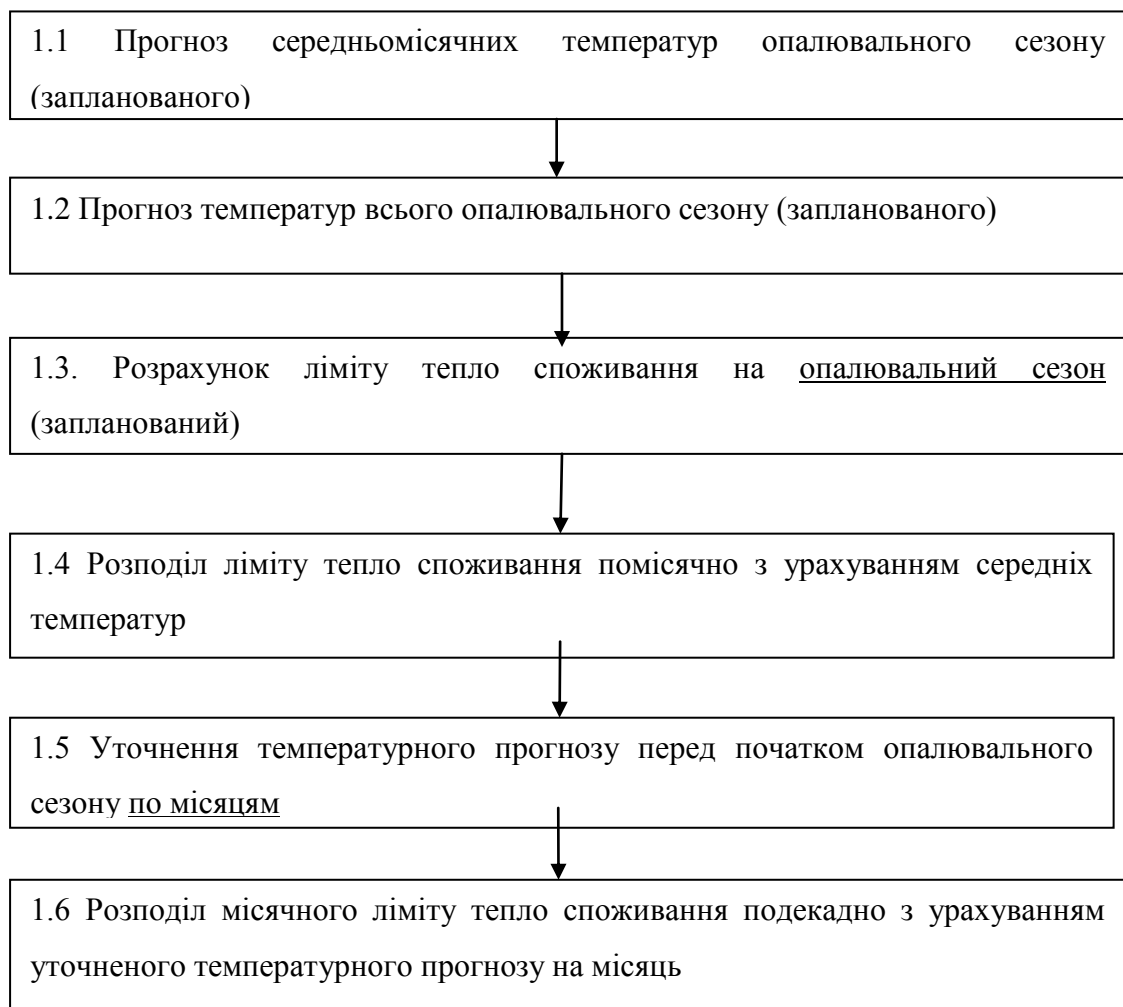
Хоча при численних нових позитивних сторонах використання електронної таблиці для організації обліку та аналізу споживання енергії все ж має певні обмеження. Ці обмеження стосуються, так званого, «людського фактору» - помилок на етапі ручного збору та внесення інформації. Тому при організації функціонування систем моніторингу необхідно, при можливості,

організувати автоматичний збір та передачі інформації через інформаційні мережі, виключивши вплив людини.

Моніторинг енергомістких послуг та енергії у бюджетній установі дає фактичний матеріал, аналіз якого дозволяє працівникам установи зрозуміти як і для чого споживається енергія, а відтак, мотивувати персонал до дій, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії. Результатом таких дій може стати значне зменшення витрат на енергію в установі. Моніторинг теплоспоживання та споживання інших видів енергії дозволяє підвищити точність планування і виконання бюджетів, а також обґрунтувати перспективність інвестування в програми підвищення ефективності використання енергії.

3.1 Алгоритм розрахунку ліміту теплопостачання та робіт з моніторингу

1 Розрахунок температурного режиму зовнішнього повітря



↓

1.7 Планування добових температур зовнішнього повітря на короткотерміновий період(до 3-4 діб) та визначення фактичних температур зовнішнього повітря за минулі 3-4.

2 Моніторинг теплоспоживання

2.1 Визначення теплового добового навантаження будівлі при температурі зовнішнього повітря 0⁰С Після розподілу місячного прогнозованого ліміту теплоспоживання по декадах кожні 10 днів (або 5 днів) аналізується:

2.1.1

- реальний температурний режим зовнішнього повітря і споживання теплоенергії за минулу декаду, зіставлення відповідності;
- споживання тепла;
- реальні температурні графіки теплоносія;
- температурний режим зовнішнього повітря

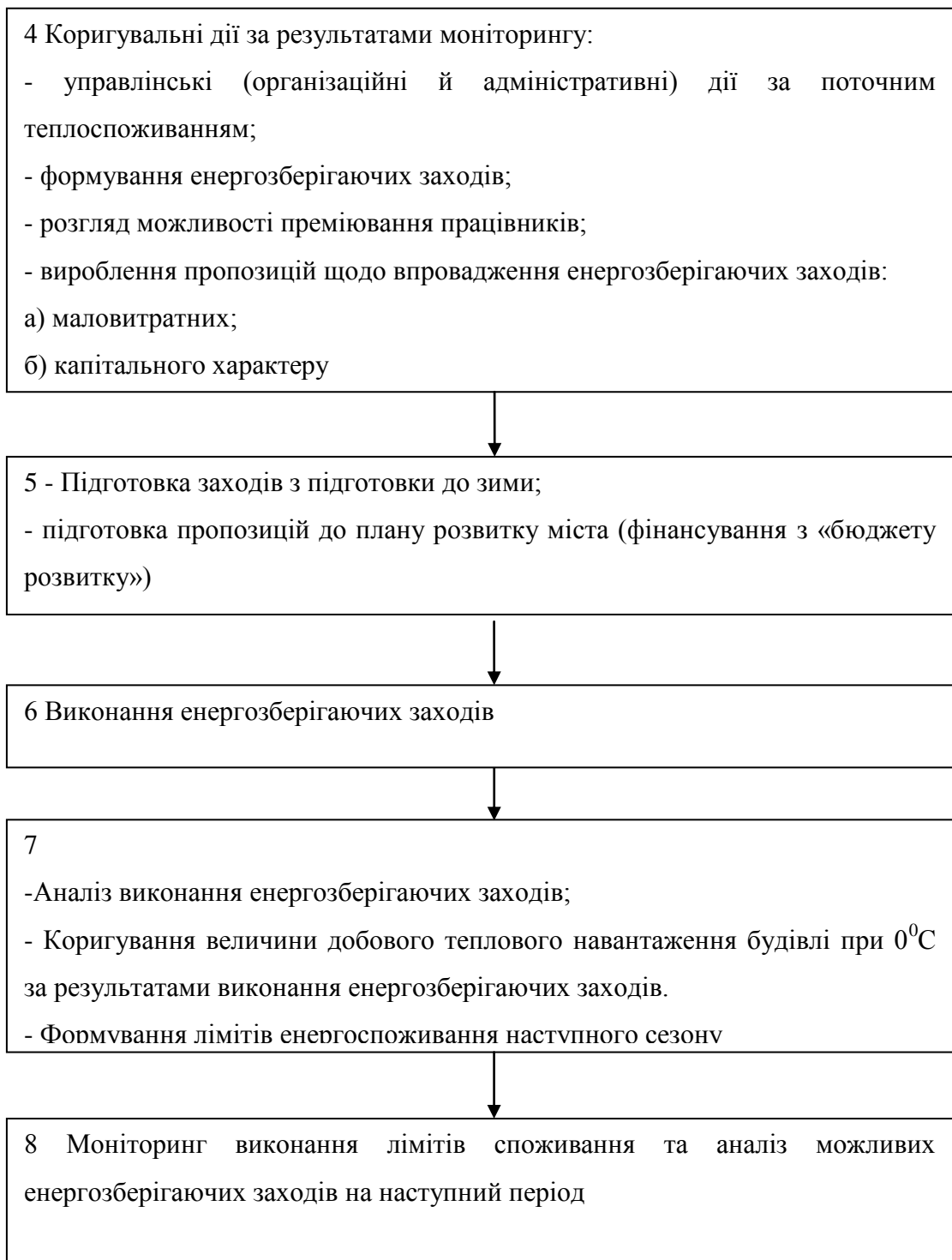
Коригувальні дії по споживанню тепла; напрацювання статистичних даних

2.1.2 На підставі короткострокового погодніого прогнозу уточнення:

- ліміту споживання теплоенергії на наступні 10 днів, а також коротко терміновий розрахунок ліміту теплоспоживання на наступні 3-4 дні;
- передбачуваних зовнішніх температур (добових);
- необхідного температурного графіка теплоносія;
- вироблення рекомендацій споживачам на наступну декаду та найближчі 3-4 доби за режимами теплоспоживання

3 Розрахунок питомих показників теплоспоживання по установах за звітний період (3-4 доби, декада, місяць, сезон):

- кількість спожитого тепла на 1 м³ опалювального об'єму;
- кількість спожитого тепла на 1 м² опалювальної площі;
- кількість персоналу та вихованців, що знаходяться на опалювальній площі



3.2 Організаційна структура проведення аудиту

Для втілення даної методики моніторингу теплоспоживання для будівель медичного інституту пропонується провести такі заходи:

1 Організувати роботу обслуговуючого персоналу теплопунктів для щоденного ведення журналу, в якому буде вестися збір даних по споживанню теплової енергії будівлями медичного інституту.

2 Пропонується ввести в обов'язки заступника з господарчої частини, ведення журналу для збору щоденної інформації, а саме:

- Температурний режим зовнішнього повітря;
- Середня температура за звітний період;
- Фактичні температурні показники повітря в приміщеннях;
- Кількість присутнього персоналу та студентів, графік їх відвідування, кількість годин присутності в приміщеннях;
- Температурний графік подачі теплоносія протягом доби (добові графіки).

3 Визначити питому витрату тепла на 1 м^2 опалювальної площі та на 1 м^3 опалювального об'єму за опалювальний сезон, місяць, декаду.

4 Визначити кількість теплоти, яку споживають будівлі при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ зовнішнього повітря у різні періоди опалювального сезону для обрахунку середнього значення добового теплового навантаження будівлі при 0°C .

- По фактичному споживанню;
- По розрахунковому споживанню.

5 Розробити комп'ютерну програму розрахунку питомих показників витрат теплоенергії.

6 Визначити норму споживання теплової енергії будівлями медичного інституту СумДУ.

7 Назначити особу, яка буде відповідальна за функціонування системи моніторингу в СумДУ.

8 Розроблення та впровадження енергозберігаючих заходів.

3.3 Функції персоналу, які задіяні у роботі з системою моніторингу

3.3.1 Коло осіб, які працюють з системою моніторингу:

1) Адміністратор системи моніторингу:

- Вносить вихідні дані:

- показання лічильників теплових, електричних, водяних;

- інформацію про погодні умови (фактичні і прогнози) від сайту <http://www.gismeteo.ua> та інших джерел;

- Має право на внесення інших даних для функціонування системи моніторингу та коригування всіх вихідних даних;

- Має доступ до всієї інформації, яку можна отримати і аналізувати в системі моніторингу;

- Має право формування первинних звітно-облікових бухгалтерських документів.

2) Користувач - Головний інженер СумДУ:

- Має доступ до всієї інформації, яку можна отримати і аналізувати в системі моніторингу.

3) Користувач - Проректор з адміністративно господарчої частини СумДУ:

- Має доступ до всієї інформації, яку можна отримати і аналізувати в системі моніторингу;

- Має доступ до подекадних звітів про стан та обсяги споживання енергетичних ресурсів СумДУ.

4) Користувач - Ректор СумДУ:

- Має сформовану інформацію про планові обсяги споживання, фактичні обсяги споживання, стан оплати за споживання;

5) Користувач - Бухгалтер:

- Має право доступу до місячних звітів про стан та обсяги споживання енергоресурсів для формування документів на оплату та бухгалтерських документів.

6) Коменданти гуртожитків та корпусів, підрозділів, завідувачі кафедр, декани факультетів, проректори, головний бухгалтер, головний економіст:

- Мають доступ до довідкової звітної інформації:

- ліміти енергоспоживання;

- фактичне енергоспоживання;

- відхилення (+/-) величин фактичного енергоспоживання від встановлених лімітів лімітів.

3.3.2 *Обов'язки осіб , що працюють з системою моніторингу:*

1) Адміністратор (на першому етапі):

- Збір даних з лічильників споживання енергоресурсів (подобовий);
- Збір даних з інформаційних систем про погодні умови;
- Робота з формування бази даних для обліку фактичного споживання;
- Формування звітних документів для користувачів;
- Проведення коригувальних заходів по базах даних;
- Формування масиву інформації для первинних документів бухгалтерського обліку;
- Діагностика стану приладів обліку споживання енергоресурсів;
- Формування пропозицій керівництву (Головному інженеру, Проректору з адміністративно господарчої частини) щодо проведення необхідних коригувальних заходів у сфері енергоспоживання;
- Робота з постачальниками енергоресурсів.

2) Користувач - Головний інженер СумДУ:

- Аналіз (подобовий) фактичного енергоспоживання;
- Порівняльний аналіз факту і ліміту енергоспоживання (факт споживання та розрахунок прогнозного споживання);
- Аналіз коректності відхилень «факт-прогноз» на основі інформації про погодні умови, функціонування систем енергоспоживання згідно заявок підрозділів;
- Вироблення коригувальних заходів для поточного дотримання граничних величин енергоспоживання;
- Аналіз енергоспоживання для врахування його при формуванні енергозберігаючих заходів;
- Визначення «вузьких місць» енергоспоживання;
- Формування заходів з підготовки до опалювального періоду;
- Формування плану поточного ремонту, швидке реагування на виникнення позаштатних ситуацій;

- Облік якості споживаних енергоресурсів, їх відповідність договірним зобов'язанням постачальників;

- Підготовка пропозицій вищому керівництву;

- Робота з постачальниками енергоресурсів;

- Формування проектних пропозицій з модернізації систем енергоспоживання;

- Взаємозв'язок з бухгалтерією.

3) Користувач - Проректор з адміністративно господарчої частини СумДУ:

- Аналіз енергоспоживання (подобовий, подекадний) за звітними даними «ліміт-факт»;

- Вироблення коригувальних заходів для поточного дотримання граничних величин енергоспоживання;

- Розгляд заявок підрозділів на зміну лімітів енергоспоживання залежно від виробничої ситуації, прийняття рішення щодо них, вироблення коригувальних дій;

- Аналіз стану платежів за спожиті енергоресурси;

- Робота з постачальниками;

- Підготовка пропозицій вищому керівництву щодо підвищення ефективності енергопостачання і зниження енергоспоживання.

4) Користувач - Ректор СумДУ:

- Аналіз енергоспоживання (подобовий, подекадний);

- Аналіз відхилення від ліміту споживання;

- Порівняльний аналіз енергоспоживання за минулі аналогічні періоди (в т.ч. по підрозділах);

- Аналіз стану платежів за спожиті енергоресурси;

- Прогнозний аналіз об'єму платежів за енергоносії та теплову енергію майбутнього періоду (до кінця місяця, кварталу, року);

- Аналіз пропозицій щодо зниження енергоспоживання і прийняття рішень по їх впровадженню;

- Прийняття рішень по коригувальним діям у сфері дотримання граничних величин поточного енергоспоживання.

5) Користувач - Бухгалтер:

- Формування документів бухгалтерського обліку на підставі первинних даних про енергоспоживання;

- Формування та оплата рахунків за спожиті енергоносії з урахуванням умов договору на поставку енергоносіїв від постачальників.

6) Коменданти гуртожитків та корпусів, підрозділів, завідувачі кафедр, декани факультетів, проректори, головний бухгалтер, головний економіст:

- Аналіз енергоспоживання (подобовий, подекадний) по підрозділах;

- Аналіз відхилень від лімітів споживання;

- Контроль виконання коригувальних заходів щодо дотримання ліміту споживання, підготовка пропозицій керівництву щодо матеріального заохочення персоналу, який приймає участь у регулюванні об'ємів теплоспоживання будівель.

3.4 Визначення теплового навантаження будівлі

Існує два методи визначення добового теплового навантаження будівлі при 0⁰С зовнішнього повітря:

- По фактичному споживанню, шляхом опрацювання даних зібраних з журналу обслуговуючого персоналу тепlopункту, що ведеться протягом опалювального сезону та середньодобових температур зовнішнього повітря.

- По розрахунковому споживанню, застосовуючи методику визначення теплової потужності будівлі [4].

При визначенні теплового навантаження будівель медичного інституту був використаний перший метод, досліджуваний період 1.11.2011 – 5.12.2011 р.

Кількість теплоти, яку споживають будівлі при 0⁰С за добу визначається за формулою:

$$Q_0 = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} \quad (3.1)$$

Де Q_n - добова кількість теплоти, що споживають будівлі при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ зовнішнього повітря (Додаток А);

n - кількість днів з температурою зовнішнього повітря близько $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Додаток А).

$$Q_0 = \frac{7,71 + 6,0 + 7,37 + 9,19 + 6,62 + 7,21 + 7,03}{7} = 7,30 \text{ МДж}$$

Для визначення теоретично необхідної кількості теплової енергії можна розрахувати коефіцієнт відносного збільшення (зменшення) об'єму тепла K , що може спожити будівля при різних температурах навколишнього повітря з урахуванням температурного графіку подачі теплоносія.

За допомогою цього коефіцієнту є можливість проводити моніторинг витрат тепла у будівлях, прогнозувати перспективу витрат теплоти на опалення будівель згідно прогнозу погоди, проводити порівняння споживання теплоти будівлями на основі аналізу тривалості температурних показників навколишнього середовища, а не середніх температур місяця.

При розрахунку коефіцієнта K відносного збільшення (зменшення) об'єму тепла, що споживає будівля, враховується додаткова кількість теплоти, яку містить теплоносій, через різницю температур прямого T_1 та зворотного T_2 теплоносія при різних температурах навколишнього середовища.

$$\Delta t = T_1 - T_2 \quad (3.2)$$

За температурним графіком подачі теплоносія $110^{\circ}/70^{\circ}\text{C}$, що використовується при опаленні медичного інституту ($\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$ при температурі зовнішнього середовища $t_{\text{зовнішн.}} = -24^{\circ}\text{C}$).

Прийнявши коефіцієнт відносного збільшення (зменшення) об'єму тепла при $t_{\text{зовнішн.}} = 0^{\circ}\text{C}$ за $K=1$; при $\Delta t = 19^{\circ}\text{C}$ та $T_1=70^{\circ}\text{C}$, $T_2=51^{\circ}\text{C}$ маємо значення K при різних $t_{\text{зовнішн.}}$ (таб.3.1).

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта відносного збільшення (зменшення) об'єму тепла

Зовнішня температура повітря, $t_{\text{zov}}^{\circ\text{N}}$	Коефіцієнт відносного збільшення об'єму тепла, K
0 ⁰	1,0
-3 ⁰	1,0
-6 ⁰	1,289
-9 ⁰	1,4339
-12 ⁰	1,5789
-15 ⁰	1,7103
-18 ⁰	1,8421
-21 ⁰	1,9736
-24 ⁰	2,1052

Уточнені значення K можна розрахувати з градацією $t_{\text{zov}}^{\circ\text{N}}$ до 0,1°C.

Для визначення теоретично необхідної кількості теплоти, що повинна споживатися будівлями відповідно до середньодобової температури зовнішнього повітря, застосовують формулу 3.3:

$$Q_{\text{дод}} = \hat{E} \cdot Q_0, \quad (3.3)$$

Де Q_0 - кількість теплоти, яка споживають будівлі при температурі зовнішнього повітря 0 °C.

\hat{E} - значення коефіцієнта відносного збільшення (зменшення) теплоти, що споживає будівля за фактичною температурою зовнішнього повітря.

Аналогічно можна розрахувати коефіцієнт відносного збільшення (зменшення) тепла для температурного графіку подачі теплоносія при температурі зовнішнього повітря вище 0°C

Результати проведеного моніторингу наведені в таблиці 3.2

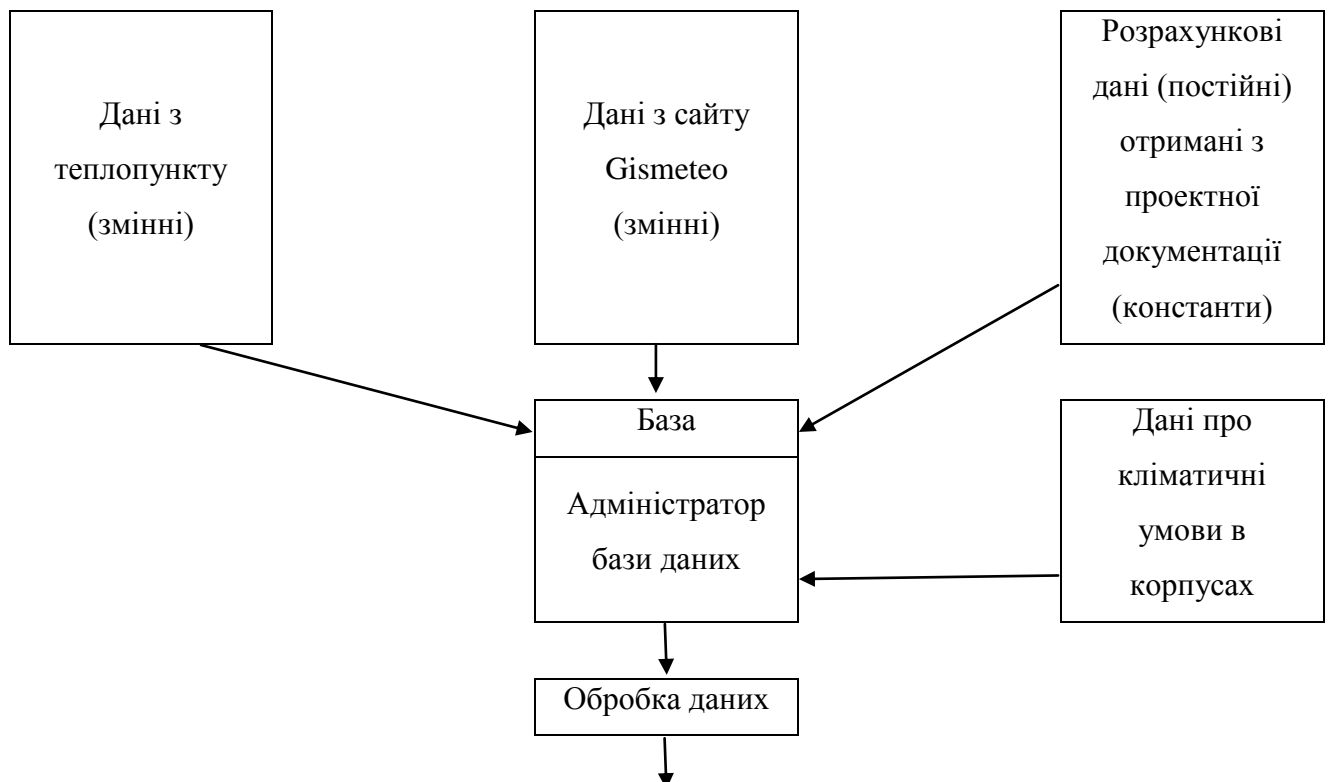
Таблиця 3.2 – Результати моніторингу

Число місяця	Кількість тепла, яке споживає будівля при тем-рі зов. повітря 0 °С, Гкал	Фактична кількість тепла спожите за добу, Гкал	Фактична тем-ра зовнішнього повітря, t°С	Значення коефіцієнта теплоти по фактичній тем-рі зов.повітря, К	Розрахункова кількість тепла спожите будівлями по фактичній тем-рі, Гкал.	Відхилення в теплоспоживанні будівлями (+/-)
1.11	7,30	7,14	6,8	0,7047	5,14431	1,99569
2.11	7,30	7,52	7	0,6942	5,06766	2,45234
3.11	7,30	7,42	6,4	0,7258	5,29834	2,12166
4.11	7,30	0	5,75	0,7538	0	0
5.11	7,30	0	6,75	0,71	0	0
6.11	7,30	7,34	-0,87	1	7,3	0,04
7.11	7,30	5,65	-4,62	1,154	8,4242	-2,7742
8.11	7,30	7,71	0,12	1	7,3	0,41
9.11	7,30	5,45	1,75	0,921	6,7233	-1,2733
10.11	7,30	6	-0,13	1	7,3	-1,3
11.11	7,30	0	-1,5	1	0	0
12.11	7,30	0	0,87	0,963	0	0
13.11	7,30	8,35	0,375	0,9893	7,22189	1,12811
14.11	7,30	7,37	-0,12	1	7,3	0,07
15.11	7,30	5,84	0,87	0,963	7,0299	-1,1899
16.11	7,30	8,28	-2,5	1	7,3	0,98
17.11	7,30	10,58	-1,25	1	7,3	3,28
18.11	7,30	7,23	-1	1	7,3	-0,07
19.11	7,30	0	-1	1	0	0
20.11	7,30	0	1,37	0,9368	0	0
21.11	7,30	6,94	-2,6	1	7,3	-0,36
22.11	7,30	9,19	-0,13	1	7,8621	1,89
23.11	7,30	7,85	-3,75	1,077	8,70598	-0,0121
24.11	7,30	7,46	-5	1,1926	7,3	-1,24598

Продовження таблиці 3.2

25.11	7,30	5,94	-2,87	1	7,3	-1,36
26.11	7,30	0	-0,125	1	0	0
27.11	7,30	0	1,125	0,9525	0	0
28.11	7,30	9,03	3,875	0,8205	6,60577	3,04035
29.11	7,30	5,83	+2,0	0,9049	7,3	-0,77577
30.11	7,30	6,62	-0,25	1	7,3	-0,68
1.12	7,30	7,21	+0,17	1	7,3	-0,09
2.12	7,30	7,03	+0,1	1	6,8766	-0,27
3.12	7,30	0	+1,3	0,9420	0	0
4.12	7,30	0	+4,5	0,7995	0	0
5.12	7,30	8,63	+6,4	0,7258	5,14431	3,33166
Сума	-	183,61	-	-	174,27	9,34

3.5 Звітна документація



I. Розрахунок прогнозованих показників теплозабезпечення на наступну добу:

На наступну добу:

- прогноз температури середньодобової;
- вибір коефіцієнта теплоти (з урахуванням вітру);
- розрахунок теплового навантаження тепlopункту ($G_{\text{кал/год}}$, $G_{\text{кал/добу}}$);
- визначення кількісних показників температури опалювальної води в системі опалення після підмішування ($T_{\text{підмішування}}$).

На наступні 2 – 3 доби:

- прогноз середньодобових температур ;
- вибір коефіцієнта теплоти;
- розрахунок теплового навантаження тепlopункту;
- визначення кількісних показників температури опалювальної води в системі опалення після підмішування ($T_{\text{підмішування}}$).

II. Формування звіту показників теплопостачання за добу, що минула:

- Уточнення середньодобової температури (фактичної);
- Вибір (уточнення) коефіцієнта теплоти за минулу добу;
- Розрахунок теплового навантаження тепlopункту на основі фактичних значень температури і коефіцієнта теплоти (можливий ліміт споживання);
- Розрахунок звітних середньодобових температур прогнозованої та реальної $\Delta t_{\text{і відт еєф і у}}^{\circ\tilde{N}}$;
- Розрахунок кількості теплоти, спожитою будівлями за добу, що минула по фактичній температурі зовнішнього повітря і коефіцієнта теплоти. ($G_{\text{кал/добу}}$);
- Об'єм спожитої кількості теплоти (фактичний) за показаннями лічильника ($G_{\text{кал/добу}}$);

- Розрахунок відхилень реального теплоспоживання від розрахункового ($\pm \Delta Q$);
- Розрахунок відхилень реального значення температури підмішування t_{nidm} і розрахункового $\pm \Delta t_{nidm}$;
- Значення температурного графіка T_1/T_2 теплової мережі постачальника перед і за теплопунктом;
- Значення фактичних температур в приміщеннях будівлі;
- Питома витрата тепла ($G_{кал/м^2}$) на $1м^2$ приведеної площі будівлі;
- Питома витрата тепла ($G_{кал/м^3}$) на $1м^3$ опалювального об'єму будівлі;
- Накопювальне значення кількості споживаємого тепла з початку місяця (звітного періода).

III. Формування протоколу звіта за добу, що минула і завдання на наступні 2-3 доби



3.6 Економічна ефективність пропонованої системи моніторингу

Як бачимо з результатів розрахунків, практично кожного дня існують відхилення у споживанні теплоти від значень, що розраховані за пропонованою методикою, сумарне відхилення від розрахункових значень становить 9,34 Гкал досліджуваного періоду.

Відповідно до існуючого тарифу, 666,97 грн/Гкал, при дотриманні розрахункових добових лімітів теплоспоживання можлива економія коштів склала б **6229,5 грн** за досліджуваний період (35 діб).

4 Розробка рекомендацій щодо покращення роботи системи теплопостачання

1. Впровадження запропонованої схеми моніторингу використання тепла, як більш раціональної.
2. Зміна температурного графіку теплоносія, що циркулює у системі опалення будівель на більш раціональний.

Температурний графік, за яким подається теплоносій з мереж у будівлі медичного інституту - $110^{\circ}/70^{\circ}\text{C}$. Однак, є особливість такого графіка. Зважаючи на те, що від систем теплопостачання організовано гаряче водопостачання через центральні теплові пункти або індивідуальні теплові пункти будівель, мінімальне значення температурного графіка до температури навколишнього середовища -3°C становить $70^{\circ}/50^{\circ}\text{C}$ (рис.1.1).

Зазначені умови температурного графіка не дозволяють проводити якісне регулювання подачі тепла у будівлі при температурі навколишнього середовища вище -3°C (видно з розрахунку табл.3.2). Тому у такі періоди часто спостерігаються «перетопи» будівель, що тягне за собою непродуктивні витрати фінансових ресурсів.

Технологічний процес подачі теплоносія, зниження його температури при подачі у систему опалення, базується на сталих показниках перепаду тиску між прямим T_1 та зворотним T_2 трубопроводами подачі теплоносія Δp (м).

На базі значень Δp проводиться розрахунок системи змішування прямого та зворотного теплоносія – так званий елеватор. Тому додаткове регулювання подачі тепла у будівлю при температурах навколишнього середовища вище -3°C є проблематичним за:

- відсутності розробленого та затвердженого змінного температурного графіка подачі теплоносія у будівлях;
- відсутності технічних засобів регулювання температури теплоносія у будівлях.

При можливості регулювання температури теплоносія ($t_{\text{змішування}}$) у будівлі за допомогою клапанної системи, що керується температурними «погодними» датчиками через контролер, та використовуючи вищенаведену систему моніторингу пропонується змінити температурний графік подачі теплоносія у будівлі (рис.4.1) за рахунок впровадження системи регулювання, у температурному діапазоні зовнішнього повітря $+9^{\circ}\text{C} \dots -3^{\circ}\text{C}$ з фіксацією ($T_1^{\circ}; T_2^{\circ}$) графіка: $+3^{\circ}\text{C} \rightarrow 59^{\circ}/44^{\circ}$, $+6^{\circ}\text{C} \rightarrow 53^{\circ}/41^{\circ}$, $+9^{\circ}\text{C} \rightarrow 47^{\circ}/39^{\circ}$.

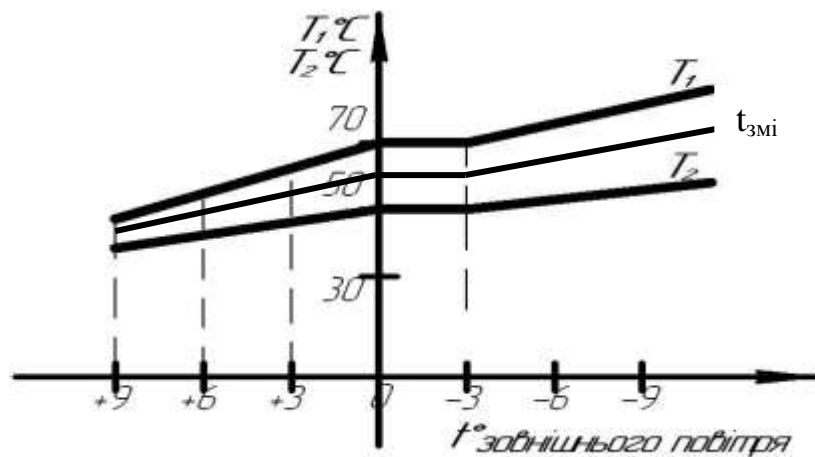


Рисунок 4.1 – Пропонований температурний графік циркуляції теплоносія у системі опалення

Для кількісного та якісного регулювання пропонується в тепловій вузлі елеваторний вузол замінити циркуляційними електричними насосами згідно схем (рис. 4.2, 4.3); установити регулятор подачі теплоносія, що застосовує датчики температури зовнішнього повітря. Робота запропонованих систем вносить додаткові витрати електроенергії на роботу насосного обладнання, але вони незначні у порівнянні з економічним ефектом від їх застосування.

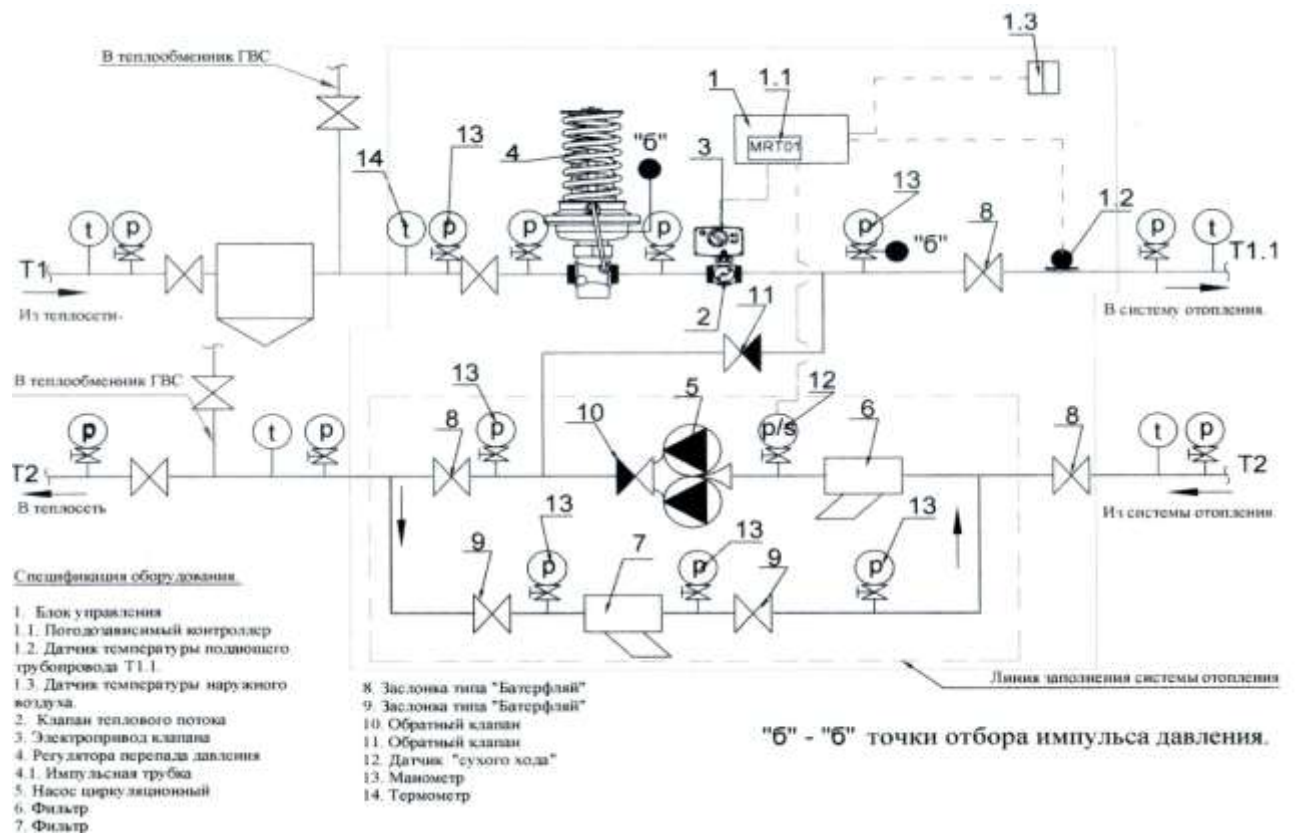


Рисунок 4.2 – Схема модернізації тепловпункту з погодозалежним датчиком



Рисунок 4.3 – Схема тепловпункту з насосом підмішування

ВИСНОВКИ

Запропонована методика моніторингу системи тепло- та енергопостачання будівель включає:

- Визначення, як базового, значення теплового навантаження будівлі при 0⁰C. Значення цього показника можна обрахувати виходячи з аналізу теплового енергоспоживання будівлі упродовж сезону або аналітично – розрахунковим методом.
- Визначення ліміту теплоспоживання запропоновано через розрахунок коефіцієнту відносного збільшення (зменшення) кількості тепла в теплоносії.

Запропоновано проведення розрахунку лімітів теплоспоживання (щодобових) за короткостроковим прогнозом температури навколишнього повітря.

Запропоновано проведення розрахунку ліміту теплоспоживання будівлями за минулий період використовуючи фактичні середньодобові температури зовнішнього повітря.

Запропоновано температурний графік циркуляції теплоносія у системі опалення будівлі.

Розроблена структурна схема функціонування системи моніторингу.

У роботі показано кількісні можливості економії теплової енергії при опаленні будівель медичного інституту СумДУ на базі аналізу теплоспоживання з застосуванням зазначеної методики системи моніторингу.

За результатами моніторингу потенціал енергозбереження системи опалення складає 9,34 Гкал за 35 діб (1.11.2011 – 5.12.2011) опалювального сезону 2011/2012 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хрестоматия энергосбережения. Книга 2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Москва 2003. – 765 с.
2. Енергозбереження в університетських містечках: посібник для студентів вищих навчальних закл. освіти/ К.Р. Сафіуліна, А.Г. Колієнко, Р.Ю. Тормосов. – К. :ТОВ «Поліграф плюс», 2010. – 328 с.
3. Міжгалузевих нормах споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України, що затверджена наказом Державного комітету України з енергозбереження від 25.10.99 №91
4. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - На заміну СНиП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. -72 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Показання теплолічильника теплопункту

Дата	Значення показань теплолічильника				
	Температура теплоносія прямого, T_1 °C	Температура теплоносія зворотного, T_2 °C	Витрата теплоносія, G м ³ /год	Годинна теплова потужність, q Гкал/год	Спожита теплова енергія, A Гкал
31.10	58,75	45,94	27,369	0,234	4608,95
1.11	58,34	46,16	29,128	0,222	4614,13
2.11	58,21	47,03	29,589	0,235	4621,65
3.11	57,84	45,65	28,357	0,256	4629,07
4.11	-	-	-	-	-
5.11	-	-	-	-	-
6.11	59,25	47,22	28,245	0,251	4652,51
7.11	60,37	47,95	29,759	0,267	4658,13
8.11	58,94	46,52	27,412	0,273	4665,84
9.11	58,51	46,73	27,387	0,298	4671,29
10.11	59,27	46,98	28,162	0,311	4677,94
11.11	-	-	-	-	-
12.11	-	-	-	-	-
13.11	57,14	45,13	27,364	0,291	4701,87
14.11	55,49	44,24	28,245	0,308	4709,24
15.11	56,91	45,56	28,698	0,297	4715,08
16.11	58,27	45,19	26,423	0,283	4723,36
17.11	59,48	46,73	27,682	0,304	4733,94
18.11	58,74	46,01	29,354	0,326	4741,17
19.11	-	-	-	-	-
20.11	-	-	-	-	-
21.11	59,93	47,92	32,508	0,387	4764,29
22.11	60,56	48,13	25,471	0,372	4773,48
23.11	62,74	50,09	24,956	0,359	4781,33
24.11	63,13	49,57	29,016	0,326	4788,79
25.11	62,54	49,13	30,549	0,354	4794,73
26.11	-	-	-	-	-
27.11	-	-	-	-	-
28.11	56,14	46,63	28,541	0,333	4824,62
29.11	59,06	47,23	25,873	0,294	4830,45
30.11	54,48	45,12	23,812	0,281	4837,07
1.12	55,68	44,65	24,369	0,275	4849,28
2.12	56,17	45,34	23,310	0,258	4855,31
3.12	-	-	-	-	-
4.12	-	-	-	-	-
5.12	54,70	42,35	23,792	0,287	4876,71

Таблиця А2 - Середньодобова температура зовнішнього повітря з початку опалювального періоду 2011/2012 року

Дата	Температура, °С
1	2
15.10.2011	+5,0
16.10.2011	+4,5
17.10.2011	+4,0
18.10.2011	+1,5
19.10.2011	+4,0
20.10.2011	+7,5
21.10.2011	+6,0
22.10.2011	+6,5
23.10.2011	+7,0
24.10.2011	+7,5
25.10.2011	+1,0
26.10.2011	+3,0
27.10.2011	+0,5
28.10.2011	+3,5
29.10.2011	+0,6
30.10.2011	+0,88
31.10.2011	+4,5
1.11.2011	+6,8
2.11.2011	+7,0
3.11.2011	+6,4
4.11.2011	+5,75
5.11.2011	+6,75
6.11.2011	-0,87
7.11.2011	-4,62
8.11.2011	+0,12
9.11.2011	+1,75
10.11.2011	-0,13
11.11.2011	-1,5
12.11.2011	+0,87
13.11.2011	+0,38
14.11.2011	-0,12
15.11.2011	+0,87
16.11.2011	-2,5
17.11.2011	-1,25
18.11.2011	-1,0
19.11.2011	-1,0
20.11.2011	+1,37
21.11.2011	-2,6
22.11.2011	-0,13
23.11.2011	-3,75
24.11.2011	-5,0

Продовження таблиці А2

1	2
25.11.2011	-2,87
26.11.2011	-0,13
27.11.2011	+1,13
28.11.2011	+3,88
29.11.2011	+2,0
30.11.2011	-0,25
1.12.2012	+0,17
2.12.2012	+0,1
3.12.2012	+1,3
4.12.2012	+4,5
5.12.2012	+6,4