МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності будівель

Виконав: студент 2 курсу,групи 8.1923-мопа-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Містобудування та об'ємно-просторова архітектура
(назва освітньої програми)
Уараб Рашид
(ініціали та прізвище)

Керівник доц.,к.арх, Сазонова О. Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц., к.т.н, Фостащенко О.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Містобудування та об'ємно-просторова архітектура

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«01» 10 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Уарабу Рашиду
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Підвищення енергетичної ефективності будівель

керівник роботи доц.,к.арх, Сазонова О. Ю.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» 09 2024 року № 1486-с .

1 Строк подання студентом роботи 01.02.2025

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об`єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз методів та технологій підвищення енергетичної ефективності будівель; аналіз споживання теплової енергії на опалення багатоквартирних будинків; аналіз методів підвищення енергетичної ефективності будівель з допомогою зміни режимних характеристик системи опалення.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань науково напряму досліджень, результатами експериментальних досліджень результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сазонова О. Ю.		
2	Сазонова О. Ю.		
3	Сазонова О. Ю.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.10	
2	Розділ 1	01.11	
3	Розділ 2	15.11	
4	Розділ 3	01.12	
5	Розробка графічної частини	15.12	
6	Оформлення роботи	15.01	
7	Попередній захист	01.02	

Студент _____ Уараб Рашид
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Сазонова О. Ю.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гребенюк І.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Уааараб Рашид. Підвищення енергетичної ефективності будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.Ю. Сазонова. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2025.

Було виконано аналіз споживання теплової енергії на опалення житловим сектором на прикладі 4 об'єктів теплопостачання. Даний аналіз включав оцінку питомих показників енергоспоживання, в результаті якої для об'єктів теплопостачання, що розглядаються, був підібраний свій клас енергоефективності; оцінку температурного режиму об'єктів теплоспоживання, у ході якої на деяких об'єктах було виявлено перевищення температури теплоносія зворотної лінії порівняно з температурним графіком; оцінку споживання теплоносія, в результаті якої було виявлено, що різниця витрат у лінії подачі та зворотної лінії у відсотковому співвідношенні не перевищує необхідного значення.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ, ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ, ІНФОРМА ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ.

ABSTRACT

Waarab Rashid. Increasing the Energy Efficiency of Buildings.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor O.Yu. Sazonova. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2025.

An analysis of heat energy consumption for heating by the residential sector was performed using the example of 4 heat supply facilities. This analysis included an assessment of specific energy consumption indicators, as a result of which an energy efficiency class was selected for the heat supply facilities under consideration; an assessment of the temperature regime of heat consumption facilities, during which an excess of the return line coolant temperature compared to the temperature schedule was detected at some facilities; an assessment of heat supply consumption, as a result of which it was found that the difference in flow rates in the supply line and the return line in percentage terms does not exceed the required value.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS, HEAT ENERGY, HEAT LOSS, ENERGY SAVING, AUTOMATIC REGULATION OF THE HEATING SYSTEM, HEAT CONSUMPTION, INFORMATION HEAT POINT.

ЗМІСТ

	ВСТУП……	7
Розділ 1	ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ……..……..……..……..……...	9
1.1	Існуючі способи підвищення енергетичної ефективності будівель……..…..…..…..…..….	9
1.2	Регулювання системи опалення як спосіб підвищення енергоефективності будівель ……	14
1.3	Автоматизований вузол керування систем опалення …….	15
1.4	Пофасадне регулювання системи опалення……	17
1.5	Застосування регуляторів температури …….…….	22
Розділ 2	АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ……	25
2.1	Аналіз питомих показників енергоспоживання……	25
2.2	Аналіз температурного режиму об'єктів теплоспоживання…….……	44
2.3	Аналіз споживання теплоносія……...	52
Розділ 3	РОЗРАХУНОК ПИТОМОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИТРАТИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	55
3.1	Тепловий баланс будівлі……..	55
3.2	Визначення теплонадходження будівлі ……	57
3.3	Визначення теплових втрат будівлі……	57
3.4	Визначення необхідної теоретичної витрати теплової енергії на опалення будівлі та порівняння її з практичним значенням……	59
3.5	Розрахунок можливої економії теплової енергії……...	65
3.6	Підвищення енергетичної ефективності будівлі за рахунок зміни режиму роботи системи опалення……..…..…..…	67
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ……		76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..		77

ВСТУП

Актуальність дослідження. У останні роки питання енергоефективності будівель стало важливою темою на міжнародному та державному рівнях. Щодня обговорюються проблеми, пов'язані з обмеженістю природних ресурсів, змінами клімату та іншими викликами. Досягти раціонального використання енергоресурсів можна лише через комплексне застосування новітніх енергозберігаючих технологій та впровадження організаційних заходів, спрямованих на енергозбереження. Постійне зростання вартості енергоресурсів безпосередньо впливає на виробничі процеси будь-якого підприємства. Рішення цієї проблеми полягає в необхідності економії енергії та впровадження заходів, що цьому сприяють. Потрібен комплексний підхід, який враховує, що рівень енергоефективності будівлі залежить від архітектурно-планувальних рішень, розташування будівлі, природно-кліматичних факторів, роботи систем опалення та кондиціонування, а також рівня автоматизації систем, що підтримують мікроклімат.

В даний час теплотехнічні норми вимагають суттєвого збільшення рівня теплозахисту будівель, що проектуються і реконструюються. Оптимізація використання паливно-енергетичних ресурсів забезпечується введенням у дію комплексу взаємопов'язаних законодавчих актів та нормативно-технічних документів, націлених на досягнення економічної ефективності використання енергетичних ресурсів за існуючого рівня розвитку техніки та технологій та дотримання вимог до охорони навколишнього природного середовища.

У сучасному світі питання енергозбереження з кожним роком стає дедалі актуальнішим. Через нераціональне використання природних ресурсів відбувається зростання цін на електроенергію, опалення, гаряче та холодне водопостачання, вентиляцію та кондиціювання.

Необхідно вживати заходів щодо скорочення споживаної енергії, збереження існуючих енергетичних ресурсів та створення нових способів

підвищення енергоефективності у сфері будівництва, що знижує експлуатаційні, в тому числі й комунальні витрати, сприяє створенню більшого комфорту, здорового та безпечного внутрішнього середовища.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є розробка методу підвищення теплової ефективності будівель та аналіз існуючих технологій, що дозволяють підвищити їхню енергоефективність.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є енергоефективність у житловій сфері.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є зміна температурного графіка залежно від конструктивних особливостей огороджувальних конструкцій будівель з урахуванням економічної доцільності.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення, аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи та комплексні дослідження експлуатаційних властивостей фасадних панелей.

Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна полягає в тому, що можна збільшити енергоефективність будівель за рахунок зниження теплових втрат в осінньо-весняний період.

Практичне значення одержаних результатів.

Здійснено порівняння питомого енергоспоживання будівлі за місяцями за допомогою отриманого коефіцієнта. Отримано графічні залежності температури у внутрішньому контурі будівлі від температури зовнішнього повітря для різних показників сонячної радіації для конкретної будівлі.

Особистий вклад дослідника. Постановка мети і завдання дослідження. Збір і аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел, містить 83 сторінок, 34 рисуноків, 17 таблиць, 53 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Існуючі способи підвищення енергетичної ефективності будівель

Проблема енергоефективності житлових будинків на сьогоднішній день є дуже актуальною. Енергоефективність - це комплекс організаційних, економічних та технологічних заходів, спрямованих на підвищення значення раціонального використання енергетичних ресурсів у виробничій, побутовій та науково-технічній сферах.

У всьому світі вже давно ведеться пошук шляхів зменшення енергоспоживання за рахунок його раціонального використання. Результати численних досліджень, присвячених вивченню проблем енергозбереження, показують, що найбільше енергії витрачається на опалення, гаряче водопостачання, покриття втрат при транспортуванні енергії, охолодження повітря в системах кондиціювання, штучне освітлення.

В Україні витрата на опалення приміщень становить у середньому 72% від загального обсягу енергії. При стійкому зростанні цін на енергоносії, що неминуче викликають підвищення цін на комунальні послуги, комплексні вимоги до енергоефективності будівель стають вищими.

На сьогоднішній момент існує низка заходів, які дозволяють підвищити енергоефективність будівель, до таких заходів належить:

Підвищення теплового опору огороджувальних конструкцій:

- облицювання зовнішніх стін, утеплення покрівлі, перекриттів над підвалом теплоізоляційними плитами, зниження тепловтрат до 40%;
- усунення містків холоду в стінах і в примиканнях віконних палітурок. Ефект 2-3%;
- будову в огорожах/фасадах прошарків, що вентилюються відведеним з приміщень повітрям;

- застосування теплозахисних штукатурок;
- зменшення площі скління до нормативних значень;
- засклення балконів і лоджій. Ефект 10-12%;
- встановлення сучасних вікон з багатокамерними склопакетами;
- застосування вікон з відведенням повітря з приміщення через міжскляне простір. Ефект 4-5%;
- встановлення провітрювачів та застосування мікровентиляції;
- застосування тепловідбивних / сонцезахисних стекол у вікнах та при склінні лоджій та балконів;
- засклення фасадів для акумулювання сонячного випромінювання. Ефект від 7 до 40%;
- застосування зовнішнього скління має різні характеристики накопичення тепла влітку і взимку;
- встановлення додаткових тамбурів при вхідних дверях під'їздів і в квартирах.

Підвищення енергоефективності системи опалення:

- аміна чавунних радіаторів на більш ефективні алюмінієві;
- встановлення термостатів та регуляторів температури на радіатори;
- застосування систем поквартирного обліку тепла (теплолічильники, індикатори тепла, температури);
- реалізація заходів щодо розрахунку за тепло за кількістю встановлених секцій та місцем розташування опалювачів;
- встановлення тепловідбивних екранів за радіаторами опалення. Ефект 1-3%;

- застосування регульованої відпустки тепла (за часом доби, за погодними умовами, за температурою в приміщеннях);
- застосування контролерів в управлінні роботою теплопункту;
- застосування поквартирних контролерів відпустки тепла;
- сезонне промивання опалювальної системи;
- встановлення фільтрів мережної води на вході та виході опалювальної системи;
- додаткове опалення через відбір тепла від теплих стоків;
- додаткове опалення при відборі тепла грунту в підвальному приміщенні;
- додаткове опалення за рахунок відбору зайвого тепла повітря в підвальному приміщенні та у витяжній вентиляції (можливе використання для підігріву припливу та повітряного опалення місць загального використання та вхідних тамбурів);
- додаткове опалення та підігрів води при застосуванні сонячних колекторів та теплових акумуляторів;
- використання неметалічних трубопроводів;
- теплоізоляція труб у підвальному приміщенні будинку;
- перехід при ремонті до схеми індивідуального опалення поквартирного.

Підвищення якості вентиляції. Зниження витрат на вентиляцію та кондиціювання:

- застосування автоматичних гравітаційних систем вентиляції;
- встановлення провітрювачів у приміщеннях та на вікнах;
- застосування систем мікровентиляції з підігрівом повітря, що

надходить і клапанним регулюванням подачі;

- виключення протягів у приміщеннях;
- застосування в системах активної вентиляції двигунів з плавним або ступінчастим регулюванням частоти;
- застосування контролерів в управлінні вентиляційних систем.
- застосування водонаповнених охолоджувачів в огороджувальних конструкціях для відведення зайвого тепла;
- підігрів повітря, що надходить за рахунок охолодження повітря, що відводиться;
- використання теплових насосів для вихолоджування повітря, що відводиться;
- використання реверсивних теплових насосів в підвалах для охолодження повітря, що подається в припливну вентиляцію.

Економія води (гарячої та холодної):

- встановлення загальнобудинкових лічильників гарячої та холодної води;
- встановлення квартирних лічильників витрати води;
- встановлення лічильників витрати води у приміщеннях, що мають відокремлене споживання;
- встановлення стабілізаторів тиску (зниження тиску та вирівнювання тиску по поверхах);
- теплоізоляція трубопроводів ГВП (що подає та циркуляційного);
- підігрів холодної води (від теплового насоса, від зворотної мережної води і т.д.);
- встановлення економічних душових сіток;

- встановлення в квартирах клавішних кранів та змішувачів;
- встановлення кульових кранів у точках колективного водорозбору;
- встановлення двосекційних раковин;
- установка дворежимних змивних бачків;
- використання змішувачів з автоматичним регулюванням температури води.

Економія електричної енергії:

- заміна ламп розжарювання в під'їздах на люмінесцентні енергозберігаючі світильники;
- застосування систем мікропроцесорного управління частотно-регульованими приводами електродвигунів ліфтів;
- заміна люмінесцентних вуличних світильників на світлодіодні світильники;
- застосування фото акустичних реле для керованого включення джерел світла в підвалах, технічних поверхах та під'їздах будинків;
- встановлення компенсаторів реактивної потужності;
- застосування енергоефективних циркуляційних насосів, частотно регульованих приводів;
- пропаганда застосування енергоефективної побутової техніки класу А +, А ++;
- використовуйте сонячні батареї для освітлення будівлі.

Економія газу:

- застосування енергоефективних газових пальників у топкових пристроях блок котелень;
- застосування систем клімат-контролю для управління газовими пальниками в блок котелень;
- застосування систем клімат-контролю для управління газовими

пальниками до квартирних систем опалення;

- застосування програмованого опалення в квартирах;
- використання в побуті енергоефективних газових плит з керамічними ІЧ випромінювачами та програмним управлінням;
- пропагування застосування газових пальників з відкритим полум'ям в економічному режимі.

В 2021 году был принят закон Закон України від 21.10.2021 № 1818-IX «Про енергетичну ефективність» із змінами і доповненнями від 21 серпня 2024 року N 3915-IX. На основании данного закона повышение энергоэффективности систем отопления является одной из стратегических задач. Согласно этому закону, учет и регулирование источника тепла обязательны. Ниже рассмотрим подробнее известные на сегодняшний день способы регулирования подачи тепла в системах отопления, целью которых является повышение энергоэффективности зданий.

1.2 Регулювання системи опалення як спосіб підвищення енергоефективності будівель

Для системи водяного опалення енергоефективний рівень теплоспоживання може бути забезпечений за наступного набору функцій та можливостей:

- автоматична підтримка температурного графіка на введенні в будівлю;
- якісно-кількісне регулювання тепловіддачі системи, що включає терморегулювання на опалювальних приладах та стояках;
- автоматична підтримка необхідного/розрахункового розподілу потоку теплоносія по всіх ділянках системи;
- індивідуальний облік тепла, мотивований оплатою за фактичним споживанням.

За конструктивним виконанням, укрупнено, можна виділити такі

варіанти енергоефективних систем опалення:

- система з горизонтальним поквартирним розведенням трубопроводів з різними конструктивними варіантами поквартирних теплових пунктів або розподільчих щитів, що включають різні комбінації автоматики регулювання, теплообмінники контурів опалення та/або ГВП та ін;
- традиційна система опалення з вертикальними внутрішньоквартирними стояками - однотрубна і двотрубна, комплексно оснащена приладами автоматичного регулювання та обліку тепла.

Нижче наведемо докладний опис існуючих методів регулювання опалювальних систем, що дозволяють підвищити енергоефективність систем опалення.

1.3 Автоматизований вузол керування систем опалення

Помітний ефект економії теплової енергії у системах опалення (20-30 %) може досягатися за рахунок автоматичного регулювання тепла. Автоматизований вузол управління (АВК) - це сукупність пристроїв та обладнання, що забезпечують автоматичне регулювання температури та витрати теплоносія на введенні у кожну будівлю точно відповідно до заданого для цього будинку температурного графіка або відповідно до потреб мешканців. [1], [2]

До переваг АВК у порівнянні з тепловими та елеваторними вузлами, що мають фіксований переріз прохідного отвору (сопла елеватора, дросельної діафрагми), через яке теплоносій надходить у внутрішньобудинкову систему опалення, відноситься можливість зміни кількості теплоносія, що подається в залежності від температури води в подавальному та зворотному трубопроводах системи опалення з корекцією за температурою зовнішнього повітря відповідно до температури графіком.

На відміну від елеваторних вузлів, що встановлюються на кожній секції будинку, АВК монтується, як правило, один на будівлю (якщо в будинку два теплові введення, то встановлюються два АВК), при цьому приєднання

виконується після вузла обліку теплової енергії системи опалення (за його наявності)).

Принципова схема АВК представлена на рисунку 1.1 . Можливі конструктивні варіанти, зумовлені схемою приєднання до теплової мережі, гідравлічними режимами теплового введення, конкретною конструкцією системи опалення будівлі та умовами експлуатації.

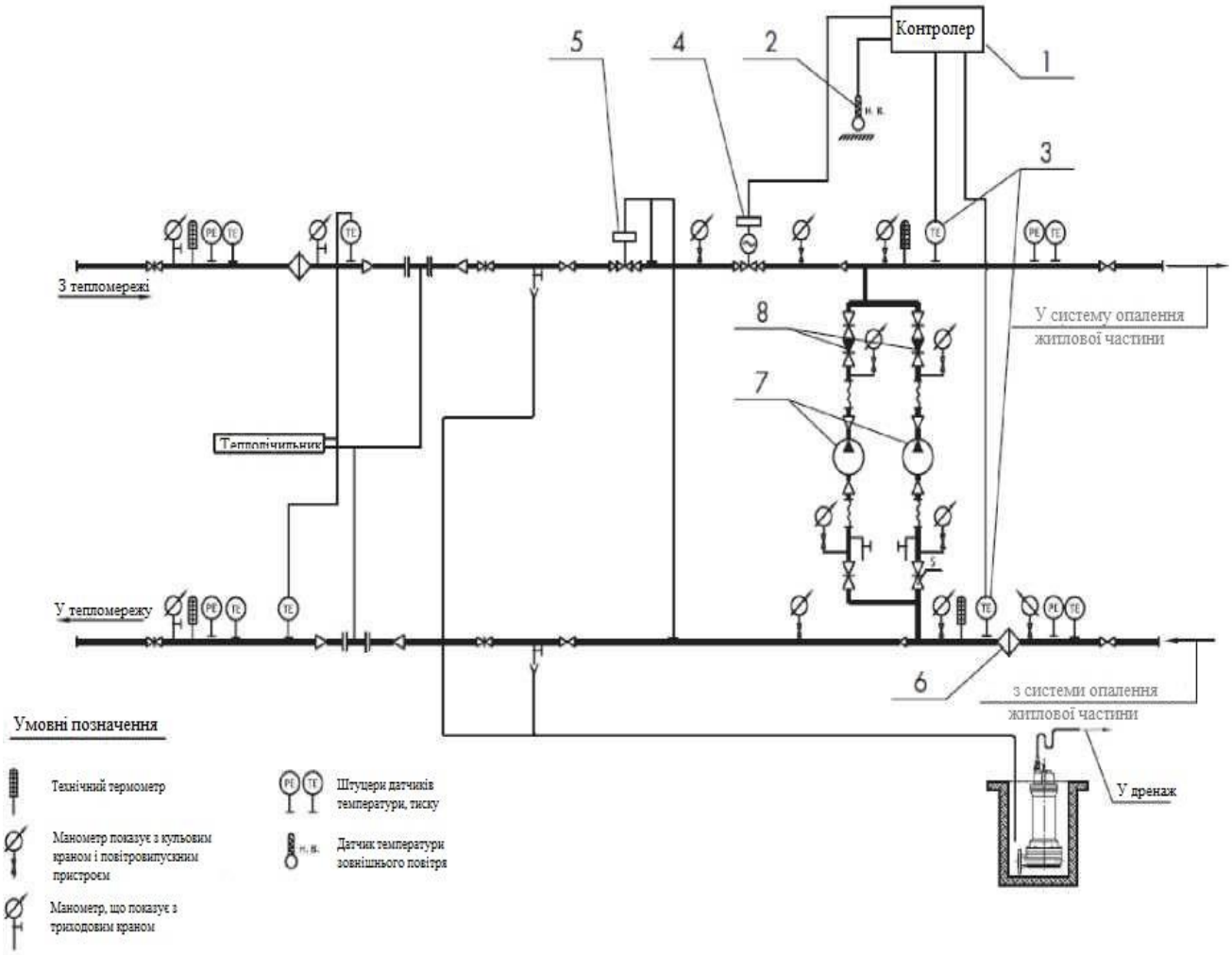


Рисунок 1.1 - Принципова схема АВК з насосами змішування на перемичці для температури до АВК t = 150 - 70 ° С при одно-і двотрубних системах опалення з термостатами (Р1 - Р2 ≥ 12 м вод. ст.) :

1 – електронний блок (щит управління); 2 – датчик температури зовнішнього повітря; 3 - датчики температур теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному; 4 – клапан регулятора витрати з редукторним приводом;

5 – клапан регулятора перепаду тиску; 6 – фільтр;

7 – циркуляційний насос; 8 – зворотний клапан.

Як видно зі схеми, АВК принципово складається із трьох частин: мережевої, циркуляційної та електронної.

Мережева частина АВК включає клапан регулятора витрати теплоносія з редукторним приводом, клапан регулятора перепаду тиску з регулюючим пружинним елементом і фільтр.

Циркуляційна частина АВК включає циркуляційний (змішувальний) насос та зворотний клапан. Як насоси змішування встановлюються два насоси фірми Grundfos (або інші типи насосів, що задовольняють вимогам АВК), які працюють поперемінно по таймеру з циклічності 6 год. Контроль за роботою насосів здійснюється сигналом датчика перепаду тисків, встановленого на насосах.

Електронна частина АВК включає електронний блок (щит управління), що забезпечує автоматичне керування тепломеханічним та насосним обладнанням з метою підтримки заданого температурного графіка та гідравлічного режиму в системі опалення будівлі, карту ECL (призначена для програмування контролера теплового режиму), датчик температури зовнішнього повітря (встановлюється на північній стороні фасаду будівлі), датчики температур теплоносія в трубопроводах, що подає та зворотному та редукторний електропривід клапана регулювання витрати теплоносія у мережній частині АВК.

Експлуатація зразкових АВК показала, що використання АВК разом із балансувальними клапанами на стояках системи ЦО, термостатичними вентилями на кожному опалювальному приладі та проведенням утеплювальних заходів дозволяє економити до 25-37 % теплової енергії та забезпечувати комфортні умови проживання у кожному приміщенні.

1.4 Пофасадне регулювання системи опалення

Пофасадне регулювання опалення може спричинити відчутний ефект економії тепла. Воно дозволяє знизити витрати тепла за рахунок повнішого

використання сонячної радіації, а також забезпечує додаткову подачу тепла при вітрі тільки в приміщеннях, розташованих на навітряному фасаді будівлі. [3]

У сонячні дні будинок отримує різну кількість тепла від сонця на північній та південній стороні. При застосуванні погодозалежної автоматики можна подавати різну кількість тепла на південний і північний фасад, залежно від освітлення сонцем.

На вулиці розміщуються два термоперетворювачі.

Термоперетворювач на південному фасаді розміщується на висоті 5-7 метрів у освітленому сонцем місці. На північній стороні перетворювач встановлюється у тінистому місці.

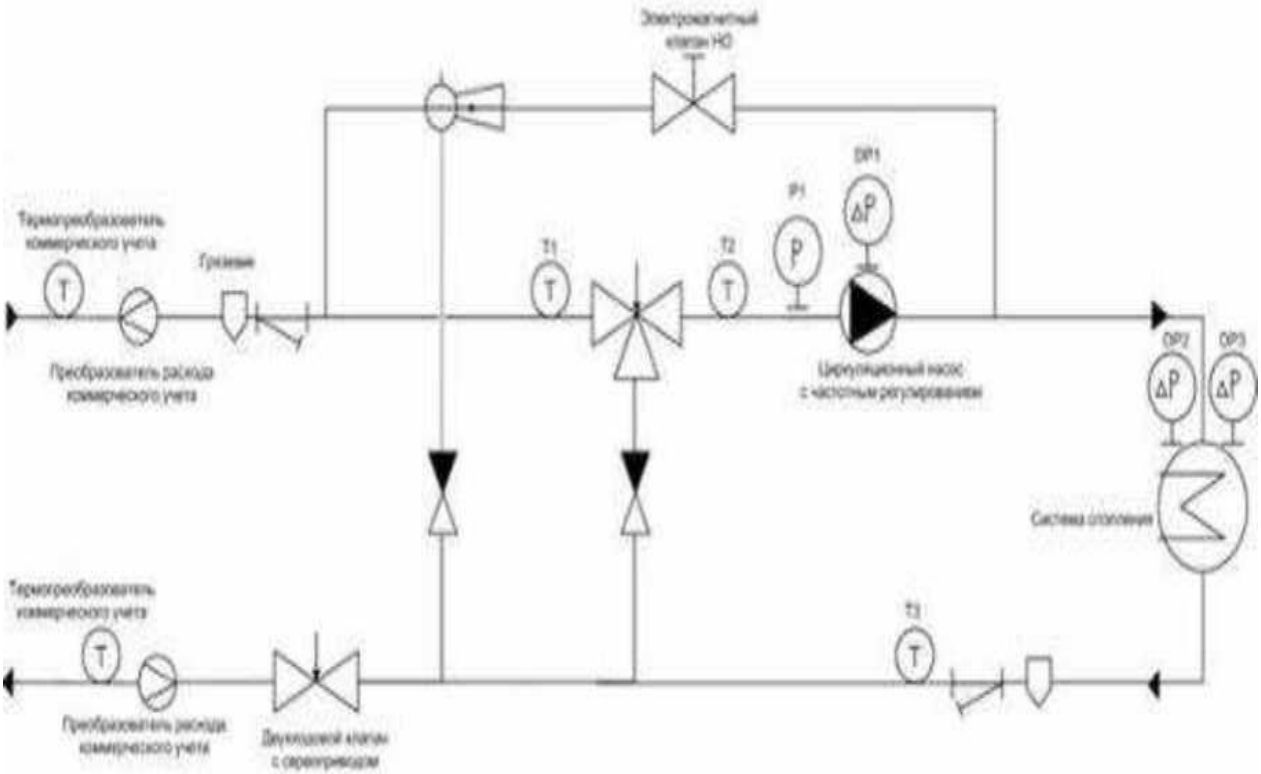


Рисунок1.2 - Основні елементи ІТП із пофасадним регулюванням

Логічний контролер порівнює показання термоперетворювачів, якщо на південній стороні температура вища, значить потрібна корекція температури теплоносія на подачі південного контуру опалення.

Регулювання відбувається якісно-кількісне за графіком перепаду

температури на трубопроводі, що подає і зворотному, залежно від вуличної температури.

У разі виходу з ладу контурного насоса, система переключається на роботу на одному насосі без регулювання по фасадах. При відключенні електроенергії або при виході з обох насосів контурів, система переходить в нерегульований режим роботи.

При управлінні теплоспоживанням будівлі виникає потреба регулювання параметрів теплоносія. Відповідно до ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання», можуть застосовуватися такі способи підтримання графіка температур теплоносія:

1. Зміна температури трубопроводу, що подає;

2. Зміна температури зворотного трубопроводу;

3. Зміна різниці температури між трубопроводами, що подають і зворотним (найточніший).

Перший спосіб, найбільш поширений за кордоном і застосовуваний практично у всіх регуляторах опалення, що поставляються в нашу країну, за даними того ж джерела, призводить до завищення подачі теплоти приблизно на 4% річного споживання. Сучасні регулятори, що мають функцію самоналаштування, досить дорогі і, крім того, важко уявити собі мешканців, які дозволяють встановлювати датчики температури у своїх квартирах.

Приведенная ниже схема дает возможность осуществить регулирование третьим методом (рисунок 1.3).

Можливості схеми:

1. Підтримка заданого перепаду температури теплоносія на вході/виході з теплового пункту.

2. Підтримка різниці температури теплоносія у системі опалення.

3. Працездатність у разі відсутності електроенергії або при виході з експлуатації циркуляційного насоса.

Переваги схеми:

- висока надійність (працездатність зберігається за відсутності електроенергії);
- працездатність при виході з ладу одного або двох насосів;
- точне регулювання витрати тепла будівлею.

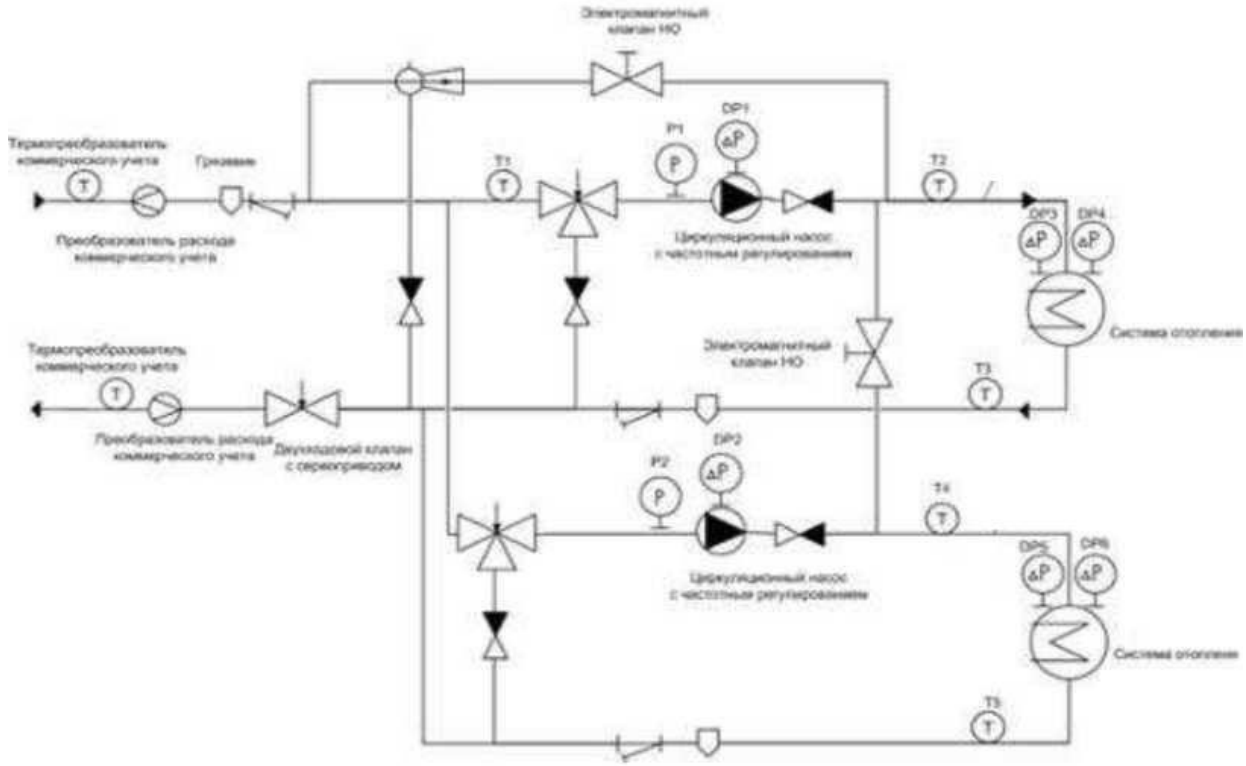


Рисунок 1.3 – Основні елементи ІТП з пофасадним кількісно – якісним регулюванням

Принцип роботи схеми полягає в наступному:

Теплоносій подається до теплового пункту через прилади комерційного обліку. Програмований логічний контролер (далі - ПЛК) за допомогою триходового клапана встановлює температуру подачі теплоносія. По температурі зворотного трубопроводу контролер за допомогою частотного перетворювача встановлює швидкість циркуляції теплоносія. За датчиками перепаду тиску DP2, DP3 контролюється перепад тиску на віддалених стояках системи опалення. При отриманні сигналу від датчика ПЛК збільшує частоту перетворювача до відключення сигналу про недостатність перепаду тиску на віддалених стояках.

Для підтримки перепаду температур на вході (виході) з теплопункту

контролер управляє двоходовим клапаном на зворотному трубопроводі. У разі зменшення різниці температури між трубопроводом, що подає і зворотним, ПЛК прикриває клапан домагаючись заданого перепаду температури.

У разі виходу з ладу циркуляційного насоса (відсутність перепаду на датчику DPI) або вимкнення електроенергії відкриються нормально відкриті електромагнітні клапани на байпасних перемичках. Система перейде в режим роботи, що не регулюється.

Деякі особливості запропонованої схеми:

- найбільш чутливими до поганої якості води в системах опалення є насоси з «мокрим ротором», які працюють у воді. Крім того, фільтри грубої очистки, у тому числі сітчасті, часто передчасно виходять з ладу після 4-5 циклів очищення і надалі не використовуються. Робота насоса без фільтра у всмоктувальній магістралі призводить до його поломки;
- циркуляція в системі опалення не залежить від положення триходового клапана, що уможливлює застосування регулювання по перепаду температур, як це рекомендується у зведенні правил з проектування теплових пунктів;
- дана схема може бути використана при будь-якому перепаді тиску на введенні тепломережі (у т. ч. і при виникненні невеликого вакууму на введенні теплоносія).

Дана схема підходить для індивідуальних теплових пунктів будівель та споруд із споживанням тепла понад 80 Г кал/рік.

При індивідуальному регулюванні температури на кожному фасаді в житлових приміщеннях є ризик, що мешканці однієї з сусідніх квартир, виїхавши на деякий час, можуть встановити термостати на низьку температуру з метою економії. Розрахунки показують, що якщо, наприклад, температура встановлена на 10 °С, то втрати тепла в суміжних кімнатах зростають на 30-50% за умов середньої зими. Це призведе до зниження температури в цих кімнатах, якщо не буде достатнього запасу теплової потужності у системі опалення, а також до надмірного споживання тепла. Для вирішення цієї

проблеми термостати повинні мати обмеження на мінімальну температуру, наприклад, не нижче 16°С, оскільки їх основне завдання — підтримувати комфортну температуру в приміщенні.

Підтвердженням ефективності пофасадного авторегулювання може служити практика застосування його в житлових будинках, коли при температурі зовнішнього повітря - 5 - 8 ° С опалення освітленого сонцем фасаду автоматично відключалося не тільки на період потрапляння сонячних променів у вікна, але і на такий же час після за рахунок теплонадходжень від нагрітих поверхонь стін та меблів. Важливо, щоб сигналом пофасадного авторегулювання служила температура внутрішнього повітря приміщень, що опалюються - інтегратор впливу сонячної радіації, інфільтрації зовнішнього повітря і внутрішніх тепловиділень на тепловий режим будівлі.

1.5 Застосування регуляторів температури

Автоматизовані системи опалення покликані підтримувати в будинках та приміщеннях мікроклімат, найбільш комфортний для роботи та відпочинку. Крім того, завдяки можливості раціональніше витрачати енергоресурси, такі системи є набагато ефективнішими, ніж традиційні.

Установку комфортної температури в приміщеннях забезпечують термостати або термодатчики, які постійно відстежують її зміни та дозволяють опалювальній системі враховувати всі поточні фактори, що впливають на температуру в приміщенні: людське тепло, сонячне тепло, нагрівання від освітлювальних приладів, випромінювання інших електроприладів та ін.

Основні елементи влаштування терморегулятора представлені на рисунку 1.4.

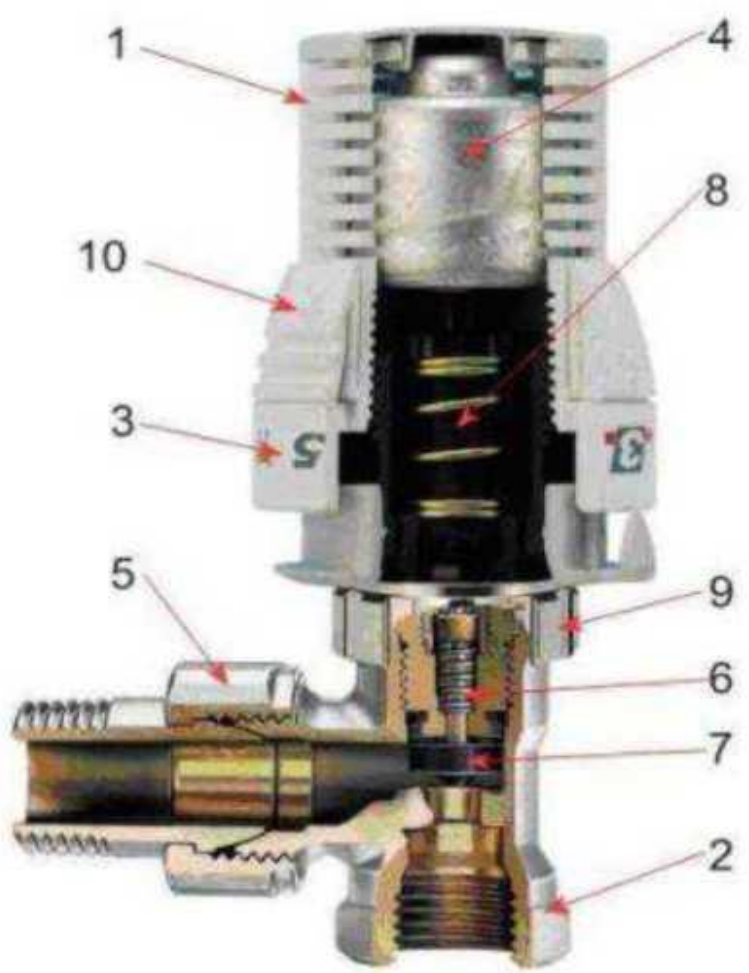


Рисунок 1.4 - Пристрій терморегулятора

1 – термостатичний елемент; 2 – термостатичний клапан; 3 - шкала налаштування; 4 – чутливий елемент (робоче середовище – рідина); 5 - роз'ємне з'єднання; 6 – шток; 7 – золотник; 8 – компенсаційний механізм; 9 – накидна гайка; 10 - кільце, що фіксує задану температуру

Якщо безпосередньо в тепловому пункті будівлі застосовуються засоби автоматичного регулювання подачі теплоносія, які відстежують температуру зовнішнього повітря, це дає економію в енергоспоживання приблизно 15-20%. Використання термостатичних клапанів на радіаторах опалення додатково знижує споживання енергії ще на 5-7%.

Для зміни температури в системах опалення використовують двопозиційні пристрої регулювання (термостати) та пристрої плавного регулювання (термодатчики).

Термостати служать підтримки в приміщенні постійної заданої температури. Працюють вони за принципом відключення нагрівання котла системи опалення при досягненні потрібної температури і відповідно включення при зниженні температури нижче заданого рівня. Це найпростіші та найнадійніші пристрої для управління мікрокліматом у приміщеннях. Термостати забезпечують досить високий рівень комфорту та економію палива до 20%. Вони ідеальні для використання при окремому опаленні квартир та інших приміщень невеликої площі.

Пристрої плавного регулювання термодатчики дозволяють підтримувати температуру в приміщенні на заданому рівні незалежно від зміни температури на вулиці, а також знизити споживання енергоресурсів. Вони підключаються до системи парового котла і передають їй значення температур, якими автоматика самостійно вибирає необхідну температуру теплоносія. Термодатчики мають більш високу точність, ніж термостати, а завдяки функції таймера з модулем дистанційного керування та програмування також здатні забезпечити підвищений рівень комфорту в приміщенні та економію енергії.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

Для аналізу було обрано чотири об'єкти, що перебувають у м. Київ, що належать до типу будівель «Багатоквартирні будинки». Вихідними даними для проведення аналізу є показання приладів обліку теплової енергії, встановлених на даних будинках та характеристики об'єктів, представлені в таблиці 2.1 (адреси об'єктів не вказані, оскільки є конфіденційною інформацією).

У ході роботи необхідно виконати аналіз питомих показників енергоспоживання, аналіз температурного режиму теплоспоживання та аналіз споживання теплоносія.

Таблиця 2.1 – Характеристики об'єктів теплоспоживання

Характеристика	Об'єкт №1	Об'єкт №2	Об'єкт №3	Об'єкт №4
Тип будівлі	ББ	ББ	ББ	ББ
Кількість поверхів	9	18	16	9
Об'єм будівлі, що опалюється, $м^3$	70523	45563	96840	53055
Тип системи опалення	незалежна	незалежна	незалежна	незалежна
Теплоджерело	ТЕЦ-2	ТЕЦ-2	ТЕЦ-2	ТЕЦ-2

2.1 Аналіз питомих показників енергоспоживання

Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», вимоги до витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель встановлюється показником витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію житлової чи громадської будівлі. Показником витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію житлової або громадської будівлі на стадії розробки проектної документації є питома характеристика

витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі чисельно рівна витраті теплової енергії на 1 м3 об'єму будівлі, що опалюється, в одиницю часу при перепаді температури в 1°С, $q_{0т}$, Вт/(м^3°С).

Усереднену питому характеристику витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі для діючого об'єкта можна визначити на підставі показань приладу обліку теплової енергії, встановленого на будівлі. Для цього необхідно віднести кількість теплової енергії, отриманої об'єктом за період усереднення до усередненої різниці між температурою внутрішнього повітря будівлі та температурою зовнішнього повітря, а також до опалювального обсягу будівлі:

$$q = \frac{Q_{\text{уч.}}}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) * V * \tau} \approx \frac{k * F}{V}, \qquad (2.1)$$

де q - питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі, Вт/м^{3}К;

$Q_{\text{уч.}}$ - інтегральні показники теплового споживання для періоду усереднення, Дж;

V- опалювальний об'єм будівлі, м^3; τ – період усереднення, сек.

Дійсно значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі повинно бути менше або дорівнює нормованого значення, Вт/(м^3°С):

$$q_{\text{оп}}^{\text{д}} \leq q_{\text{оп}}^{\text{тр}} \qquad (2.2)$$

де $q_{\text{оп}}^{\text{тр}}$ - нормована питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель, Вт/(м^3°С), що визначається для різних типів житлових та громадських будівель за таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 - Нормована (базова) питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі, $q_{оп}^{тр}$, Вт/(м³°С)

Тип будівлі	Поверховість будівлі							
	1	2	3	4,5	6,7	8,9	10, 11	12 и выше
1.Житлові багатоквартирні готелі, гуртожитки	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2.Громадські,крім перерахованих у рядках 3-6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поліклініки та лікувальні заклади, будинки-інтернати	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4.Дошкільні заклади, хосписи	0,521	0,521	0,521					
5. Сервісне обслуговування, культурно-дозвільна діяльність, технопарки, склади	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232			
6.Адміністративного призначення (офіси)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

Для оцінки досягнутої в проекті будівлі або в будівлі, що експлуатується, потреби енергії на опалення та вентиляцію, встановлені наступні класи енергозбереження (таблиця 2.3) у % відхилення розрахункової питомої

характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі від нормованої (базової) величини.

Проектування будівель із класом енергозбереження «D, E» не допускається. Класи «A, B, C» встановлюють для новозведених та реконструйованих будівель на стадії розробки проектної документації. Згодом, при експлуатації клас енергозбереження будівлі має бути уточнений у ході енергетичного обстеження. З метою збільшення частки будівель із класами «A, B» повинні вживати заходів щодо економічного стимулювання як до учасників будівельного процесу, так і до експлуатуючих організацій.

Таблиця 2.3 - Класи енергозбереження житлових та громадських будівель

Позначення класу	Найменування класу	Величина відхилення розрахункового (фактичного) значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі від нормованого %	Рекомендовані заходи
При проектуванні та експлуатації нових та реконструйованих будівель			
A++	Дуже високий	Нижче -60	Економічне стимулювання
A +		Від - 50 до - 60 включно	
A		Від - 40 до - 50 включно	
B +	Високий	Від - 30 до - 40 включно	Економічне стимулювання
B		Від - 15 до - 30 включно	
C +	Нормальний	Від - 5 до - 15 включно	Заходи не розробляються
C		Від + 5 до - 5 включно	
C -		Від +15 до +5 включно	
D	Знижений	Від +15,1 до +50 включно	Реконструкція за відповідного економічного обґрунтування
E	Низький	Більше +50	Реконструкція при відповідному економічному обґрунтуванні, або знесення

Для аналізу теплоспоживання було обрано 4 об'єкти теплоспоживання в м. Київ (адреси об'єктів не вказані, оскільки є конфіденційною інформацією):

- Об'єкт №1;
- Об'єкт №2;
- Об'єкт №3;
- Об'єкт №4.

Ці об'єкти належать типу будівель «Багатоквартирні будинки». Нормована (базова) питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель № 1, 2, 3, 4 становить 0,319, 0,290, 0,290 та 0,319 Вт/(м3°С) відповідно. Для регіонів, що мають значення ГДОП = 8000 °С-добу і більше, нормовані показники слід знизити на 5%.

Градусо-добу опалювального періоду визначають за такою формулою:

$$ГДОП = (t_в – t_{зов}) * z_{зов} \quad (2.3)$$

де $t_{зов}$, $z_{зов}$ - середня температура зовнішнього повітря, °С, та тривалість, добу/рік, опалювального періоду, що приймаються за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» для житлових та громадських будівель для періоду із середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше 8 °С, а при проектуванні лікувально-профілактичних, дитячих установ та будинків-інтернатів для людей похилого віку не більше 10 °С;

$t_В$ - розрахункова температура внутрішнього повітря будівлі, °С, що приймається при розрахунку огороджувальних конструкцій груп будівель, зазначених у таблиці 3: за поз.1 - за мінімальними значеннями оптимальної температури відповідних будівель ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату поміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)» (в інтервалі 20-22 °С); за поз.2 - згідно з класифікацією приміщень та мінімальних значень оптимальної температури за ДСТУ Б EN 15251:2011 (в інтервалі 16-21 °С); за поз.3 – за

нормами проектування відповідних будівель.

Тоді ГДОП = (21 - (-5.7)) * 250 = 6675 - це означає, що питому характеристику витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель № 1, 2, 3, 4 приймаємо рівною 0,319, 0,290, 0,290 та 0,319 Вт м^3°С).

Для визначення ефективності роботи системи здійснимо розрахунок питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єктів, що розглядаються. Для початку наведемо отримані дані з приладів обліку для кожного з об'єктів у період з 15 жовтня 2021 року по 30 квітня 2023 року.

Для об'єкта під номером 1 наведемо середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному.

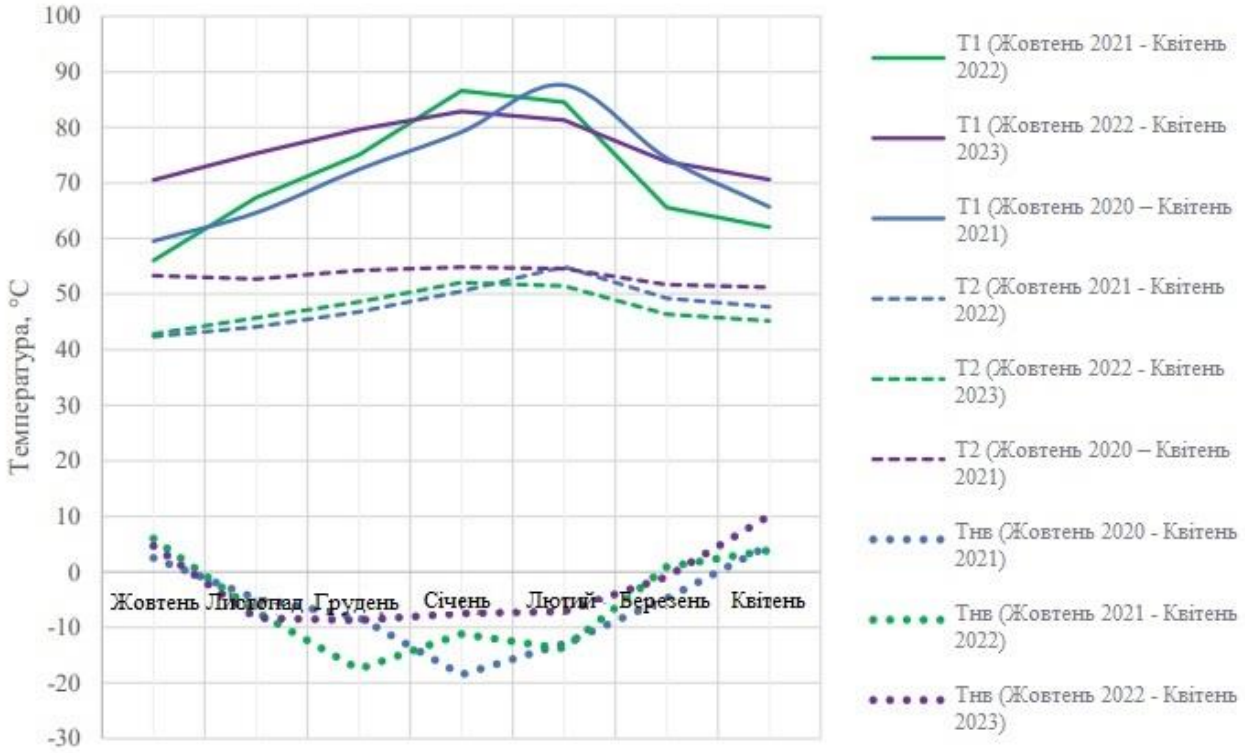


Рисунок 2.1 - Середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

Для об'єкта під номером 1 наведемо також середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному, а також середньомісячні значення його теплоспоживання.

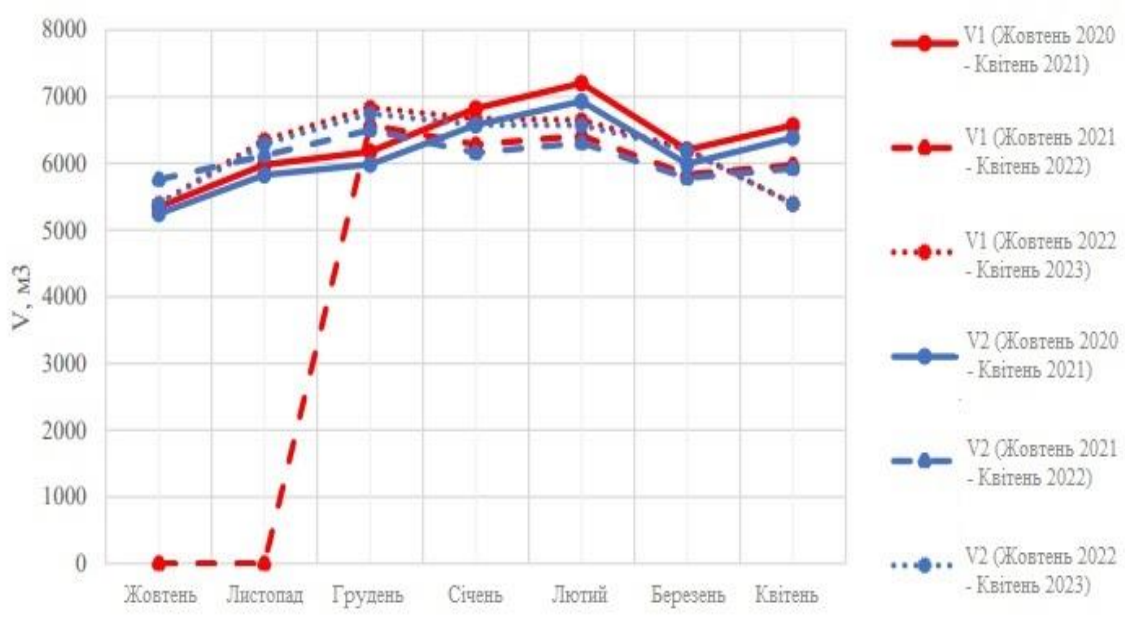


Рисунок 2.2 - Середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

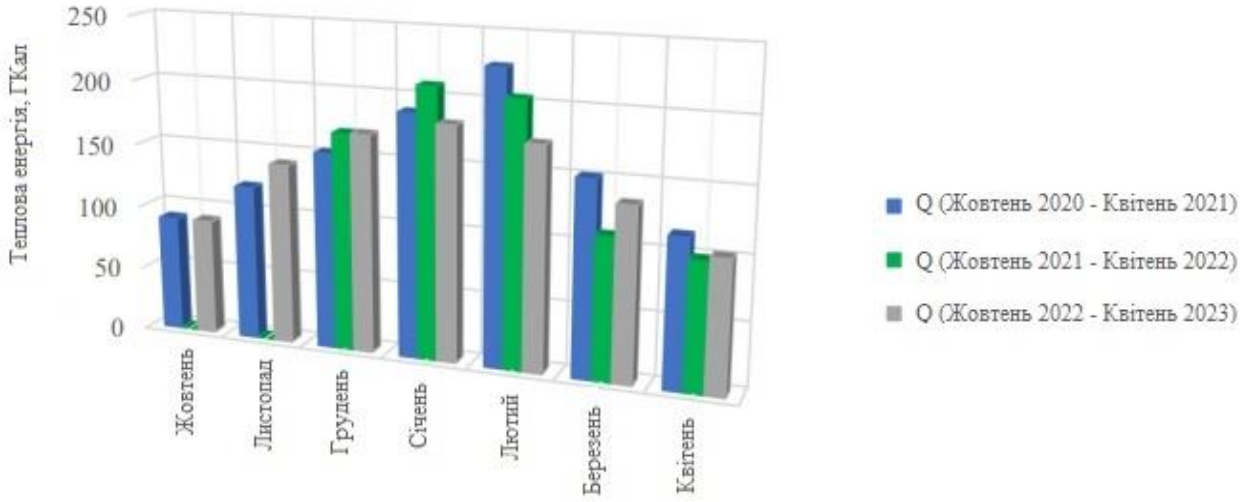


Рисунок 2.3 - Середньомісячні значення теплоспоживання об'єкта обліку

Для об'єкта під номером 2 наведемо середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному.

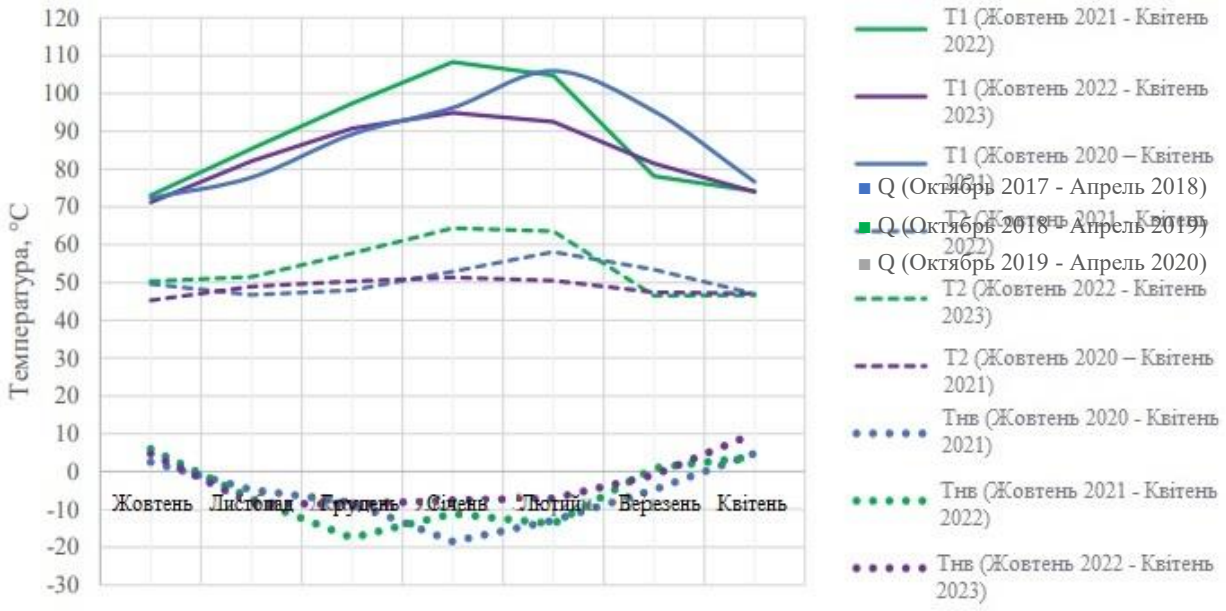


Рисунок 2.4 - Середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

Для об'єкта під номером 2 наведемо також середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному, а також середньомісячні значення його теплоспоживання.

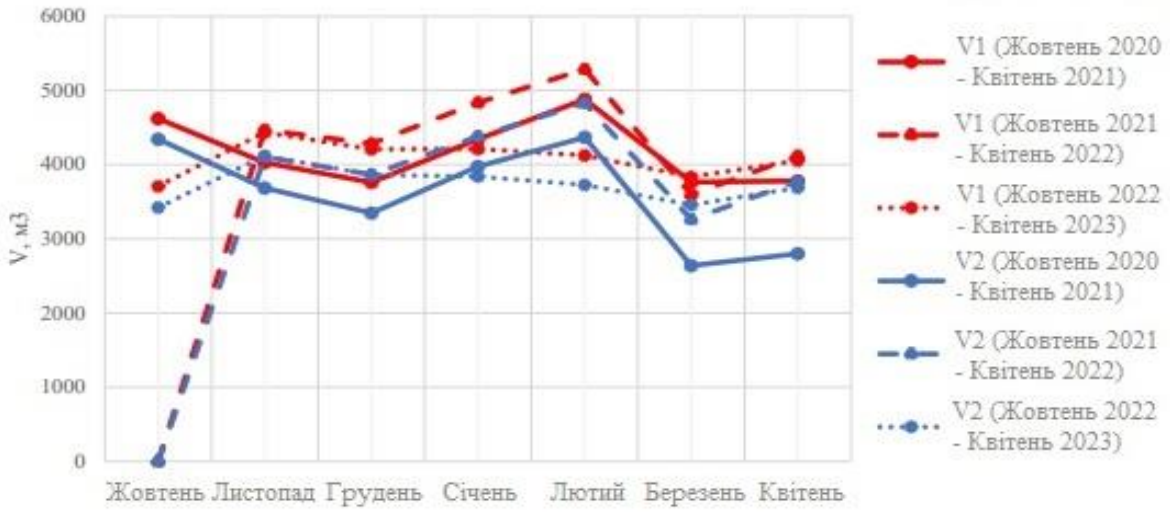


Рисунок 2.5 - Середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

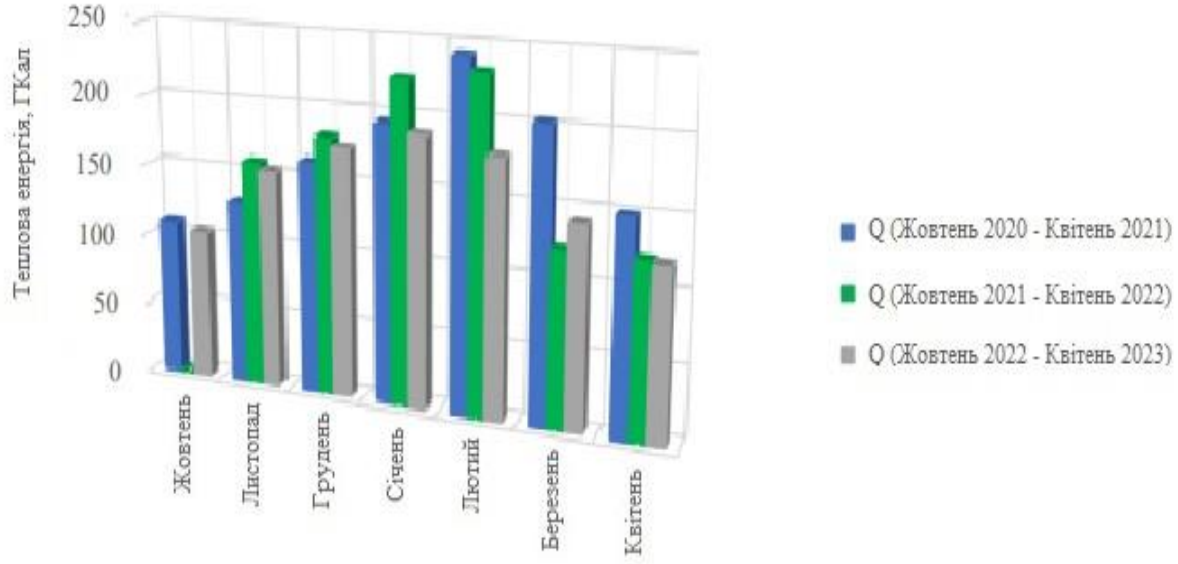


Рисунок 2.6 – Середньомісячні значення теплоспоживання об'єкта обліку

Для об'єкта під номером 3 наведемо середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному.

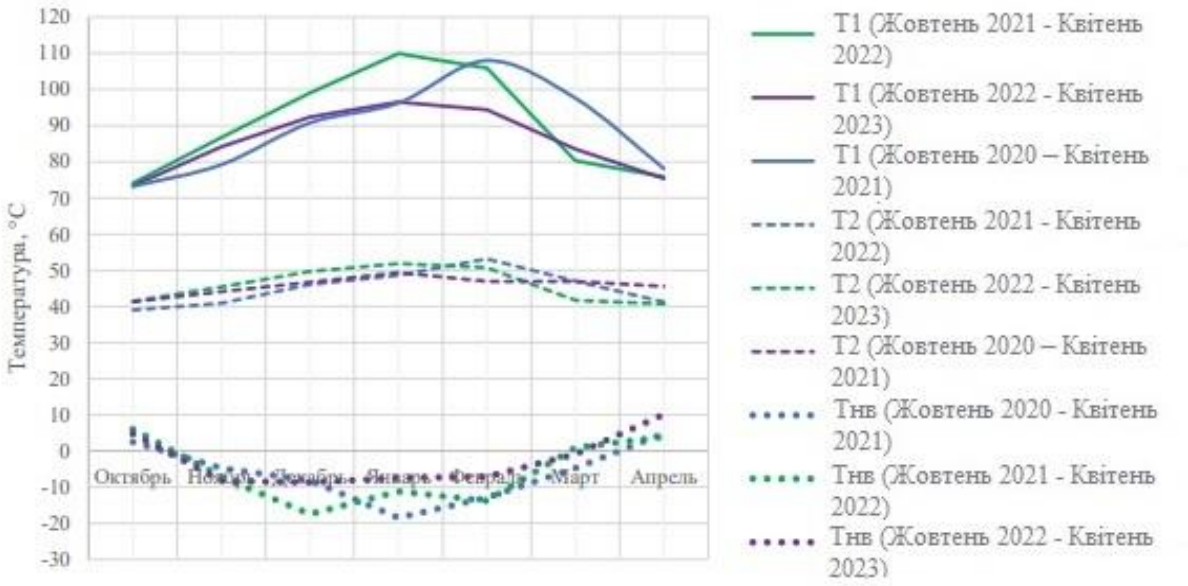


Рисунок 2.7 - Середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

Для об'єкта під номером 3 наведемо також середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному, а також середньомісячні значення його теплоспоживання.

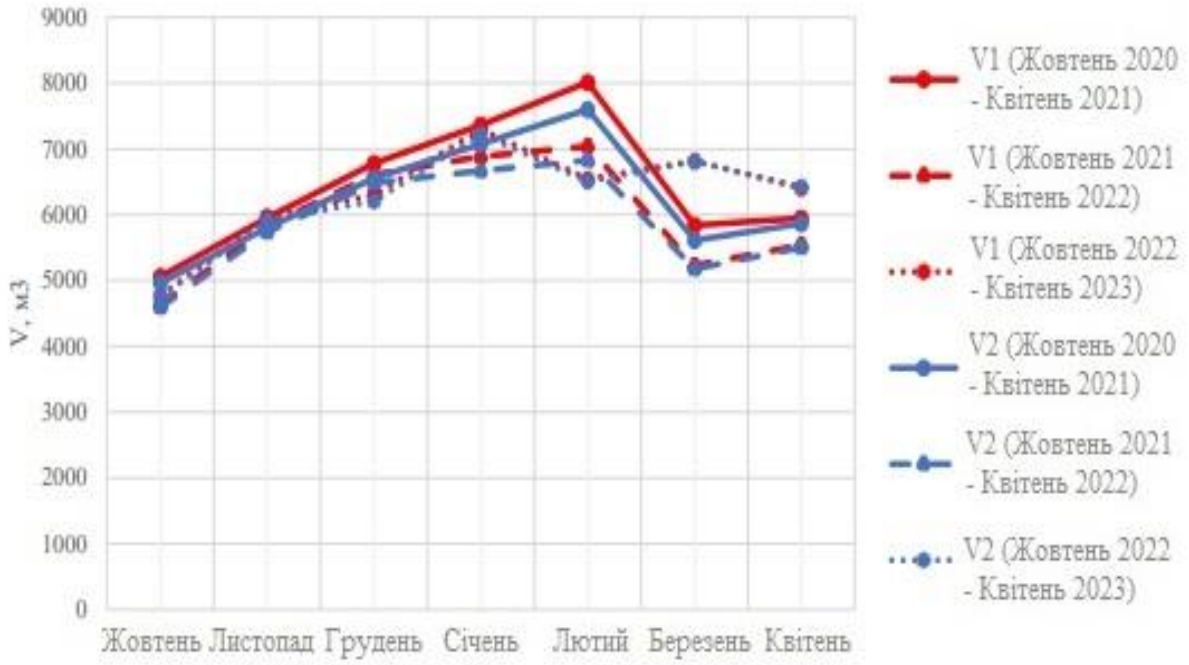


Рисунок 2.8 - Середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

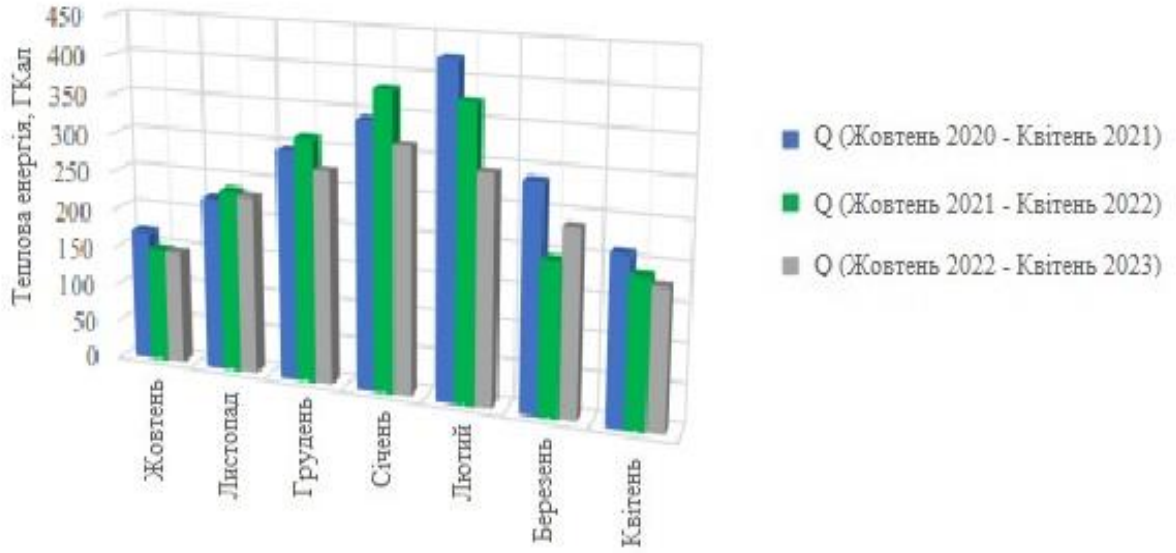


Рисунок 2.9 - Середньомісячні значення теплоспоживання об'єкта обліку

Для об'єкта під номером 4 наведемо середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному.

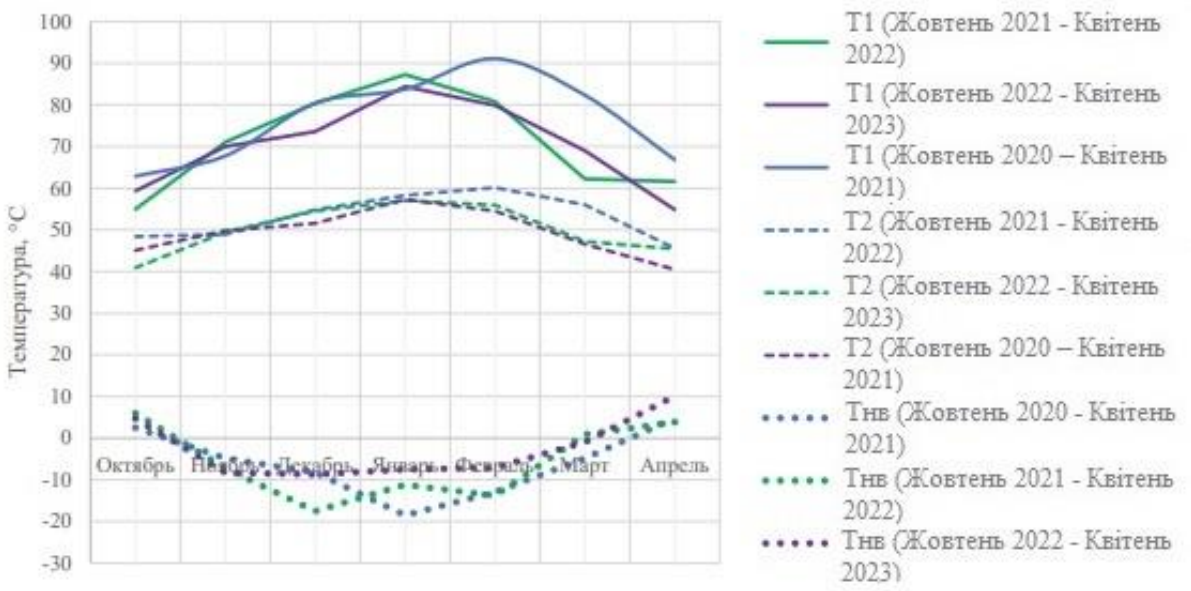


Рисунок 2.10 - Середньомісячні значення температури теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

Для об'єкта під номером 4 наведемо також середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному, а також середньомісячні значення його теплоспоживання.

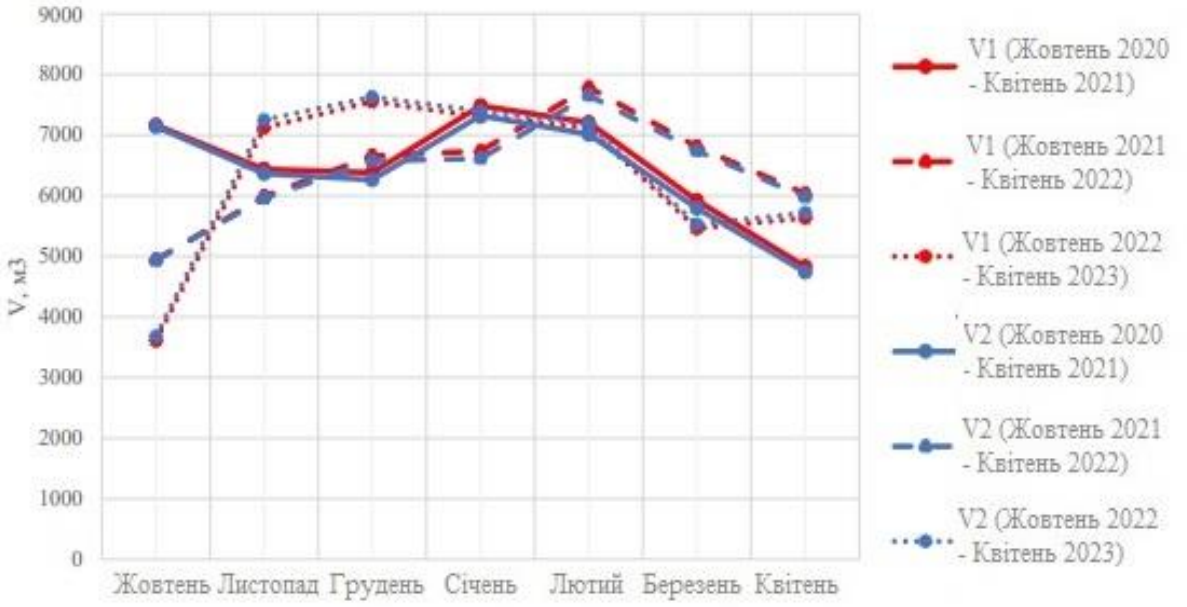


Рисунок 2.11 - Середньомісячні значення витрати теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному

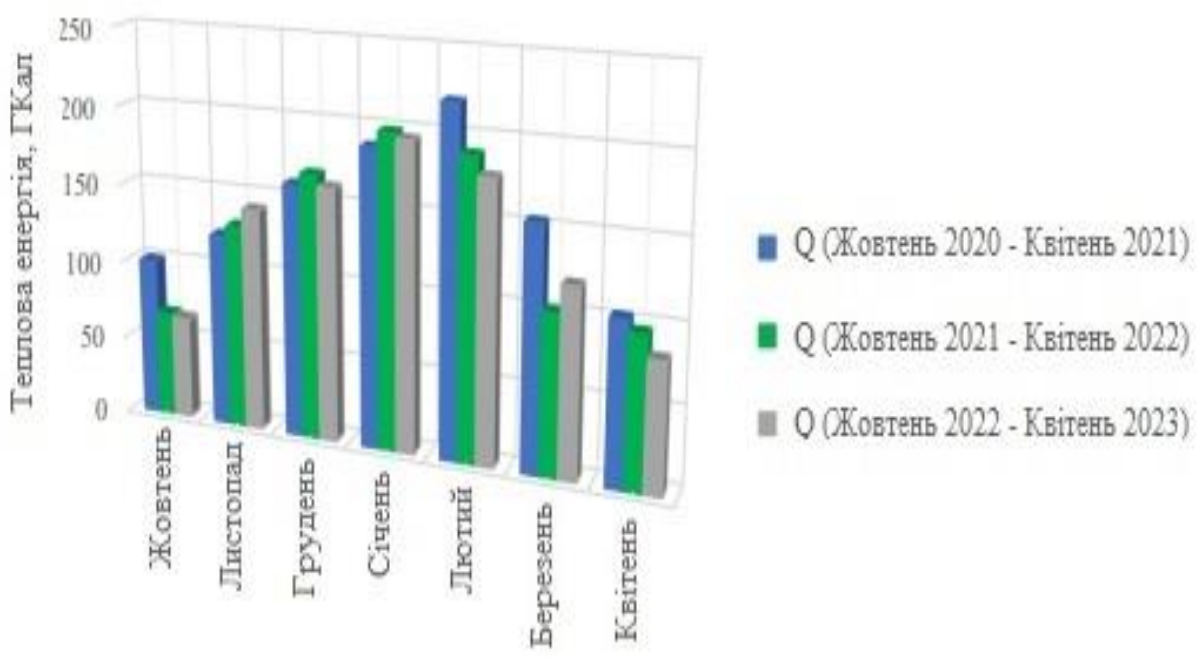


Рисунок 2.12 – Середньомісячні значення теплоспоживання об'єкта обліку

Наступним етапом покажемо енергоефективність об'єкта №1 за період із жовтня 2020р. до квітня 2023р.

Таблиця 2.4 – Енергоефективність об'єкта №1

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Жовтень 2020	89,75	0,114	-64%	А++
Листопад 2020	120,68	0,111	-65%	А++
Грудень 2020	152,65	0,120	-62%	А++
Січень 2021	188,45	0,108	-66%	А++
Лютий 2021	226,29	0,169	-47%	А
Березень 2021	151,01	0,135	-58%	А+

продовження таблиці 2.4

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Квітень 2021	114,96	0,173	-46%	A
Жовтень 2021	-	-	-	-
Листопад 2021	-	-	-	-
Грудень 2021	169,04	0,100	-69%	A++
Січень 2022	209,27	0,149	-53%	A+
Лютий 2022	204,29	0,148	-54%	A+
Березень 2022	109,78	0,127	-60%	A+
Квітень 2022	98,86	0,141	-56%	A+
Жовтень 2022	90,12	0,131	-59%	A+
Листопад 2022	140,76	0,114	-64%	A++
Грудень 2022	169,6	0,131	-59%	A+
Січень 2023	181,83	0,147	-54%	A+
Лютий 2023	172,66	0,151	-53%	A+
Березень 2023	134,36	0,142	-55%	A+
Квітень 2023	102,33	0,237	-26%	B

З даних, наведених у таблиці 2.4, видно, що об'єкт під номером 1 досить енергоефективний.

Для ілюстрації збудуємо графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 1.

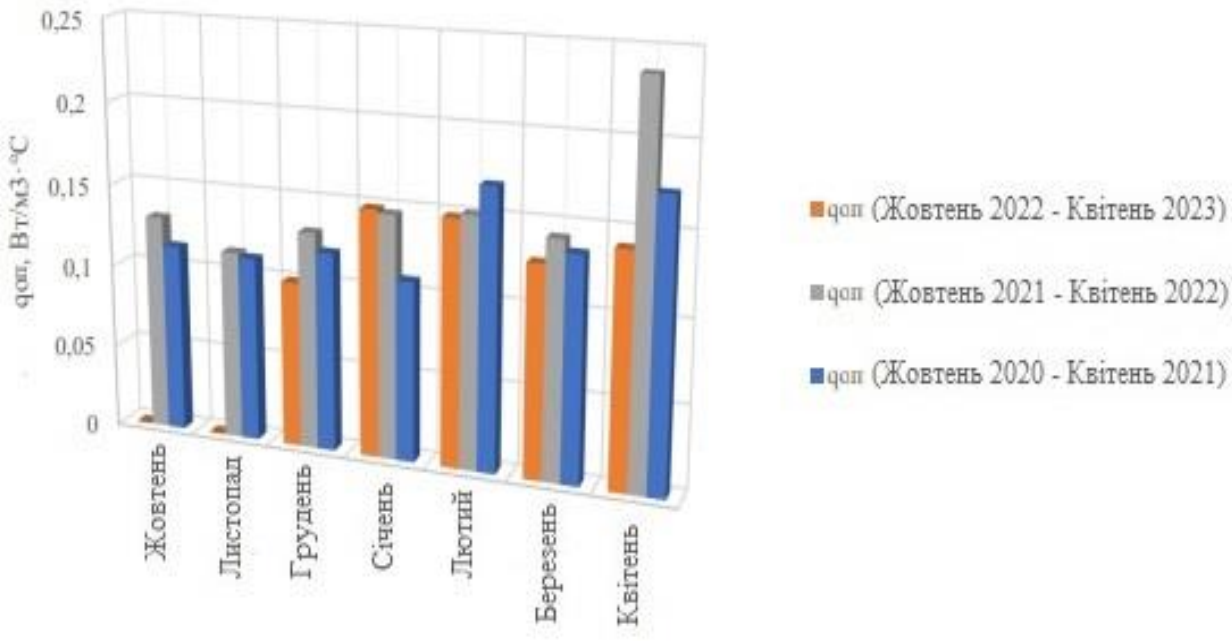


Рисунок 2.13 - Графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 1

На графіку вище видно, що значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 1 не завжди, що говорить про можливість збільшення енергоефективності об'єкта за рахунок покращення якості регулювання

Так само покажемо енергоефективність об'єктів № 2, 3 та 4 за період з жовтня 2020р. до квітня 2023р.

Таблиця 2.5 – Енергоефективність об'єкта №2

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Жовтень 2020	108,39	0,212	-27%	B
Листопад 2020	129,19	0,185	-36%	B+
Грудень 2020	162,34	0,198	-32%	B+
Січень 2021	192,92	0,172	-41%	A
Лютий 2021	242,23	0,280	-4%	C
Березень 2021	202,42	0,280	-3%	C

продовження таблиці 2.5

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Квітень 2021	148,92	0,347	20%	D
Жовтень 2021	-	-	-	-
Листопад 2021	158,28	0,206	-29%	B
Грудень 2021	180,5	0,165	-43%	A
Січень 2022	223,3	0,246	-15%	B
Лютий 2022	230,78	0,259	-11%	C+
Березень 2022	121,91	0,219	-24%	B
Квітень 2022	121,74	0,268	-8%	C+
Жовтень 2022	103,69	0,233	-20%	B
Листопад 2022	152,97	0,192	-34%	B+
Грудень 2022	174,44	0,209	-28%	B
Січень 2023	188,06	0,235	-19%	B
Лютий 2023	178,84	0,242	-17%	B
Березень 2023	139,91	0,230	-21%	B
Квітень 2023	119,88	0,429	48%	D

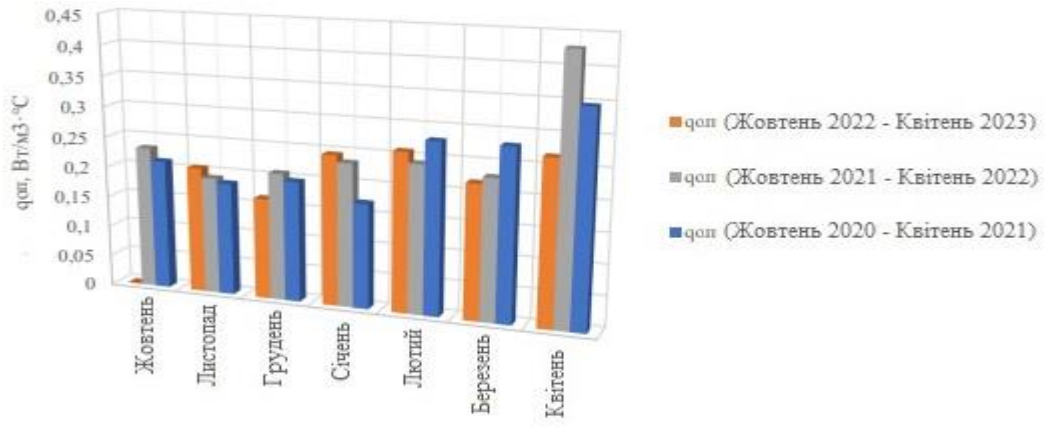


Рисунок 2.14 - Графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 2

З отриманих даних, наведених у таблиці 2.5 і графіка вище видно, що значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 2 не завжди, причому в деяких періодах клас енергозбереження досягає знижених значень, що може свідчити про будь-які збої в процесі регулювання.

Таблиця 2.6 – Енергоефективність об'єкта №3

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Жовтень 2020	169,35	0,156	-46%	А
Листопад 2020	222,91	0,150	-48%	А
Грудень 2020	294,47	0,168	-42%	А
Січень 2021	342,17	0,143	-51%	А+
Лютий 2021	423,13	0,230	-21%	В
Березень 2021	286,42	0,186	-36%	В+
Квітень 2021	211,63	0,232	-20%	В
Жовтень 2021	147	0,169	-42%	А
Листопад 2021	235,05	0,144	-50%	А
Грудень 2021	312,96	0,135	-54%	А+
Січень 2022	381,71	0,197	-32%	В+
Лютий 2022	374,18	0,198	-32%	В+
Березень 2022	193,92	0,164	-44%	А
Квітень 2022	187,33	0,194	-33%	В+
Жовтень 2022	146,96	0,155	-47%	А
Листопад 2022	231,04	0,136	-53%	А+
Грудень 2022	274,74	0,154	-47%	А

продовження таблиці 2.6

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Січень 2023	316,36	0,186	-36%	B+
Лютий 2023	292,07	0,186	-36%	B+
Березень 2023	237,48	0,183	-37%	B+
Квітень 2023	178,65	0,301	4%	C-

З даних, наведених у таблиці 2.6, видно, що об'єкт під номером 3 досить енергоефективний.

Побудуємо графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта за номером 3.

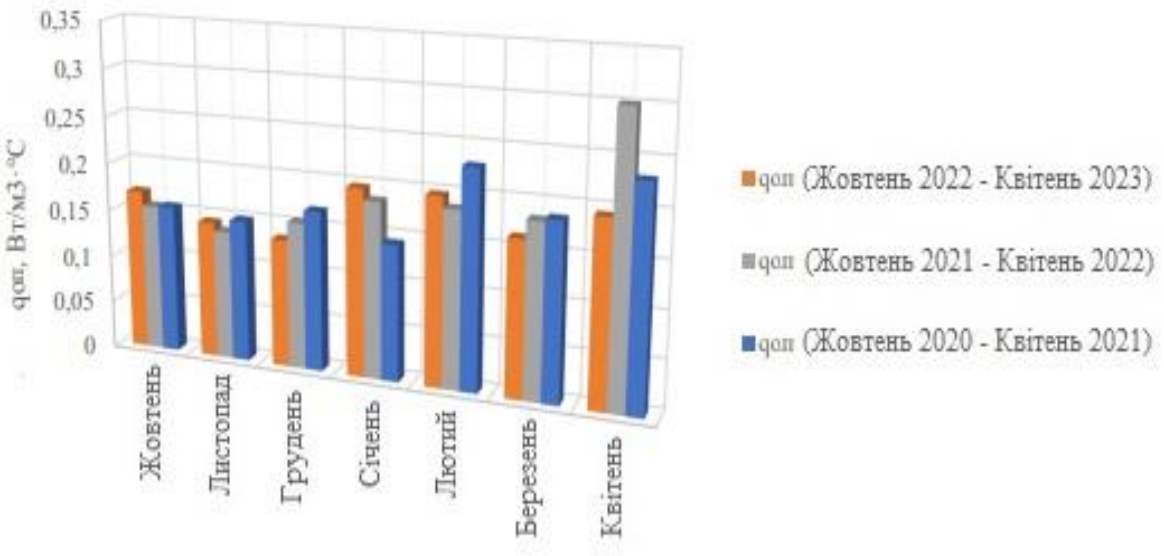


Рисунок 2.15 - Графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 3

На графіку вище видно, що значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 3 не завжди, що говорить про можливість збільшення енергоефективності об'єкта за рахунок покращення якості регулювання.

Таблиця 2.7 – Енергоефективність об'єкта №4

Період	Теплова енергія, ГКал	Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію, Вт/м^3°С	Клас енергозбереження	
Жовтень 2020	99,94	0,168	-47%	A
Листопад 2020	121,9	0,150	-53%	A+
Грудень 2020	159,6	0,167	-48%	A
Січень 2021	187,81	0,144	-55%	A+
Лютий 2021	219,16	0,217	-32%	B+
Березень 2021	153,44	0,182	-43%	A
Квітень 2021	103,09	0,206	-35%	B+
Жовтень 2021	66,09	0,139	-56%	A+
Листопад 2021	129,17	0,145	-55%	A+
Грудень 2021	167,3	0,131	-59%	A+
Січень 2022	197,92	0,187	-41%	A
Лютий 2022	189,15	0,183	-43%	A
Березень 2022	101,18	0,156	-51%	A+
Квітень 2022	95,83	0,181	-43%	A
Жовтень 2022	64,36	0,124	-61%	A++
Листопад 2022	140,96	0,152	-52%	A+
Грудень 2022	160,39	0,165	-48%	A
Січень 2023	194,6	0,208	-35%	B+
Лютий 2023	177,12	0,206	-35%	B+
Березень 2023	118,91	0,168	-47%	A
Квітень 2023	81,76	0,251	-21%	B

З даних, наведених у таблиці 2.7, видно, що об'єкт під номером 4 досить енергоефективний.

Побудуємо графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта за номером 4.

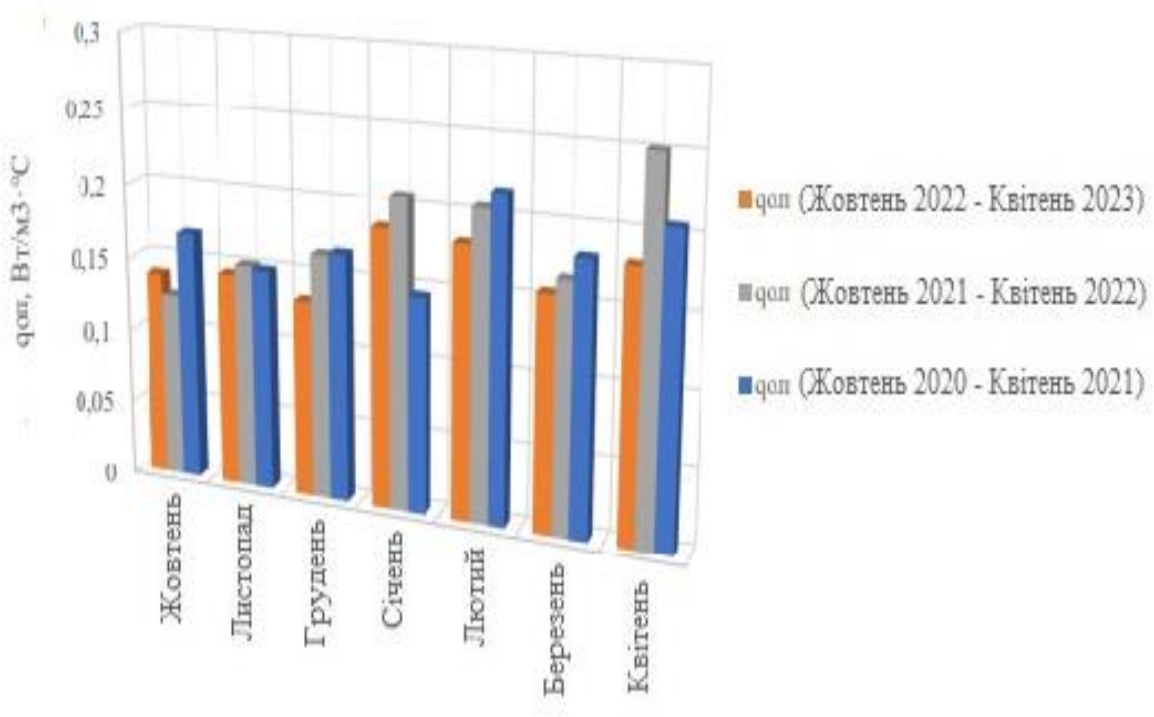


Рисунок 2.16 - Графік питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 3

На графіку вище видно, що значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію об'єкта під номером 4 не завжди, що говорить про можливість збільшення енергоефективності об'єкта за рахунок покращення якості регулювання.

В цілому, можна зробити висновок, що ці об'єкти дуже високо енергоефективні, і вимагають досить невеликої настройки параметрів технологічного управління.

2.2 Аналіз температурного режиму об'єктів теплоспоживання

Для вибраних об'єктів проведемо аналіз температурного режиму. Середньодобова температура зворотної мережі не повинна перевищувати задану температурним графіком температуру більш ніж на 5 %.

Для аналізу візьмемо середньомісячну температуру об'єктів. Для об'єкта номер 1 побудуємо графік температур у трубопроводі, що подає і зворотному

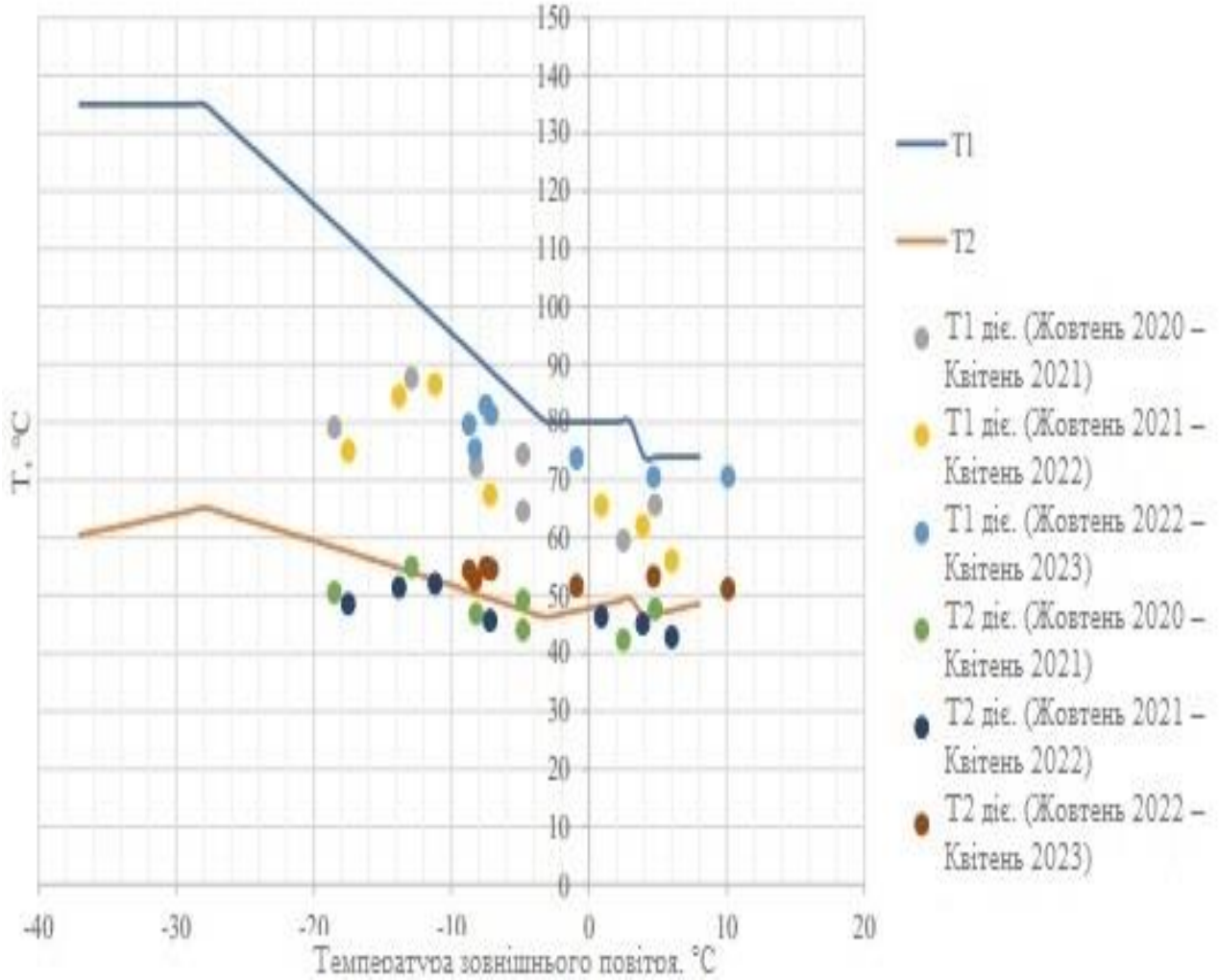


Рисунок 2.17 - Графік температур мережної води в трубопроводі, що подає і зворотному, для об'єкта №1

Таблиця 2.8 - Температури лінії подачі та зворотної лінії об'єкта №1

Період	Температура лінії подачі, °С	Температура зворотної лінії, °С	Розрахункова температура зворотної лінії, °С	Підвищення температури зворотної лінії, %
Жовтень 2020	59,55	42,360	49,15	-14%
Листопад 2020	64,64	44,080	47,60	-7%
Грудень 2020	72,43	46,820	50,20	-7%
Січень 2021	79,16	50,500	58,35	-13%
Лютий 2021	87,62	54,930	54,00	2%
Березень 2021	74,48	49,250	47,60	3%
Квітень 2021	65,69	47,670	46,50	3%
Жовтень 2021	56,04	42,820	47,40	-10%
Листопад 2021	67,39	45,710	49,40	-7%
Грудень 2021	75,02	48,580	57,60	-16%
Січень 2022	86,59	52,070	52,60	-1%
Лютий 2022	84,55	51,440	54,70	-6%
Березень 2022	65,58	46,360	48,30	-4%
Квітень 2022	62,06	45,150	46,50	-3%
Жовтень 2022	70,53	53,310	46,80	**14%**
Листопад 2022	75,35	52,730	50,30	**5%**
Грудень 2022	79,63	54,260	50,70	**7%**
Січень 2023	82,87	54,850	49,70	**10%**
Лютий 2023	81,31	54,560	49,30	**11%**
Березень 2023	73,82	51,710	48,30	**7%**
Квітень 2023	70,59	51,220	48,50	**6%**

З графіка вище та розрахованих даних, поданих у таблиці 8 видно, що за період з жовтня 2020р. до квітня 2023р. спостерігається перевищення температури теплоносія зворотної лінії. Також у цього об'єкта спостерігається невелике відхилення від температурного графіка.

Так само проаналізуємо об'єкти № 2, 3, 4.

Для об'єкта номер 2 побудуємо графік температур в трубопроводі, що подає і зворотному.

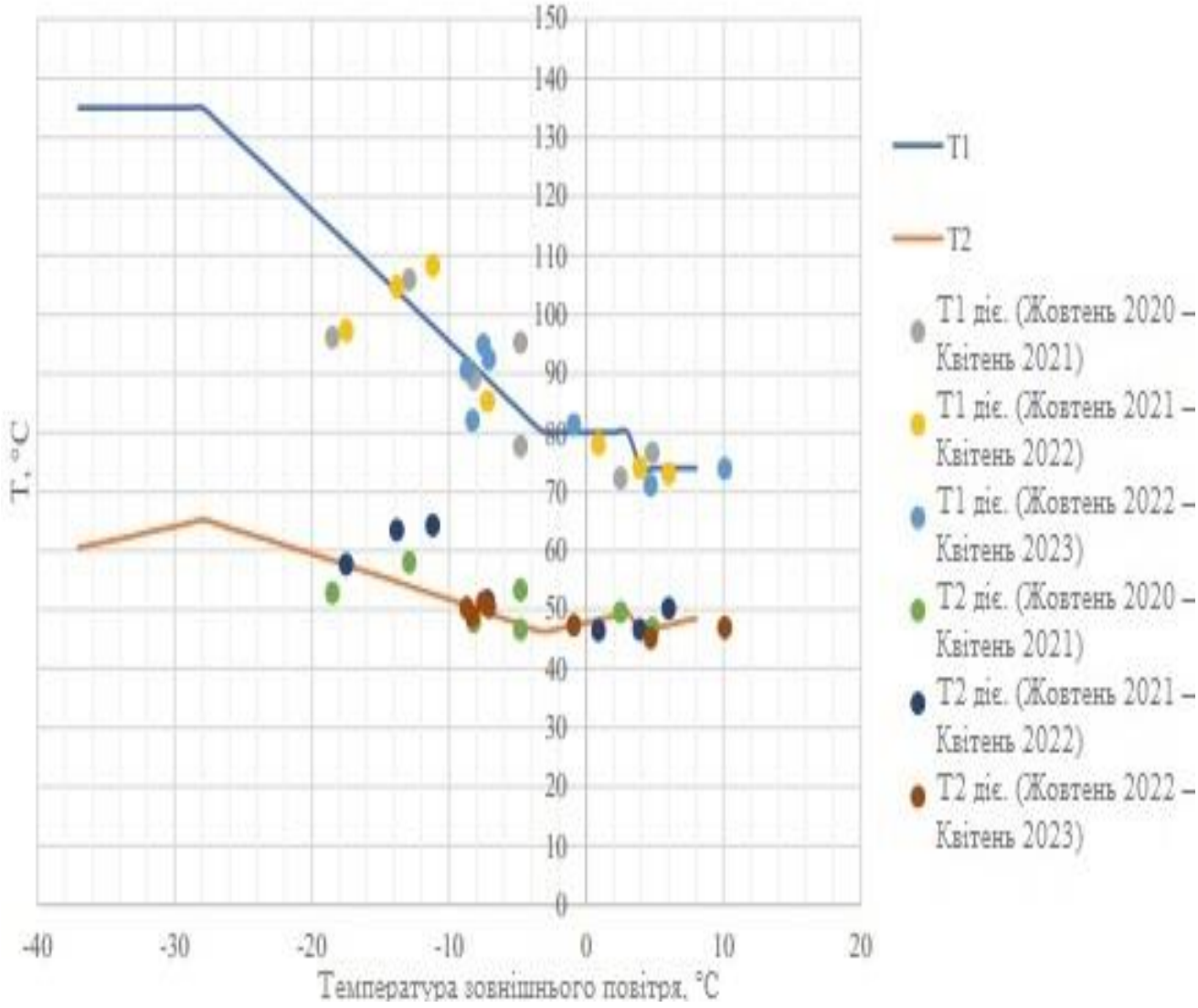


Рисунок 2.18 - Графік температур мережної води в трубопроводі, що подає та зворотному трубопроводі для об'єкта №2

Таблиця 2.9 - Температури лінії подачі та зворотної лінії об'єкта №2

Період	Температура лінії подачі, °С	Температура зворотної лінії, °С	Розрахункова температура зворотної лінії, °С	Підвищення температури зворотної лінії, %
Жовтень 2020	72,33	49,650	49,15	1%
Листопад 2020	77,77	46,720	47,60	-2%
Грудень 2020	89,17	47,930	50,20	-5%
Січень 2021	96,2	52,850	58,35	-9%
Лютий 2021	105,94	58,080	54,00	**8%**
Березень 2021	95,31	53,400	47,60	**12%**
Квітень 2021	76,61	46,950	46,50	1%
Жовтень 2021	73,04	50,300	47,40	**6%**
Листопад 2021	85,37	51,510	49,40	4%
Грудень 2021	97,3	57,760	57,60	0%
Січень 2022	108,3	64,360	52,60	**22%**
Лютий 2022	104,77	63,520	54,70	**16%**
Березень 2022	78,08	46,510	48,30	-4%
Квітень 2022	74,13	46,660	46,50	0%
Жовтень 2022	71,18	45,270	46,80	-3%
Листопад 2022	82,09	48,910	50,30	-3%
Грудень 2022	90,73	50,360	50,70	-1%
Січень 2023	94,88	51,310	49,70	3%
Лютий 2023	92,52	50,530	49,30	2%
Березень 2023	81,43	47,390	48,30	-2%
Квітень 2023	73,97	47,030	48,50	-3%

З графіка вище та розрахованих даних, представлених у таблиці 9 видно, що для об'єкта № 2 спостерігається перевищення температури теплоносія зворотної лінії. Також у цього об'єкта спостерігається невелике відхилення від температурного графіка.

Для об'єкта номер 3 побудуємо графік температур в трубопроводі, що подає і зворотному.

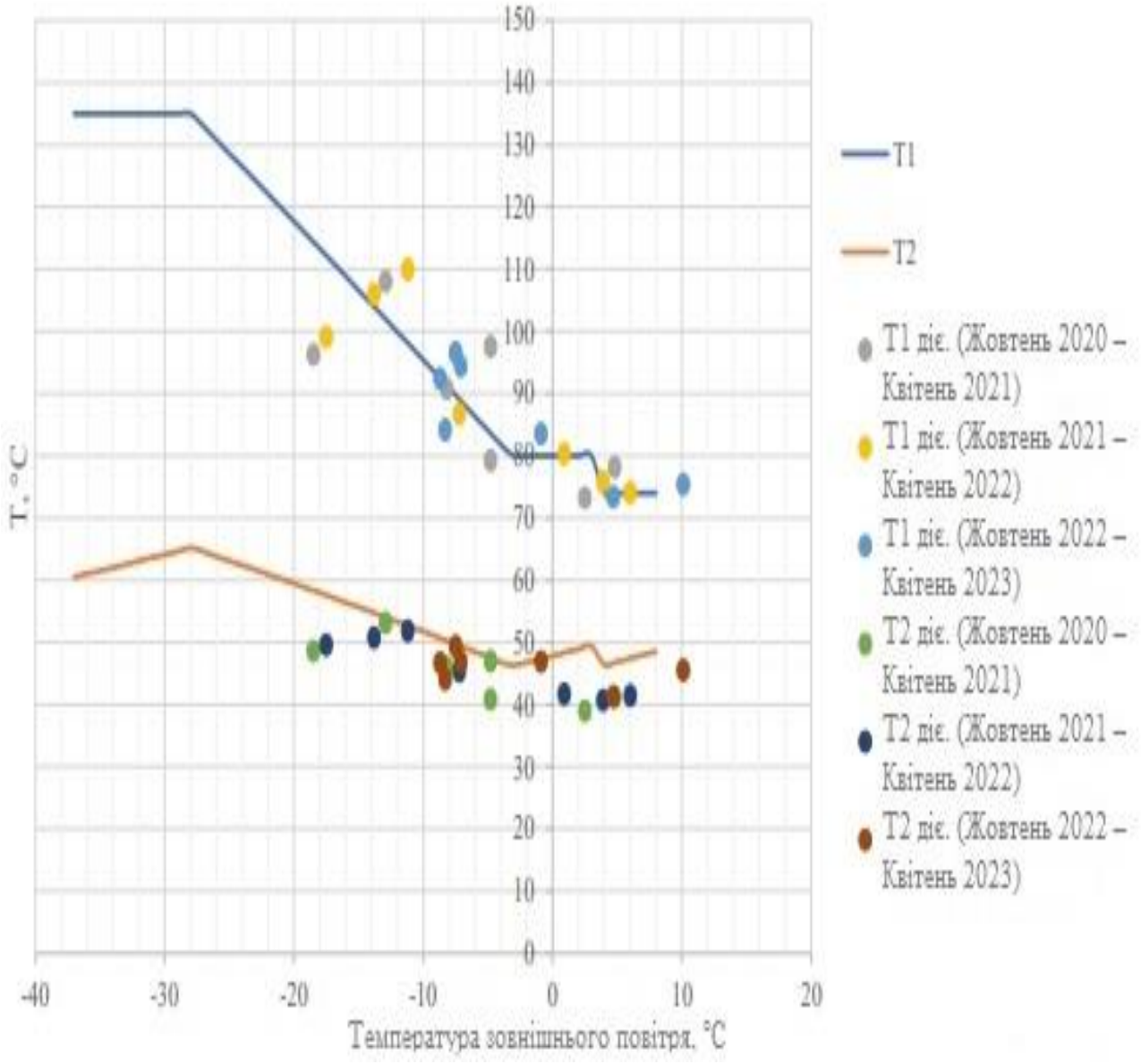


Рисунок 2.19 - Графік температур мережевої води в трубопроводі, що подає і зворотному, для об'єкта №3

Таблиця 2.10 - Температури лінії подачі та зворотної лінії об'єкта №3

Період	Температура лінії подачі, °С	Температура зворотної лінії, °С	Розрахункова температура зворотної лінії, °С	Підвищення температури зворотної лінії, %
Жовтень 2020	73,19	38,970	49,15	-21%
Листопад 2020	79,22	40,850	47,60	-14%
Грудень 2020	90,76	46,010	50,20	-8%
Січень 2021	96,27	48,600	58,35	-17%
Лютий 2021	108	53,120	54,00	-2%
Березень 2021	97,58	46,960	47,60	-1%
Квітень 2021	78,12	41,200	46,50	-11%
Жовтень 2021	74,08	41,400	47,40	-13%
Листопад 2021	86,7	45,390	49,40	-8%
Грудень 2021	99,08	49,610	57,60	-14%
Січень 2022	109,94	51,820	52,60	-1%
Лютий 2022	105,94	50,710	54,70	-7%
Березень 2022	80,32	41,670	48,30	-14%
Квітень 2022	75,85	40,680	46,50	-13%
Жовтень 2022	73,35	41,260	46,80	-12%
Листопад 2022	84,12	44,080	50,30	-12%
Грудень 2022	92,4	46,650	50,70	-8%
Січень 2023	96,52	49,340	49,70	-1%
Лютий 2023	94,37	46,870	49,30	-5%
Березень 2023	83,55	46,870	48,30	-3%
Квітень 2023	75,39	45,540	48,50	-6%

З графіка вище та розрахованих даних, представлених у таблиці 10 видно, що для об'єкта № 3 перевищення температури теплоносія зворотної лінії не спостерігається.

Для об'єкта номер 4 побудуємо графік температур у трубопроводі, що подає і зворотному.

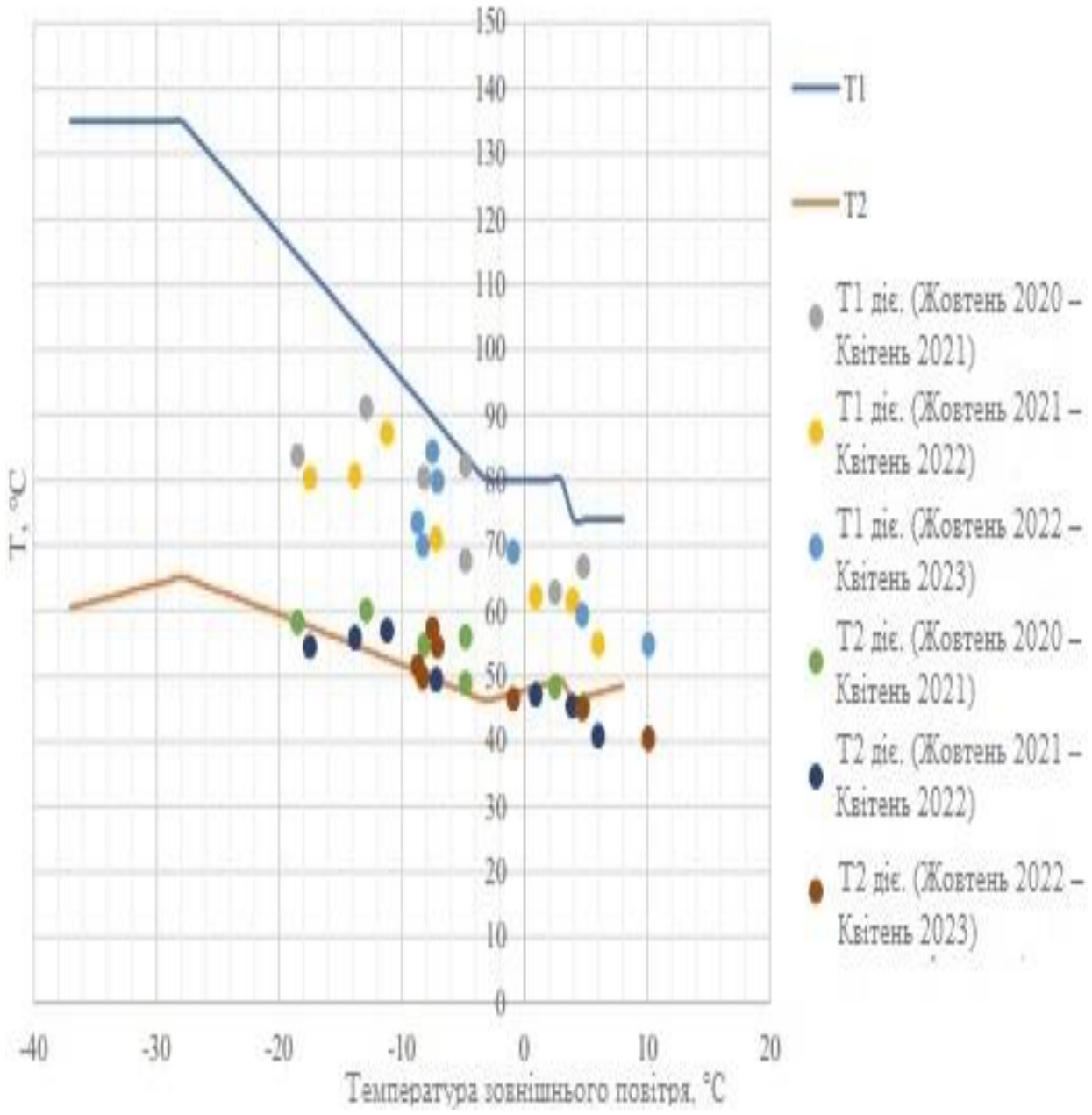


Рисунок 2.20 - Графік температур мережевої води в трубопроводі для об'єкта №4

Таблиця 2.11 - Температури лінії подачі та зворотної лінії об'єкта №4

Період	Температура лінії подачі, °С	Температура зворотної лінії, °С	Розрахункова температура зворотної лінії, °С	Підвищення температури зворотної лінії, %
Жовтень 2020	62,89	48,400	49,15	-2%
Листопад 2020	67,75	48,910	47,60	3%
Грудень 2020	80,42	54,840	50,20	9%
Січень 2021	83,76	58,310	58,35	0%
Лютий 2021	91,11	60,150	54,00	**11%**
Березень 2021	82,36	56,050	47,60	**18%**
Квітень 2021	66,83	45,580	46,50	-2%
Жовтень 2021	54,97	40,910	47,40	-14%
Листопад 2021	71,04	49,480	49,40	0%
Грудень 2021	80,38	54,530	57,60	-5%
Січень 2022	87,28	57,040	52,60	**8%**
Лютий 2022	80,81	55,930	54,70	2%
Березень 2022	62,25	47,220	48,30	-2%
Квітень 2022	61,6	45,460	46,50	-2%
Жовтень 2022	59,37	45,070	46,80	-4%
Листопад 2022	69,99	49,790	50,30	-1%
Грудень 2022	73,58	51,580	50,70	2%
Січень 2023	84,43	57,310	49,70	**15%**
Лютий 2023	79,88	54,530	49,30	**11%**
Березень 2023	69,03	46,580	48,30	-4%
Квітень 2023	54,87	40,500	48,50	-16%

З графіка вище та розрахованих даних, представлених у таблиці 11 видно, що для об'єкта № 4 спостерігається перевищення температури теплоносія зворотної лінії. Також у даного об'єкта спостерігається невелике відхилення від температурного графіка.

Дотримання температурного режиму будівлі є однією з головних складових для енергоефективного споживання теплової енергії. Дані об'єкти мають потенціал для підвищення точності регулювання температурного режиму, що може на краще вплинути на якість управління тепловим споживанням об'єктів, а також домогтися зниження витрат на забезпечення даних об'єктів тепловою енергією.

2.3 Аналіз споживання теплоносія

Побудуємо для об'єктів із незалежною системою опалення (об'єкти № 1, 3, 4) графіки різниці витрат у лінії подачі та зворотної лінії у відсотковому співвідношенні. Ця різниця не повинна перевищувати 6%.

Для об'єкту №1:

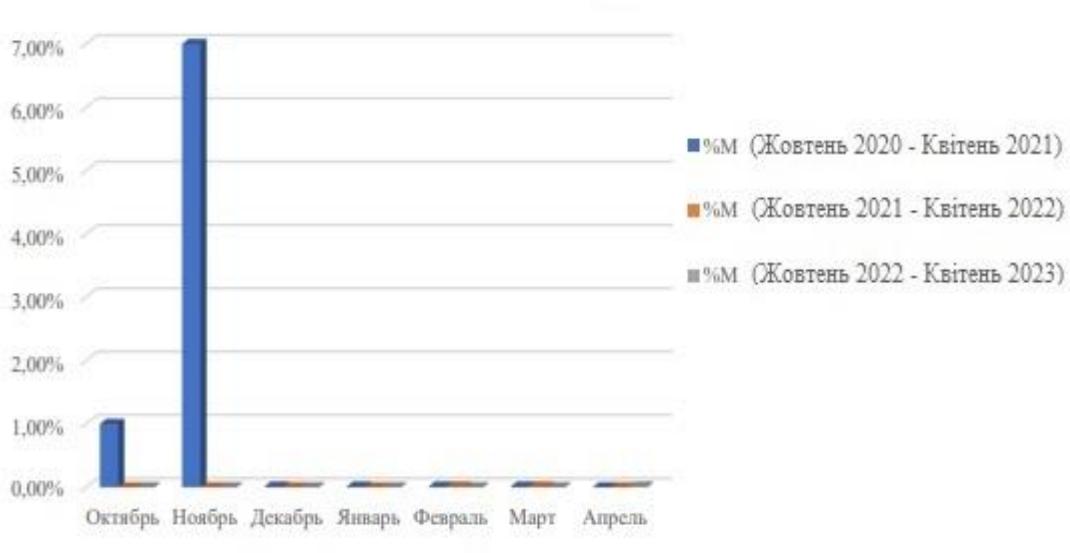


Рисунок 2.21 - Різниця між витратами лінії подачі та зворотної лінії для об'єкта № 1

Для об'єкту №3:

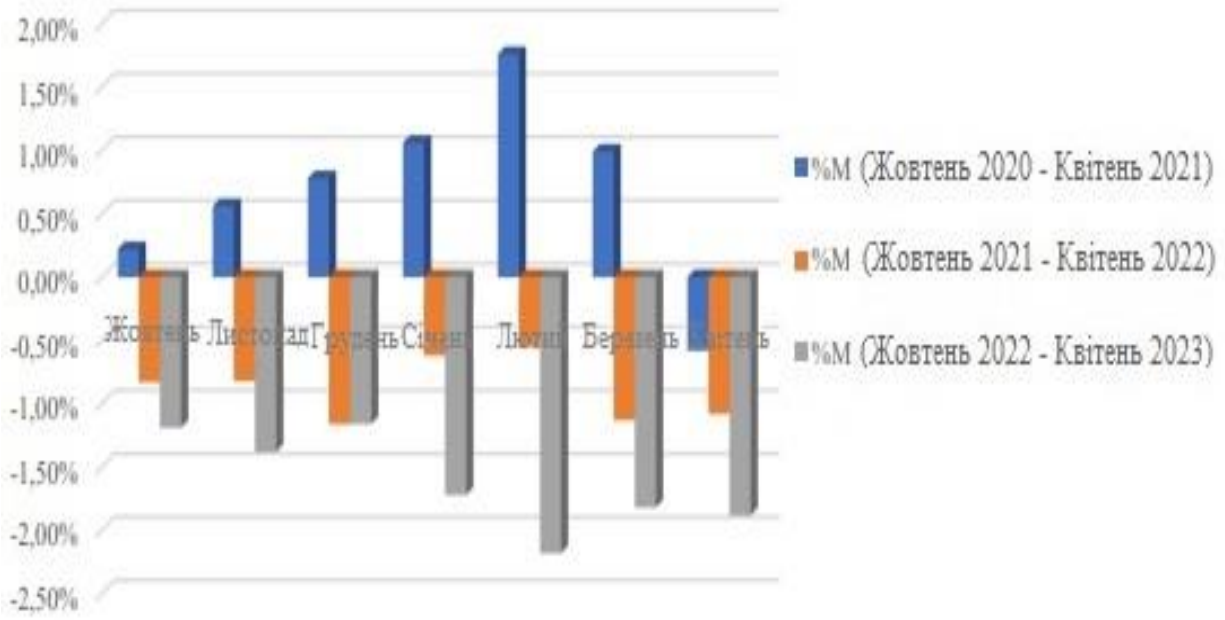


Рисунок 2.22 - Різниця між витратами лінії подачі та зворотної лінії для об'єкта № 3

Для об'єкту №4:

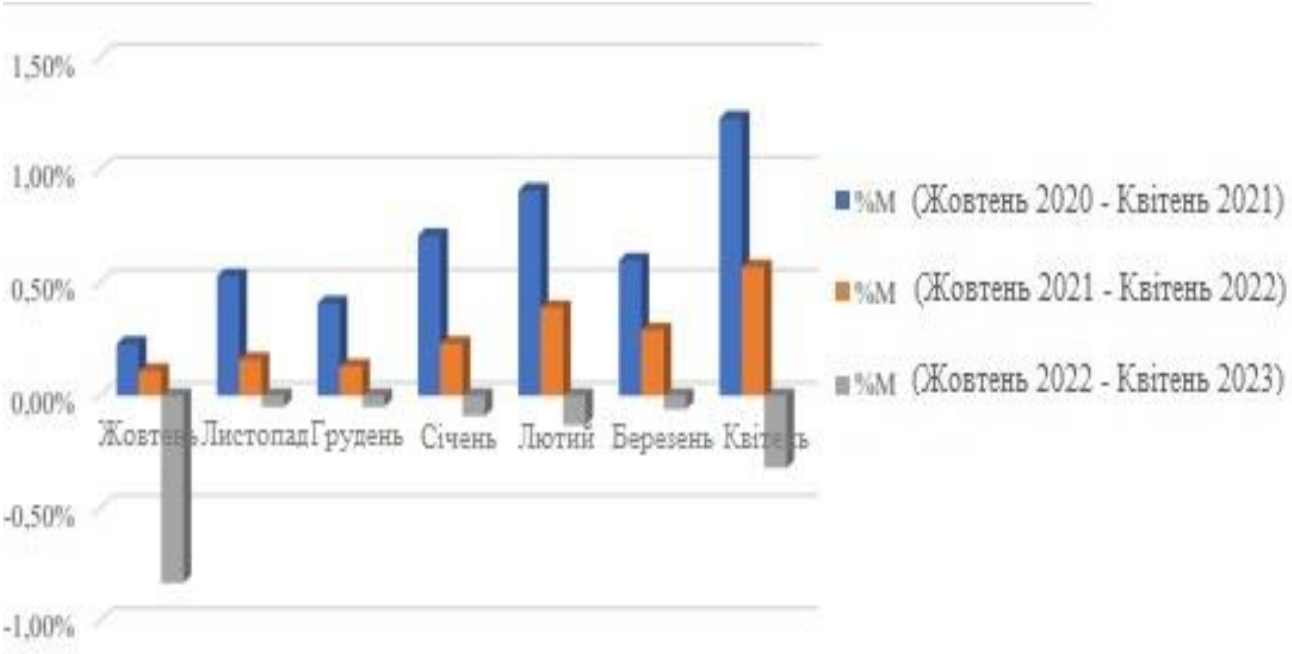


Рисунок 2.23 - Різниця між витратами лінії подачі та зворотної лінії для об'єкта № 3

З графіків видно, що у листопаді 2020г. на об'єкті № 1 спостерігалося відхилення різниці між витратами подавальної та зворотної лінії від 6%. Це може свідчити про те, що в системі опалення в цей період був витік теплоносія.

Проведений аналіз споживання теплової енергії на опалення об'єктів, що досліджуються, добре демонструє той факт, що використання систем автоматичного управління в системах теплоспоживання саме по собі не гарантує дотримання оптимальних режимів теплопостачання, а значить ми можемо спостерігати нераціональне використання енергоресурсів навіть у разі використання теплових пунктів. Тому, крім використання систем автоматичного управління, необхідно створення інформаційно-аналітичних систем, зокрема з використанням сучасних інформаційних технологій, визначення можливостей підвищення ефективності систем теплоспоживання.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПИТОМОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИТРАТИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

3.1 Тепловий баланс будівлі

Тепловий баланс будівель і споруд дозволяє встановити співвідношення між тепловими втратами та кількістю тепла, що надходить з поза та кількістю тепла, що виділяється джерелами всередині будівель та споруд. Теплопоступом називають припливу теплової енергії всередину будівлі від різних джерел. До тепловтрат відносять витрата енергії, при якому рух потоку спрямовано зсередини через огороджувальні конструкції назовні. Усі теплонадходження до будівлі та її тепловтрати схематично представлені на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 - Тепловий баланс будівлі

Уравнение теплового баланса здания имеет следующий вид:

$$Q_{оп} + Q_{поб} + Q_{рад} = Q_{ст} + Q_{вік} + Q_{вен}, \quad (3.1)$$

де $Q_{оп}$ - теплонадходження від системи опалення, Вт;

$Q_{поб}$ - побутові тепловиділення будівлі, Вт;

$Q_{рад}$ - теплонадходження до будівлі від сонячної радіації, Вт;

$Q_{ст}$ - теплові втрати через стіни, Вт;

$Q_{вік}$ - втрати тепла через вікна, Вт;

$Q_{вен}$ - теплові втрати будівлі на вентиляцію, Вт.

Використовуючи рівняння 4, можна визначити необхідну витрату теплової енергії на опалення будівлі. Даний розрахунок покажемо на прикладі об'єкта під номером 3 за середньої температури зовнішнього повітря -18,5°. Для решти місяців опалювального періоду отримані дані зведемо до таблиці 3.2.

Характеристики будівлі, необхідних проведення розрахунку представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Геометричні характеристики об'єкта № 3

Найменування характеристики	Значення
Об'єм будівлі, $м^3$	96840
Площа огороджувальних конструкцій, $м^2$	21600
Площа скління, $м^2$	5400
Площа стін без урахування площі скління, $м^2$	16200
Площа покриттів та перекриттів над проїздами, $м^2$	1345
Житлова площа, $м^2$	10026
Площа огороджувальних конструкцій, розташованих на північній стороні, $м^2$	4752
Площа огороджувальних конструкцій, розташованих на південній стороні, $м^2$	4795,2
Площа огороджувальних конструкцій, розташованих на західній та східній сторонах, $м^2$	12052,8

3.2 Визначення теплонадходження будівлі

Побутові тепловиділення будівлі, Вт, знайдемо за формулою:

$$Q_{поб} = q_{поб} * A_ж \quad (3.2)$$

де $q_{поб}$ - величина побутових тепловиділень на 1 м^2 площі житлових приміщенні, Вт/м^2. Для житлових будинків із розрахунковою заселеністю квартир 45 м^2 загальної площі на людину дбут становлять 10 Вт/м^2 [5];

$A_ж$ — житлова площа будівлі, м^2.

$Q_{поб}$ =10 * 10026 = 100260 Вт.

Теплонадходження через вікна від сонячної радіації для чотирьох фасадів будівель, Вт, орієнтованих за чотирма напрямками, визначимо за формулою:

$$Q_{рад} = \frac{I_1 * A_{вік1} + I_2 * A_{вік2} + I_3 * A_{вік3} + I_4 * A_{вік4}}{31*24*3600} * 10^6, \quad (3.3)$$

де I_1, I_2, I_3, I_4— середня протягом місяця величина сонячної радіації на вертикальні поверхні за дійсних умов хмарності, відповідно орієнтована з чотирьох фасадів будівлі, МДж/м^2. Ця величина визначається кожного місяця за методикою зведення правил [6].

$A_{вік1}$,$A_{вік2}$,$A_{вік3}$,$A_{вік4}$- площа світлопройомів фасадів будівлі, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками, м^2.

$$Q_{рад} = \frac{57*1188 + 358*1198 + 100*1820 + 100*1193}{31*24*3600} * 10^6 = 59603{,}2 \text{ Вт.}$$

3.3 Визначення теплових втрат будівлі

Теплові втрати через стіни, покриття та перекриття над проїздами будівлі,

Вт, визначимо за формулою:

$$Q_{ст} = \left(\frac{Аст}{R_{0ст}^{тр}} + \frac{Ап}{R_{0п}^{тр}}\right) * (t_в - t_{вік}), \quad (3.4)$$

де $А_{ст}$ - площа зовнішніх стін будівлі, без урахування скління, м^2;

$А_п$ - площа покриттів та перекриття над проїздами, м^2;

$R_{0ст}^{тр}$ — базове значення наведеного опору теплопередачі зовнішніх стін будівлі (м^2°С)/Вт. $R_{0ст}^{тр}$ приймемо рівним 3,7 (м^2°С)/Вт [5].

$R_{0п}^{тр}$ — базове значення опору теплопередачі покриттів і перекриттів над проїздами будівлі, (м^2°С)/Вт. RTPn приймемо рівним 5,4 (м^2°С)/Вт [5].

$t_В$ - розрахункова температура внутрішнього повітря будівлі, °С, що приймається при розрахунку огороджувальних конструкцій груп будівель зазначених у таблиці 1.3: за поз. 1 - за мінімальними значеннями оптимальної температури відповідних будівель (в інтервалі 20-22 ° С); за поз. 2 - згідно з класифікацією приміщень та мінімальних значень оптимальної температури (в інтервалі 16-21 °С); за поз. 3 – за нормами проектування відповідних будівель. $t_В$ = 21 ° С;

$t_{вік}$ – середня температура зовнішнього повітря, °С. Середня температура повітря становила -18,5 °С.

$$Q_{ст} = \left(\frac{16200}{3,7} + \frac{1345}{5,4}\right) * (21 - (-18,5)) = 240433 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати через вікна будівлі, Вт, визначимо за такою формулою:

$$Q_{вік} = \frac{A_{вік}}{R_{0вік}^{тр}} * (t_в - t_{вік}), \quad (3.5)$$

де $А_{вік1}$ – площа скління будівлі, м^2;

$R_{0\text{вік}}^{\text{тр}}$ - базове значення наведеного опору теплопередачі вікон будівлі (м²°С)/Вт. $R_{0\text{вік}}^{\text{тр}}$ приймемо рівним 0,62 (м²°С) / Вт [5].

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{вік}}$ — те саме, що й у формулі 3.4.

$$Q_{\text{вік}} = \frac{5400}{0,62} * (21 - (-18,5)) = 344032,26 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати будівлі на вентиляцію, Вт, знайдемо за формулою:

$$Q_{\text{вен}} = \frac{A_{\text{ж}} * n_{\text{в}}}{3600} * c_{\text{пов}} * (t_{\text{в}} - t_{\text{вік}}), \quad (3.6)$$

де $A_{\text{ж}}$ - те саме, що і у формулі 3.2;

$n_{\text{пов}}$ — кількість повітря, що видаляється з приміщення, м/ч³. Для житлових приміщень $n_{\text{пов}}$ становить 3 м³/год на 1 м² житлових приміщень;

$c_{\text{пов}}$ - теплоємність повітря, Дж / (м³ К). $c_{\text{пов}}$ = 1297;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{вік}}$ — те саме, що й у формулі 3.4.

$$Q_{\text{вен}} = \frac{10026 * 3}{3600} * 1297 * (21 - (-18,5)) = 426929 \text{ Вт.}$$

3.4 Визначення необхідної теоретичної витрати теплової енергії на опалення будівлі та порівняння її з практичним значенням

Визначивши всі значення теплових надходжень у будівлю та всі значення тепловтрат, обчислимо необхідну витрату теплової енергії на опалення, Вт, використовуючи рівняння теплового балансу (формула 3.1):

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{вен}} - (Q_{\text{поб}} + Q_{\text{рад}}), \quad (3.7)$$

$Q_{\text{оп}}$ = 240433 + 344032,26 + 426929 - (100260 + 59603,2) = 851791,22 Вт.

Визначимо теоретичну питому характеристику витрати теплової енергії на опалення для січня 2021, Вт/(м^3°С), за формулою:

$$q_{\text{оп}}^{\text{т}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{V_{\text{б}} * (t_{\text{в}} - t_{\text{вік}})}, \quad (3.8)$$

де $V_{\text{б}}$ — обсяг будівлі, м^3;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{вік}}$ — те саме, що й у формулі 3.4.

$$q_{\text{оп}}^{\text{т}} = \frac{851791{,}22}{96840 * (21 - (-18{,}5))} = 0{,}223 \text{ Вт}/(\text{м}^3 * ℃).$$

Для решти місяців опалювального періоду теоретична питома характеристика витрати теплової енергії на опалення визначається аналогічно до розрахунку вище, тому отримані дані для них представимо в зведеній таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теоретичної питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення

Дата	$t_{\text{вік}}$	$Q_{\text{ст}}$	$Q_{\text{вік}}$	$Q_{\text{рад}}$	$Q_{\text{поб}}$	$Q_{\text{вен}}$	$Q_{\text{оп}}$	$Q_{\text{оп}}$	$q_{\text{оп}}^{\text{т}}$
	°С	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	ГКал	$\frac{\text{В}_{\text{т}}}{(\text{м}^3 * ℃)}$
Опалювальний період 2020 – 2021 рр.									
Жовтень	2,5	112607,9	161129	114446	100000	199954,2	259245	165,72	0,145

Дата	$t_{вік}$	$Q_{ст}$	$Q_{вік}$	$Q_{рад}$	$Q_{поб}$	$Q_{вен}$	$Q_{оп}$	$Q_{оп}$	$q_{оп}^{т}$
	°С	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	ГКал	$B_т$ / $(м^3 * °С)$
Листопад	-4,8	157042,3	224710	75498	100000	278855	485109	300,10	0,194
Грудень	-8,2	177737,3	254323	45048	100000	315603,3	602616	385,21	0,213
Січень	-18,5	240433	344032	59603	100000	426929,2	851791	544,50	0,223
Лютий	-12,9	206346,3	295258	118337	100000	366402,5	649670	375,10	0,198
Березень	-4,8	157042,3	224710	174099	100000	278855	386508	247,07	0,155
Квітень	4,8	98607,97	141097	198257	100000	175095	116543	72,10	0,074
Опалювальний період 2021 – 2022 рр.									
Жовтень	6	91303,68	130645	114446	100000	162125	169628	108,43	0,117
Листопад	-7,2	171650,9	245613	75498	100000	304795	546560	338,11	0,200
Грудень	-17,5	234346,1	335323	45048	100000	416120,8	840742	537,43	0,226
Січень	-11,2	195998,6	280452	59603	100000	348028,3	664875	425,01	0,213

Дата	$t_{вік}$	$Q_{ст}$	$Q_{вік}$	$Q_{рад}$	$Q_{поб}$	$Q_{вен}$	$Q_{оп}$	$Q_{оп}$	$q_{оп}^{т}$
	°С	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	ГКал	$В_т$ / $(м^3 * °С)$
Лютий	-13,8	211824,5	303097	118337	100000	376130	672715	388,41	0,200
Березень	0,9	122346,9	175065	174099	100000	217247,5	240560	153,77	0,124
Квітень	3,9	104086,2	148935	198257	100000	184822,5	139588	86,35	0,084
Опалювальний період 2022 – 2023 років.									
Жовтень	4,7	99216,66	141968	114446	100000	176175,8	202914	129,71	0,129
Листопад	-8,3	178346,5	255194	75498	100000	316684,2	574726	355,53	0,203
Грудень	-8,7	180781,3	258677	45048	100000	321007,5	615419	393,40	0,214
Січень	-7,5	173477	248226	59603	100000	308037,5	570137	364,45	0,207
Лютий	-7,1	171042,2	244742	118337	100000	303714,2	501162	289,36	0,184
Березень	-0,9	133303,4	190742	174099	100000	236702,5	286649	183,24	0,135
Квітень	Ю,1	66347,34	94935	198257	100000	117810,8	-19163	-11,85	-0,018

Порівняємо теоретичні значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення об'єкта № 3 зі значеннями, отриманими на практиці, побудувавши графіки їх залежності від середньомісячної температури зовнішнього повітря (рисунки 3.2, 3.3). Дані значення представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Теоретичні та практичні питомі характеристики витрати теплової енергії

Дата	Температура зовнішнього повітря	$q_{оп}^{т}$	$q_{оп}^{пр}$
	°С	Вт/(м^3°С)	Вт/(м^3°С)
Жовтень 2020	2,5	0,145	0,156
Листопад 2020	-4,8	0,194	0,150
Грудень 2020	-8,2	0,213	0,168
Січень 2021	-18,5	0,223	0,143
Лютий 2021	-12,9	0,198	0,230
Березень 2021	-4,8	0,155	0,186
Квітень 2021	4,8	0,074	0,232
Жовтень 2021	6	0,117	0,169
Листопад 2021	-7,2	0,200	0,144
Грудень 2021	-17,5	0,226	0,135
Січень 2022	-11,2	0,213	0,197
Лютий 2022	-13,8	0,200	0,198
Березень 2022	0,9	0,124	0,164
Квітень 2022	3,9	0,084	0,194
Жовтень 2022	4,7	0,129	0,155
Листопад 2022	-8,3	0,203	0,136
Грудень 2022	-8,7	0,214	0,154
Січень 2023	-7,5	0,207	0,186
Лютий 2023	-7,1	0,184	0,186
Березень 2023	-0,9	0,135	0,183
Квітень 2023	10,1	-0,018	0,301

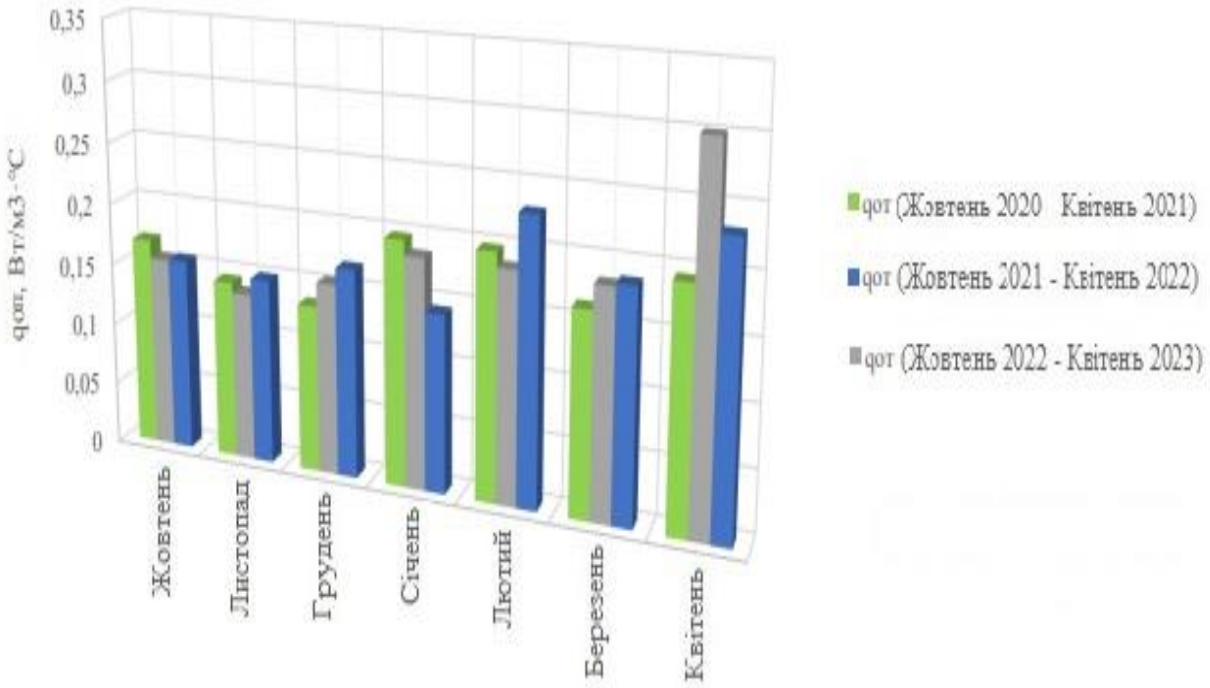


Рисунок 3.2 - Графік залежності питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення температури зовнішнього повітря, отриманої практично

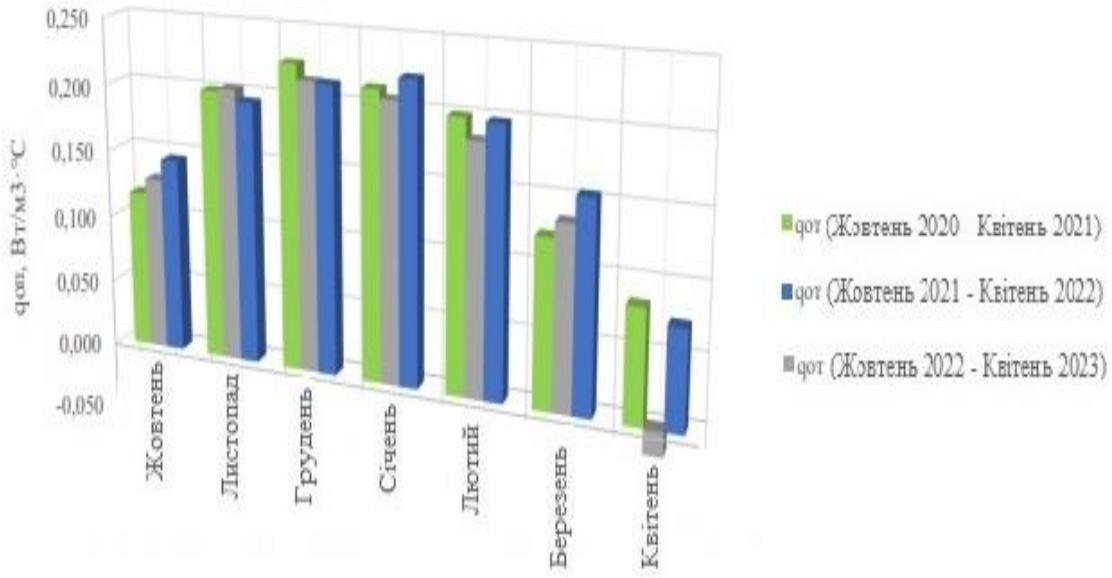


Рисунок 3.3 - Графік залежності теоретичної питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення температури зовнішнього повітря

На отриманих графіках видно, що в холодну пору року, переважно в зимові місяці опалювального періоду, теоретичні значення питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та практично однакові, що в принципі характерно для даного періоду. Інша ситуація спостерігається в осінні та весняні місяці опалювального періоду. Питома характеристика витрати теплової енергії на опалення, отримана практично виявляється вище теоретичної, що свідчить про явному перевитраті теплової енергії на опалення в тепліші місяці опалювального періоду.

3.5 Розрахунок можливої економії теплової енергії

Для оцінки досягнутої потреби енергії на опалення та вентиляцію встановлено такі класи енергозбереження (таблиця 1.3) у % відхилення розрахункової питомої характеристики витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівлі від нормованої (базової) величини. Для об'єкта №3 приймемо клас енергоефективності В+. І тому введемо коефіцієнт ефективності рівний 0,7.

Розрахуємо можливу економію теплової енергії у грошовому еквіваленті для січня 2022р.

Визначимо різницю між питомою характеристикою витрати теплової енергії на опалення, отриманої на практиці, та теоретичною питомою характеристикою витрати теплової енергії на опалення за формулою:

$$\triangle q_{оп} = q^{п}_{оп} - q^{т}_{оп} * 0,7 , \quad (3.9)$$

$$\triangle q_{оп} = 0,197 - 0,213 * 0,7 = 0,048 \text{ Вт/(м}^3\text{°С)} = 95,92 \text{ Гкал.}$$

Тоді можливу економію, грн, у перерахунку на сьогоднішній день. день, можна визначити за формулою:

$$E = \triangle q_{оп} * Тте, \quad (3.10)$$

де Тте - тариф на теплову енергію для споживачів КП "КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО" на 2022 рік, грн./Гкал. Тте = 1472,08.

$$E = 95,92 * 1472,08 = 141201,9136 грн.$$

Для решти місяців можлива економія коштів розраховується аналогічно, тому отримані дані щодо них подаємо у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Можлива економія коштів для кожного місяця опалювального періоду

Дата	$\triangle q_{оп}$	$\triangle q_{оп}$	Можлива економія
	Вт/(м^3°С)	ГКал	грн
Жовтень 2020	0,055	62,79	92433,67
Листопад 2020	0,014	21,53	31693,49
Грудень 2020	0,019	34,87	51325,45
Січень 2021	0,000	0,00	0
Лютий 2021	0,091	172,85	254452,1
Березень 2021	0,078	124,63	183469,7
Квітень 2021	0,180	174,79	257309,13
Жовтень 2021	0,088	81,39	119816,5
Листопад 2021	0,004	6,70	9858,665
Грудень 2021	0,000	0,00	0
Січень 2022	0,048	95,92	141202
Лютий 2022	0,058	112,86	166144,4
Березень 2022	0,077	96,17	141563,2

продовження таблиці 3.5

Квітень 2022	0,135	138,26	203531,3
Жовтень 2022	0,065	65,56	96516,31
Листопад 2022	0,000	0,00	0
Грудень 2022	0,005	8,56	12607,9
Січень 2023	0,041	72,32	106462,5
Лютий 2023	0,057	89,47	131712,4
Березень 2023	0,089	120,25	177023,3
Квітень 2023	0,314	204,74	301390,6

З отриманих даних у таблиці 3.4, можна знайти середню можливу економію коштів у рік. Середня річна економія складе 826 172 грн.

Таким чином, можна дійти невтішного висновку, що у час система опалення недостатньо ефективна, що свідчить досить високий перевитрата теплової енергії на опалення. Тому для досягнення її економії необхідно докорінно переглянути існуючий режим регулювання системи опалення.

3.6 Підвищення енергетичної ефективності будівлі за рахунок зміни режиму роботи системи опалення

Одним із способів підвищення енергоефективності системи опалення є зміна її режиму роботи.

Регулювання теплового навантаження в даний час можливе кількома методами:

- зміною температури теплоносія – якісний метод;
- зміною витрати теплоносія – кількісний метод;
- спільною зміною температури та витрати теплоносія – якісно-кількісний метод.

Якісне регулювання здійснюється зміною температури при постійній витраті теплоносія. Якісний метод є найпоширенішим видом центрального регулювання водяних теплових мереж.

Кількісне регулювання відпуску теплоти здійснюється зміною витрати теплоносія при постійній його температурі в трубопроводі, що подає.

Якісно-кількісне регулювання виконується шляхом спільної зміни температури та витрати теплоносія.

У більшості випадків регулювання подачі теплової енергії на опалення регулюється відповідно до розроблених температурних графіків. Як правило, використовуються такі температурні графіки: 150/70, 130/70, 115/70, 105/70, 95/70. Вибирається графік залежно від місцевих умов. Будинкові системи опалення працюють за графіками 105/70 та 95/70. За графіками 150, 130 та 115/70 працюють магістральні теплові мережі.

На прикладі об'єкта № 3 проведемо перевірку щодо того, чи здійснюється регулювання відпуску теплової енергії згідно з температурним графіком.

Спочатку побудуємо графік Россандера для теоретичних і практичних значень витрати теплової енергії на опалення (рисунки 3.4, 3.5, 3.6). Вихідні дані побудови даного графіка представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для побудови графіка Россандера

Дата	Середня температура зовнішнього повітря	Витрата теплової енергії на опалення (практичні значення)	Кількість днів стояння середньої температури зовнішнього повітря	Витрата теплової енергії на опалення (теоретичні значення)
	°С	ГКал	Дні	ГКал
Опалювальний період 2020 – 2021 рр.				
Січень 2021	-18,5	342,17	31	381,1471

продовження таблиці 3.5

Лютий 2021	-12,9	423,13	59	262,5722
Грудень 2020	-8,2	294,47	90	269,6499
Листопад 2020	-4,8	222,91	120	210,0671
Березень 2021	-4,8	286,42	151	172,9489
Жовтень 2020	2,5	169,35	182	116,0032
Квітень 2021	4,8	211,63	212	50,46677
Опалювальний період 2021 – 2022 рр.				
Грудень 2021	-17,5	312,96	31	376,2029
Лютий 2022	-13,8	374,18	59	271,8859
Січень 2022	-11,2	381,71	90	297,5087
Листопад 2021	-7,2	235,05	120	236,6776
Березень 2022	0,9	193,92	151	107,6422
Квітень 2022	3,9	187,33	181	60,44572
Жовтень 2021	6	147	212	75,9026
Опалювальний період 2022 – 2023 років.				
Грудень 2022	-8,7	274,74	31	275,3785
Ноябрь 2019	-8,3	231,04	61	248,8741
Січень 2023	-7,5	316,36	92	255,1166
Листопад 2022	-7,1	292,07	120	202,5507
Березень 2023	-0,9	237,48	151	128,2653
Жовтень 2022	4,7	146,96	182	90,79711
Квітень 2023	8	178,65	212	0

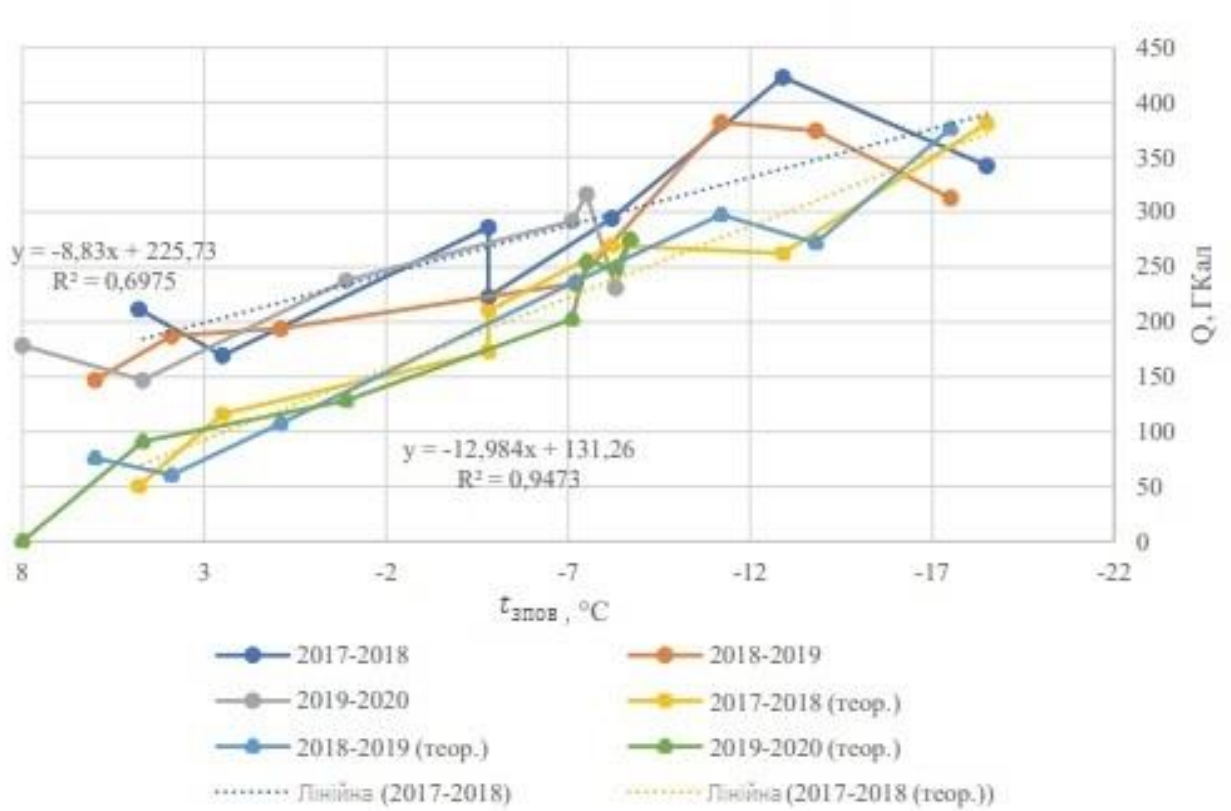


Рисунок 3.4 – Графік Россандера – залежність витрати теплової енергії на опалення від температури зовнішнього повітря



Рисунок 3.5 – Графік Россандера – залежність температури зовнішнього повітря від кількості днів її стояння

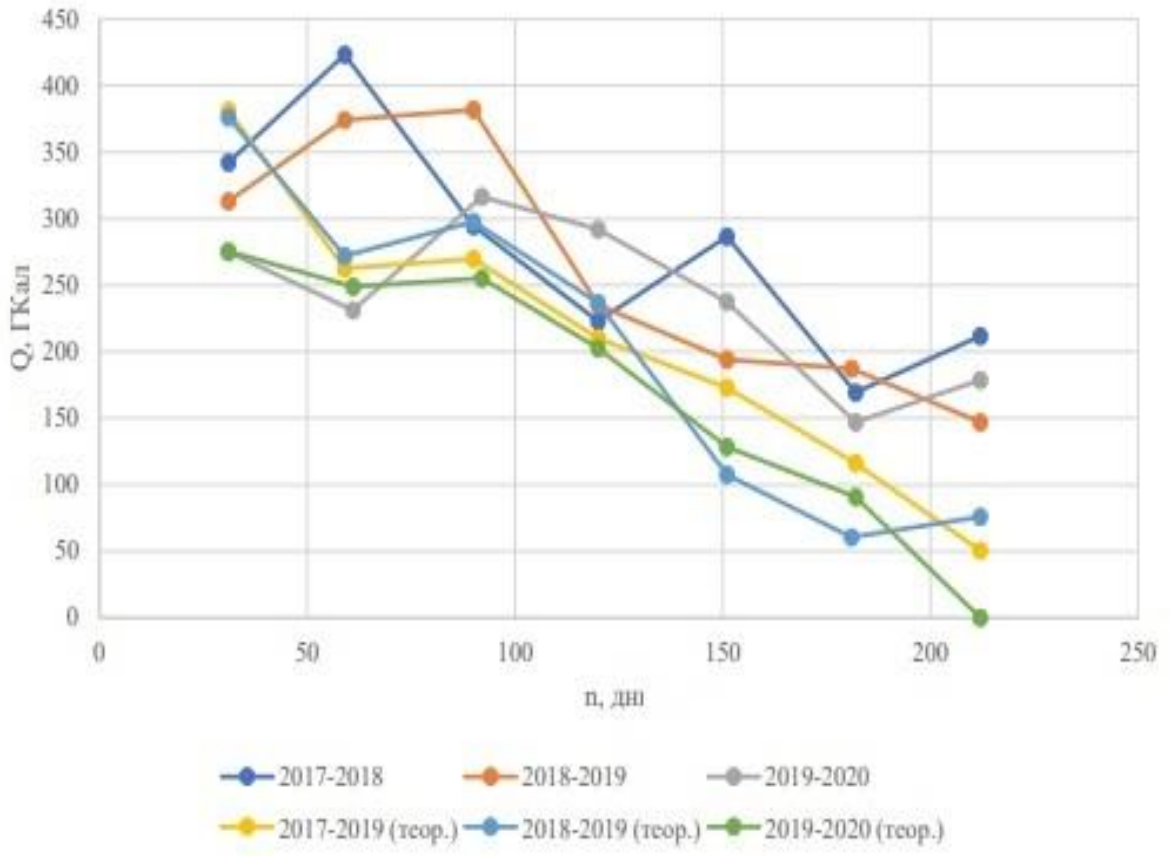


Рисунок 3.6 – Графік Россандера – залежність витрати теплової енергії від кількості днів стояння середньої температури зовнішнього повітря

Для того, щоб перевірити, чи справді відпуск теплової енергії здійснюється згідно з температурним графіком, необхідно побудувати залежність різниці температур подавальної та зворотної лінії від температури зовнішнього повітря для значень різниць температур за існуючим температурним графіком 95/70, для різниць температур теоретичних та практичних значень.

Для визначення різниці температур подавальної та зворотної лінії для теоретичних та практичних значень необхідно виконати лінійну апроксимацію (див. малюнок 3.4), в результаті якої отримаємо два рівняння лінійної залежності витрати теплової енергії на опалення від температури зовнішнього повітря для теоретичних та практичних значень. В даному випадку будемо апроксимувати лінії, що належать до опалювального періоду 2020 – 2021 років.

Використовуючи отримані рівняння, знайдемо різниці температур за

формулами:

Для теоретичних значень:

$$\Delta t = \frac{(-12{,}984 * t_{\text{зпов}} + 131{,}26) * c_{\text{в}} * 10^9}{4190 * 10^3 * G_{\text{в}}}, ℃ \quad (3.11)$$

Для практических значений:

$$\Delta t = \frac{(-12{,}984 * t_{\text{зпов}} + 131{,}26) * c_{\text{в}} * 10^9}{4190 * 10^6 * G_{\text{в}}}, ℃ \quad (3.12)$$

де $t_{\text{зпов}}$ — температура зовнішнього повітря, °С;

$c_{\text{в}}$ — теплоємність води, кДж/(кгК). $c_{\text{в}} = 4{,}19$;

$G_{\text{в}}$ — масова витрата теплоносія в системі опалення, т. $G = 22820$

Отримані дані різниць температур лінії подачі та зворотної лінії представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Значення різниць температур подавальної та зворотної лінії для температурного графіка 95/70, теоретичних та практичних значень.

Температура зовнішнього повітря	Т1	Т2	Різниця температур за температурним графіком	Різниця температур для практичних значень	Різниця температур для теоретичних значень
Одиниця виміру - °С					
8	41,2	35,8	5,4	6,79	1,20
7	42,7	36,8	5,9	7,18	1,77
6	44,1	37,7	6,4	7,57	2,34
5	45,5	38,7	6,8	7,95	2,91

продовження таблиці 3.6

Температура зовнішнього повітря	Т1	Т2	Різниця температур за температурним графіком	Різниця температур для практичних значень	Різниця температур для теоретичних значень
Одиниця виміру - °С					
4	46,9	39,6	7,3	8,34	3,47
3	48,3	40,6	7,7	8,73	4,04
2	49,7	41,5	8,2	9,12	4,61
1	51	42,5	8,5	9,50	5,18
0	52,4	43,3	9,1	9,89	5,75
-1	53,7	44,2	9,5	10,28	6,32
-2	55	45	10	10,66	6,89
-3	56,3	45,9	10,4	11,05	7,46
-4	57,6	46,7	10,9	11,44	8,03
-5	58,9	47,6	11,3	11,82	8,59
-6	60,2	48,4	11,8	12,21	9,16
-7	61,5	49,2	12,3	12,60	9,73
-8	62,8	50,1	12,7	12,98	10,30
-9	64	50,9	13,1	13,37	10,87
-10	65,3	51,7	13,6	13,76	11,44
-11	66,6	52,5	14,1	14,14	12,01
-12	67,8	53,3	14,5	14,53	12,58
-13	69	54	15	14,92	13,14
-14	70,3	54,8	15,5	15,30	13,71
-15	71,5	55,6	15,9	15,69	14,28
-16	72,7	56,3	16,4	16,08	14,85
-17	73,9	57,1	16,8	16,46	15,42
-18	75,1	57,9	17,2	16,85	15,99
-19	76,3	58,6	17,7	17,24	16,56

Використовуючи отримані дані побудуємо графік залежності різниці температур лінії подачі та зворотної лінії від температури зовнішнього повітря для температурного графіка 95/70, теоретичних і практичних значень (рисунок 3.7).

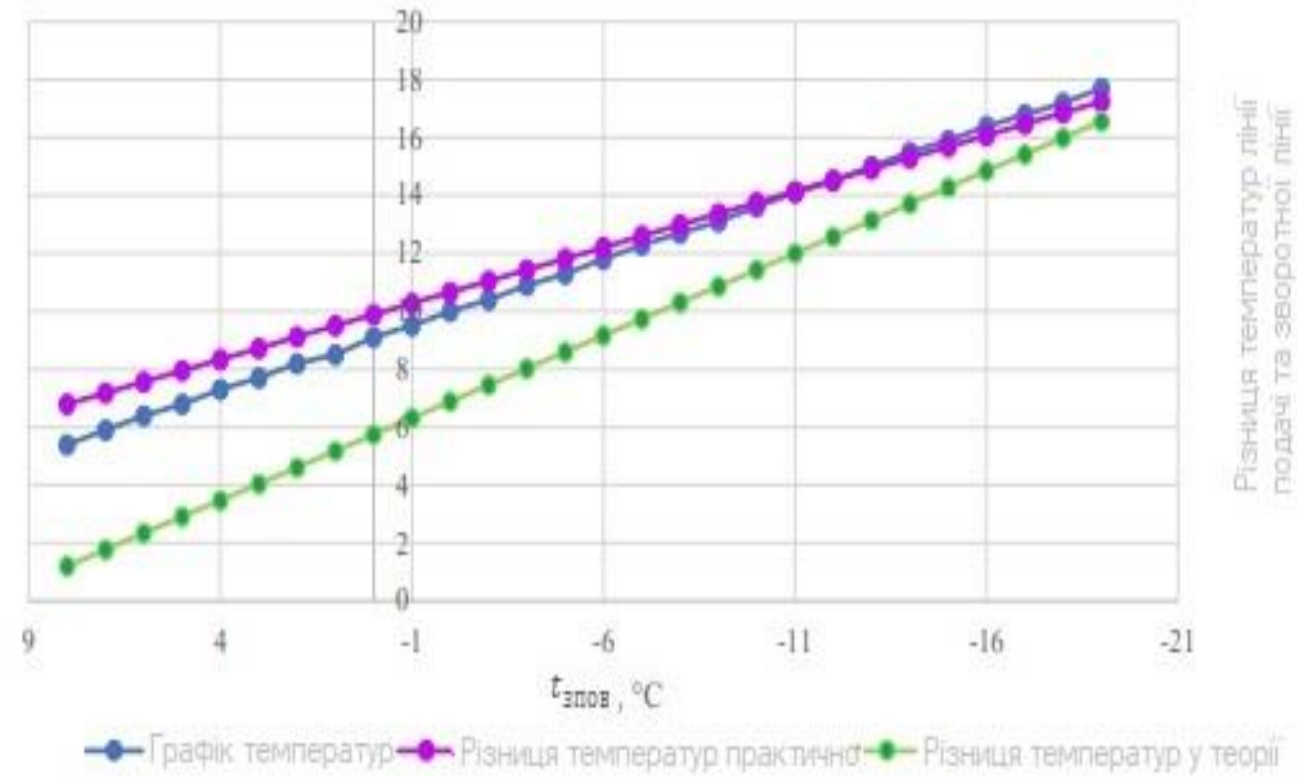


Рисунок 3.7 - Графік залежності різниці температур лінії подачі та зворотної лінії від температури зовнішнього повітря

З графіка, отриманого вище, можна зробити такі судження. На графіці зображені три лінії залежності різниці температур від зовнішньої температури. Синя лінія - це температурний графік, який на даний момент використовується для регулювання системи теплопостачання. Фіолетова лінія показує нам те, як ми цей температурний графік отримали в реальності, її відхилення від синій вказує на те, що насправді температурний графік, зашитий у систему автоматичного регулювання системи опалення, не виконується. Але якщо ми хочемо, щоб управління системою теплопостачання відповідало теоретичним даним, які ми отримали під час аналізу та математичної моделі, яку ми розробили, необхідно для регулювання системи теплопостачання

використовувати температурний графік, позначений на графіці зеленою лінією. Тому для підвищення енергоефективності системи теплопостачання нам просто необхідно використовувати інший тепловий графік, тому що регулювання, яке здійснюється на сьогоднішній день, не відповідає графіку Россандера.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Підвищення енергоефективності будівель в Україні сьогодні є стратегічним завданням. Енергоспоживання здебільшого багатоквартирних будинків є низькоефективним. У середньому, енергоспоживання у будинках у півтора рази вище, ніж у країнах зі схожим кліматом. Виходячи з того, що житловий сектор займає друге місце з енергоспоживання та має значний потенціал до енергозбереження, проблема енергоефективності будівель є актуальною.

2. У ході проведення даної роботи було детально розглянуто існуючі способи підвищення енергетичної ефективності будівель, наведено їх основні переваги та недоліки.

3. Було виконано аналіз споживання теплової енергії на опалення житловим сектором на прикладі 4 об'єктів теплопостачання. Даний аналіз включав оцінку питомих показників енергоспоживання, в результаті якої для об'єктів теплопостачання, що розглядаються, був підібраний свій клас енергоефективності; оцінку температурного режиму об'єктів теплоспоживання, у ході якої на деяких об'єктах було виявлено перевищення температури теплоносія зворотної лінії порівняно з температурним графіком; оцінку споживання теплоносія, в результаті якої було виявлено, що різниця витрат у лінії подачі та зворотної лінії у відсотковому співвідношенні не перевищує необхідного значення.

4. Були розраховані теоретичні питомі характеристики витрати теплової енергії на опалення житлових будівель та проведено їх порівняння з реальними значеннями, які були розраховані за даними від приладів обліку теплової енергії об'єктів, що розглядаються. В результаті порівняння даних характеристик було виявлено, що на практиці спостерігається досить високий перевитрата теплової енергії на опалення будівель, що свідчить про те, що система опалення насправді недостатньо ефективна. Виходячи з цього, була розрахована можлива економія теплової енергії в грошовому еквіваленті.

5. Проведено перевірку щодо того, чи справді відпустка тепла здійснюється згідно з температурним графіком, у ході якої було виявлено, що температурний графік, за яким здійснюється регулювання подачі теплової енергії на об'єкти теплопостачання не виконується. На підставі цього було зроблено висновок, що підвищити енергоефективність системи теплопостачання можна шляхом використання іншого температурного графіка, який був би наближений до теоретичних даних, отриманих у ході виконання дослідницької роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» Київ: Мінрегіон України, 2012. 68 с.

2. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві» Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. 94 с.

3. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» [чинний від 01.09.2013 р.] Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 168 с.

4. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [зі зміною №1 від 1 липня 2013 року] Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2007. 72 с.

5. ДБН А.3.1-5-2009 «Організація будівельного виробництва» – Київ:Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2010. 61 с.

6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» Київ : Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2011. 127 с.

7. ДБН В.1.2-10-2008 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд» Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. 11 с.

8. НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» Київ, 2007. 25 с.

9. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація Частина 1.Проектування, Частина 2 Будівництво» Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 113 с.

10.ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» Київ : Міністерство охорони здоров’я України, 1999. 12 с

11.Р.І. Кінаш. Технологія заготівельних та спеціальних монтажних робіт / Р.І. Кінаш, С.С. Жуковський Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 1999. 448 с.

12. Степанов М.В., Росковшенко Ю.К., Зінич П.Л. та ін. Теплогазопостачання і вентиляція: Навчальний посібник. Київ: КНУБА, 2004. 204 с.

13.Ваничек, І. Геотехнічні проблеми в будівництві об'єктів в Європі та Україні / І. Ваничек // Світ геотехніки. 2011. № 2. С. 28-32.

14.Гідравліка та гідропривод: конспект лекцій / Уклад.: А.В. Ворфоломеєв. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 178 с.

15. Білецький, А. А. Організація і технологія будівельних робіт : навчальний посібник / А. А. Білецький. Рівне : НУВГП, 2007. 202 с.

16. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб./М.Ф.Боженко, В.П.Сало, Київ: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. 192 с.

17. Матказіна Р.Р. Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря. Методичні вказівки/ Матказіна Р.Р., Чижов С.Є. Запоріжжя. 2018. 77с.

18. Гоц, В. І. Технологія будівельних алюмінієвих конструкцій [Текст] : підручник / В. І. Гоц, О. Г. Гелевера, В. М. Фролова. Київ : КНУБА, 2007. 379 с.

19. Крючков Є.М. Проектування системи теплопостачання/ Крючков Є.М., Запоріжжя, 2010. 300с.

20. Екологія в будівництві [Текст] : навчальний посібник / за ред. Р. А. Кизими. Харків : Бурун Книга, 2007. 223 с.

21. Барзилович Д. В. Технічне регулювання - фактор забезпечення реалізації державної політики у будівництві / Д. В. Барзилович // Промислове будівництво та інженерні споруди. 2011. № 3. С. 2-6.

22. Любарець О.П. Проектування систем водяного опалення/ Любарець О.П.,Зайцев О.М., Любарець В.О., Київ, 2010. 201 с.

23. Андрійчук В. Шляхи досягнення енергетичної безпеки /В. Андрійчук // Політика і час. 2006. № 12. С. 35–38.

24. Ахромкін Є. М. Методична база оцінки ефективності ресурсо-зберігаючих технологій [Електронний ресурс] / Є. М. Ахромкін //Ефективна економіка. 2011. № 1. URL :http://www.eco№omy .№ayka.com.ua/?op=1&z=443 (дата звернення 18.12.2024 р.)

25. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (IEN 15251:2007, IDT).

26. Бевз В. В. Розвиток механізму енергозбереження на підприємствах харчової промисловості / В. В. Бевз // Вчені записки: зб. наук.праць. Київ : КНЕУ, 2011. № 13. С. 169−173

27. Бойко Н. О. Обґрунтування ефективного впливу енергозберігаючих технологій на економічну безпеку підприємств/ Н. О. Бойко,В. Ф. Коротчин // Вісн. економіки транспорту і промисловості. 2012. № 39. С. 7−10.

28. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. Київ, Гама-Принт, 2009. 242 с

29. Войнаренко М. П. Аналіз впливу мотивуючих факторів на результати діяльності машинобудівних підприємств / М. П. Войнаренко, С. І. Гребінська // Вісник економічної науки України. 2012. № 1 (21). С. 41–44.

30. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Інформація та документація. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. Мінрегіонбуд Укрнаїни, Київ. 2015. 29с.

31. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків / Г.Г. Фаренюк // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування : сб. науч. тр. Вип. 50, Дніпро : ГВУЗ ПГАСА, 2009. С. 593–597.

32. Гайдуцький А. П. Методологічні аспекти інвестиційної привабливості економіки / А. П. Гайдуцький // Регіональна економіка. 2004. № 4. С.81–86.

33. Галузева програма з енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року . Київ : Мінпромполітики України. 2009. 123 с.

34. Гаращук О. В. Кількісна оцінка інвестиційних ризиків /О. В. Гаращук, Н. О. Целіна, О. Д. Мельниченко // Вісн. Економічної науки України. 2009. № 1. С. 55–57.

35. Дем'янишин В. Г. Сучасний стан та тенденції енергозбереження в Україні та світі [Електронний ресурс] /В. Г. Дем'янишин, С. В. Кулибаба // Економічні науки. Серія «Облік і фінанси». Випуск 7 (25). Ч. 4. 2010.

36. Денисюк С. П. Перші кроки до створення дієвих механізмів стимулювання розвитку альтернативної енергетики в Україні/ С. П. Денисюк, О. Б. Рибіна, В. О. Негодуйко // Праці інституту електродинаміки НАН України. 2011. № 30. С. 5–14.

37. Деякі питання використання коштів у сфері енергоефективності та енергозбереження: Постанова Кабінету міністрів України 17.10.2011 URL : http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/mai№.cgi?nreg=1056-2011-%EF (дата звернення 28.12.2024 р.)

38. Джеджула В. В. Визначення резервів збільшення прибутку від енергозберігаючих заходів / В. В. Джеджула // Економічний аналіз. 2012. Вип. 11. Ч. 2. С. 198–202.

39. Джеджула В. В. Використання теорії нечіткої логіки при прийнятті рішень з підвищення енергоефективності промислового підприємства/ В. В. Джеджула // Вісн. Хмельниц. нац. університету. Економічні науки Т. 1. 2012. № 6. С. 7–11.

40. Долінський А. А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики/ А. А. Долінський // Вісн. НАН України 2006. № 2. С. 24–32.

41. Дудар І. Н. Енергетична галузь України. Сьогодення і пріоритети розвитку / І. Н. Дудар, В. В. Швець // Екологічний вісн. 2004. № 6. С. 11–12.

42. Карабут Г. В. Енергетична політика України: шлях до ефективності / Г. В. Карабут // Энергосбережение. 2005. № 10. С. 21–26.

43. Скребнєва С.М. Дисертаційна робота. Ефективні енергозберігаючі огороджуючі конструкції житлових будинків та споруд / С.М. Скребнєва // Київ, 2013. 167 с.

44. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні URL : https://ecotown.com.ua/news/SHist-krokiv-do- enerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukrayini/ (дата звернення 15.12.2024 р.)

45. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла URL: https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/ (дата звернення 28.12.2024 р.)

46. Alderfer C. Existence, Relatednes and Growth / C. Alderfer. –New York : Free Press, 1972. – 230 p.

47. Bellman R. Applied Dynamic Programming / R Bellman,S. Dreyfus. – Princeton: Princeton University Press, 1962. 364 p.328

48. Energy audits for industry. Fuel efficiency booklet. 1993. № 1. 65p.

49. Energy in Europe. European Union Outlook to 2020. SpecialIssue. november 1999. Paris : EC, 1999.

50. Hoshide R. K. Energy conservation measures: which projectsshould we select / Robert K. Hoshide // Strategic planning for energy endenvironment. 1997. № 4. P. 6–17.

51. Investment appraisal for industrial energy efficiency. Good practice guide. 1993. № 69. 81 p.

52. McGregor D. The Human Side od Enterprice / D. McGregor. New York : McGraw-Hill, 1960. 239 p.

53. Modigliani F. The Cost of Capital, Corporation, Finance, and the Theory of Investment / F. Modigliani, M. H. Miller // American Economic Review, June 1958. P. 261–297.

54. Pearl J. Bayesian networks: A Model of Self-Activated Memory for Evidential Reasoning (UCLA Technical Report CSD-850017) // 7th Conference of the Cognitive Science Society, University of California, Irvine, CA. 2009. P. 329−334.

55. Riedle K. Research and Development in Power Plant Engineering / Riedle K., Taud R. // VGB PowerTech. 2001. №1.

56. Vroom Victor H. Work and Motivation / Victor H. Vroom. New York : Wiley, 1964. – 135 p.

57. Woodroof E. Financial Arrangement for Energy Management Projects. / Woodroof E., Turner W. – Oklahoma: School of Industrial Engineering and Management, 2003.