

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

на тему: «Енергетичний аудит систем енергопостачання

бібліотечного закладу»

спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(Енергетичний менеджмент)

Виконавець роботи

Макаров В.В.

(прізвище і ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

*В роботі не виявлено текстових,  
ілюстративних та інших запозичень  
без коректного на них посилання*

Випускна робота  
захищена на засіданні  
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Антоненко С. С.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

Секретар комісії \_\_\_\_\_

(підпис)

Суми 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 с., 12 таблиць, 6 рисунків, 2 додатки, 15 літературних джерел.

Графічні матеріали: енерготехнологічна схема будівлі, що обстежується, результати тепловізійного обстеження, розрахунковий аналіз теплового балансу будівлі, економічний аналіз

*Мета роботи:* проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка енергозберігальних заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

*Предметом дослідження* є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі бібліотеки-філії №4 (БФ №4) Сумської міської ради, аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

*Об'єктом дослідження* є використання енергоносіїв в БФ №4.

*Методи дослідження:* економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

Тема роботи – «Енергетичний аудит систем енергопостачання бібліотечного закладу».

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

### РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	7
1.1 Вивчення діючої і проектної документації .....	7
1.2 Результати аналізу ефективності функціонування інженерних систем, споживання енергоресурсів.....	8
1.2.1 Характеристика систем енергозабезпечення об'єкту.....	8
1.2.2 Ознайомлення з умовами використання ПЕР.....	9
1.2.3 Аналіз обсягів використання ПЕР на об'єкті енергетичного обстеження.....	10
1.3 Інструментальне обстеження.....	12
1.3.1 Аналіз результатів вимірювання температури повітря .....	12
1.3.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження.....	13
1.4 Визначення відповідності величини фактичного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій до нормативного значення.....	16
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ БУДІВЛІ .....	18
2.1 Визначення основних видів втрат теплової енергії на досліджуваному об'єкті .....	18
2.2 Розрахунок теплонадходжень на досліджуваному об'єкті.....	19
2.3 Визначення максимального рівня теплової потужності системи опалення на досліджуваному об'єкті.....	20
3 ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ .....	23
3.1 Розробка енергоефективних заходів для впровадження.....	23
3.2 Розрахунковий аналіз економії ПЕР від запровадження енергозберігаючих заходів.....	24
3.2.1 Утеплення стін і суміщеного перекриття (горищне перекриття).....	24
3.2.2 Замінна віконних отворів.....	27
3.2.3 Встановлення зарядіаторних рефлекторних (теповідбивних) екранів.....	28
3.2.4 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі .....	28
4 ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАХОДІВ 3 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	31
4.1 Методика розрахунку показників ефективності.....	31

					<b>6.144.10 БР 00 ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Енергетичний аудит системи енергопостачання бібліотечного закладу</i>	Лит.	Лист	Листів
Розробив	Макаров						3	47
Перевірив	Антоненко							
Н. Контр.	Антоненко					<b>СумДУ ЕМ-61</b>		



## ВСТУП

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – це обстеження підприємств різної сфери та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-3].

Енергоаудит відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином, енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм безупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, ревізія до якогось даного еталона.

Предметом енергетичного аудита є споживання палива і енергії, аналіз і надання рекомендацій по ефективному використанню енергоресурсів.

Основною метою енергетичного аудита є пошук можливостей енергозбереження і допомога господарським суб'єктам у визначенні напрямків ефективного енергозбереження.

Об'єктом енергетичного аудита може бути установа різної форми власності, підприємство.

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

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

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-3].

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

### **Мета та призначення представленої роботи:**

Розробка енергоефективних заходів для впровадження (визначення потенціалу енергоощадності в натуральних та фінансових показниках для запропонованих енергоефективних заходів, ранжування заходів за пріоритетністю) в умовах обстежуваної будівлі БФ №4.

						Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### **Задачі, які вирішуються при проведенні розрахункових робіт:**

Виявлення місць втрат теплової енергії та її нераціонального використання у системі тепlopостачання. Аналіз дійсного стану системи вентиляції з подальшим співвідношенням отриманих показників обстеження з нормативними вимогами.

Визначення енергетичного балансу об'єкту за видами тепловтрат та теплонадходженнями.

Опис енергозбережних заходів, які плануються до впровадження на об'єкті.

Розрахунковий аналіз скорочення споживання енергоресурсів після впровадження енергозбережних заходів.

Корегування отриманих розрахункових результатів економії ПЕР по відношенню до базового рівня енергоспоживання.

Розрахунок економічних показників пропонуваніх енергоефективних заходів (простий та дисконтований строк окупності на базі прогнозованих тарифів).

### **Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження:**

- проектна документація на об'єкт обстеження;
- документація обліку споживання ПЕР об'єктом.
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що діють на території України.

### **Склад робіт енергетичного обстеження, які проводилися на об'єкті:**

1. Ознайомлення з проектною документацією на будівлю та інженерні мережі. Збір первинної інформації про об'єкт. Систематизація та узагальнення отриманих даних із технічної документації.

2. Проведення інструментального обстеження будівлі та інженерних мереж. Обробка результатів інструментального обстеження:

– Тепловізійна зйомка зовнішніх огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, вікон, входних дверей, даху).

– Тепловізійна зйомка інженерних систем виявлення дефектів в системах опалення (трубопроводи, опалювальні прилади та ін.).

– Вимірювання параметрів внутрішнього мікроклімату при звичайному режимі роботи об'єкта: внутрішня температура приміщення; вологість; швидкість потоку внутрішнього повітря; температура внутрішньої поверхні стін;

– Вимірювання параметрів системи вентиляції.

3. . Розробка енергозбережних заходів з економії ПЕР.

										Лист
										6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Вивчення діючої і проектної документації

Бібліотека №4 є комунальним закладом Сумської міської ради. Будівля розташована за адресою:

пров. Веретенівський, 8, м. Суми, Сумська область, 40020

Будівля бібліотеки була побудована у 1953 році. У 1974 році було добудоване приміщення в яке згодом було переміщено частину залів бібліотеки.

Будівля бібліотеки займає загальну площу 573 м<sup>2</sup>. У закладі встановлений шестиденний робочий тиждень. Вихідні дні: субота. Робочий графік роботи закладу: з 9<sup>00</sup> години до 19<sup>00</sup> години.

Архітектурно-планувальна конструкція не відповідає сучасним вимогам енергоефективності експлуатації будівлі. А саме, застарілі та пошкоджені віконні конструкції, стіни з локальними пошкодженням, застарілі конструкції вхідних дверей у будівлю, занедбаний стан горищного перекриття та даху. Вказані фактори обумовлюють погіршення умов тепломасовологісного стану всієї будівлі у цілому.

Підтримання комфортних температур у приміщеннях вимагає великих витрат теплової енергії. Незадовільний стан вікон застарілої конструкції спричиняють надмірну інфільтрацію холодного повітря до читальних залів, кабінетів та робочих приміщень. Все у сумі підвищує надмірне споживання теплової енергії усією будівлею бібліотеки.

Технічна характеристика огорожувальних конструкцій будівлі представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна технічна характеристика огорожувальних конструкцій бібліотеки

№ п/п	Найменування частин будинку	Коротка технічна характеристика
1	Фундамент	Цегляний, стрічковий на вапняному розчині
2	Зовнішні стіни	Цегляні, піщано-цементна штукатурка, керамічна плитка
3	Внутрішні стіни	Цегляні, оштукатурені, пофарбовані, шпалери
3	Перекриття	Залізобетонні плити, гравій керамзитовий
4	Перегородки	Цегляні та дерев'яні
5	Дах	Шифер
6	Підлога	Бетонна стяжка, дерев'яні дошки
7	Віконні заповнення	Дерев'яні, пластикові
8	Дверні заповнення	Дерев'яні та металеві

						Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Результати аналізу ефективності функціонування інженерних систем, споживання енергоресурсів

### 1.2.1 Характеристика систем енергозабезпечення об'єкту

Основними системами, що забезпечують функціонування будівлі бібліотеки, являються системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання, вентиляційна система. Система водовідведення – відсутня. Гаряче водопостачання відсутнє.

#### **Система теплопостачання**

Теплопостачання БФ №4 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з КППВ ТОВ «Сумський машинобудівний завод» договір МБЗ 6/1600031 від 02.03.2016 року.

Схема енергопостачання надана у додатку А.

Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, повністю ізольовані.

Система теплової мережі бібліотеки однотрубна; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна.

Магістральні розподільчі трубопроводи, прокладені під землею та в підвальному приміщенні.

Досліджувана система опалення включає наступне устаткування:

- подавальні стояки;
- підводки;
- опалювальні прилади;
- запірно-регулююча арматура;
- зворотний трубопровід.

В якості опалювальних приладів використовуються в основному чавунні секційні радіатори. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні.

Доступ до опалювальних приладів необмежений. Система теплопостачання закладу має ряд експлуатаційних недоліків, які впливають на якість теплопередачі від приладів опалення (відсутність регулювання роботою системи, залежне під'єднання до централізованої системи опалення, погіршений циркуляційний тиск), в результаті чого температура у деяких приміщеннях закладу не відповідає нормативним показникам, що призводить до погіршення комфортних умов перебування в приміщеннях і вимагає використання додаткових джерел теплової енергії.

#### **Система водопостачання.**

Постачання води до БФ №4 здійснюється централізовано від мереж КП «Міськводоканал» Сумської міської ради договір № 184 від 01.06.2011 року. Подача води забезпечується за рахунок тиску зовнішньої водопровідної мережі. Об'єми споживання води обраховуються лічильником, що належить закладу.

						Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Внутрішня мережа холодного водопостачання складається з наступних елементів:

- ввід водопроводу в будівлю;
- пункт обліку з лічильником;
- розподільні трубопроводи виконані зі сталевих та пластикових труб;
- запірно-регулююча арматура (засувки, вентилі).

### **Система електропостачання та освітлення**

Електропостачання БФ №4 здійснюється на підставі договору з ВАТ «Сумиобленерго» номер договору № 36 від 09.03.2010 року.

Джерелом постачання електроенергії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ПАТ «Сумиобленерго».

До основних технічних енергоспоживаючих систем будівлі бібліотеки належать:

- система освітлення;
- технологічне обладнання.

До основного електроспоживаючого обладнання закладу належать: холодильник, комп'ютери, принтери, електричні чайники.

Систему освітлення складають світильники з лампами розжарювання та люмінесцентними лампами. Ламп розжарення 2 штуки одиничною потужністю 40 Вт, люмінесцентних ламп 102 штуки одиничною потужністю 20 Вт. Та зовнішні світильники 1 штука одиничною потужністю 100 Вт.

### **1.2.2 Ознайомлення з умовами використання ПЕР**

#### **Система теплопостачання**

Згідно договору заклад щомісячно заклад отримує акт прийому-передачі теплової енергії, та рахунок за спожиту теплову енергію. Розрахунок за спожиту теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Вузол обліку теплової енергії розташований у теплопункті в підвальному приміщенні, де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж.

Технічними умовами передбачено встановлення багатфункціонального електронного лічильника тепла типу МТ-Q<sub>n</sub> 2,5 А 150.

Періодично проводиться планове гідропневматичне промивання системи опалення. Основними завданнями персоналу, що обслуговує теплопункт є :

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

Відповідальний за теплогосподарство і теплозабезпечення в бібліотеці – завідувач бібліотекою-філією №4.

#### **Система холодного водопостачання.**

						Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодне водопостачання здійснюється згідно договору на водопостачання, який укладено з КП «Міськводоканал» Сумської міської ради.

Кількість спожитої холодної води визначається лічильником обліку холодної води PREMEX VLX(90) Qn 1,5, що встановлений на ввіді у підвальному приміщенні нового корпусу.

Періодичність повірки - один раз на 3 роки.

### **Система електропостачання**

Облік спожитої електроенергії здійснюється згідно з вимогами ПУЕ та ПКЕЕ. Оплата за спожиту електроенергію здійснюється щомісячно, на основі показань приладів обліку і рахунків від енергопостачальної організації (розрахунковий період - місяць).

Комерційний облік спожитої активної електричної енергії на даний момент здійснюється за допомогою встановленого лічильника активної енергії Энергомера ЦЭ68038.

Лічильники реактивної потужності в закладі відсутні, тому об'єми споживання реактивної електроенергії, величину оплати за реактивну потужність розраховує ПАТ «Сумиобленерго».

У штаті працівників наявний працівник з групою допуску для виконання оперативної роботи по електрогосподарству, який працює у центральній бібліотеці, при необхідності і філії бібліотеки №4.

#### **1.2.3 Аналіз обсягів використання ПЕР на об'єкті енергетичного обстеження**

Максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на лютий і грудень, а мінімум – на жовтень і квітень. Різниця у споживанні теплової енергії за аналогічними періодами кожного року пояснюється різною температурою зовнішнього повітря.

Характер споживання електричної енергії залежить від використання енергоспоживаючого обладнання, режимів його роботи, що пов'язано з кількістю робітників та відвідувачів у закладі у відповідний період. В літній період збільшується світловий день і, як результат, зменшується споживання електроенергії на освітлення приміщень

Виходячи з результату аналізу обсягів споживання води закладом можна стверджувати, що бібліотека-філія №4 не перевищує встановлених лімітів, які різняться за кожним роком.

Для надання загальної характеристики обсягів витрат ПЕР і води та визначення першочергових можливих напрямків економії енергоспоживання, наведено порівняльну діаграму витрат коштів у відсотках на споживання електричної, теплової енергії та холодної води по будівлі. Дана діаграма представлена на рисунку 1.1.

										Лист
										10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

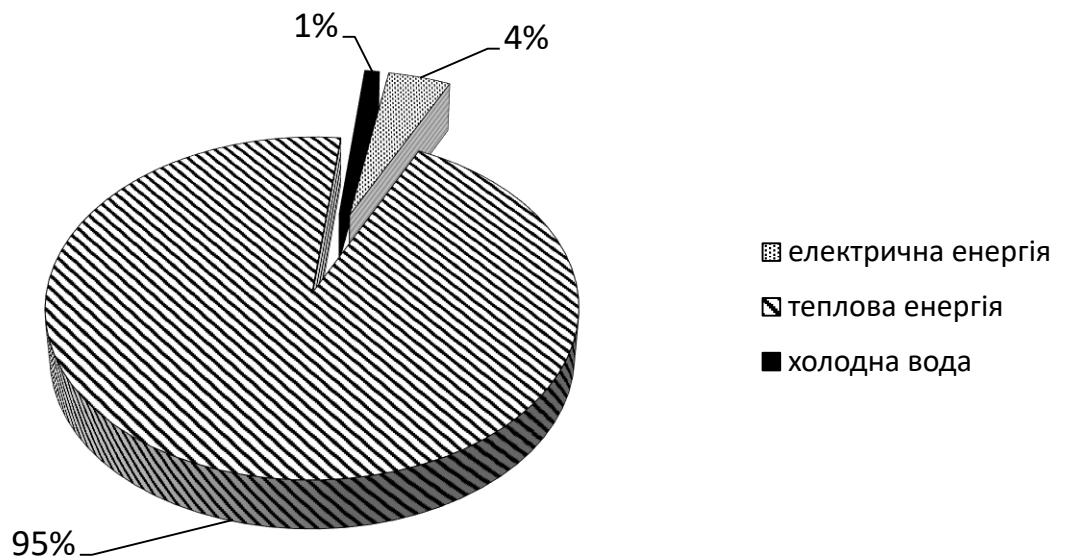


Рисунок 1.1 – Співвідношення витрат коштів на споживання енергоресурсів та води.

Проаналізувавши зображену на рисунку 1.1 діаграму можна зробити висновок, що найбільше витрат в БФ №4 направлено на споживання теплової енергії. Тому, першочерговим напрямком впровадження енергозбережних заходів щодо економії витрат на експлуатацію будівлі є заходи з раціонального використання теплової енергії.

### 1.3 Інструментальне обстеження

Під час проведення енергетичного аудиту БФ №4 використовувались наступні вимірювальні прилади:

- універсальний вимірювач температури та вологості повітря;
- тепловізор;

У період проведення обстеження температура зовнішнього повітря становила  $-1^{\circ}\text{C}$ , а середня температура всередині приміщень становила  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.3.1 Аналіз результатів вимірювання температури повітря

Для визначення температури повітря в приміщеннях та ззовні використовувався універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси Testo 605-N1 (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

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

Результати вимірювання температури у приміщеннях, у яких проводилося енергетичне обстеження представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати вимірювання температури за приміщеннями

Назва приміщення	Температура усередині, $^{\circ}\text{C}$	Вологість, %	Точка роси, $^{\circ}\text{C}$
Вестибюль	17,2	55,5	10,3
	17,3	55,4	10,5
	17,5	53,5	10,4
	17,5	53	10,3
Коридор (хол)	20,4	50,9	9,9
	20,7	51,1	10,3
	21,1	51,1	10,2

Назва приміщення	Температура усередині, °С	Вологість, %	Точка роси, °С
	21,3	49,6	10,1
Дитячий абонемент	22,2	46,3	10,1
	22,4	46,3	10,3
	22,6	46	10,3
	22,6	46	10,3
Читальний зал	20	48,8	9,2
	19,9	50,3	9,1
	19,8	50,7	9,5
	19,8	51	9,4
Абонемент для дорослих	20,8	48,6	9,6
	20,5	48,8	9,4
	20,5	49,9	9,7
	20,4	50,2	9,6
Кабінет завідувачої	20,6	51,1	10,3
	20,9	50,8	10,3
	21	49,9	10,2
	21,3	49,3	10,2

За отриманими результатами вимірювання температури повітря в робочих приміщеннях можна зробити висновок, що у більшості приміщень будівлі температура повітря на момент проведення енергетичного обстеження відповідала сучасним нормам за температурними показниками [4]. Згідно чинних нормативних вимог, температура у приміщеннях повинна бути 21–22<sup>0</sup>С. Але, якщо враховувати дійсний стан огорожувальних конструкцій та ряд недоліків роботи системи опалення, при набагато нижчій температурі зовнішнього повітря, всередині приміщень температура не перевищує 17<sup>0</sup>С. Більш детальне виявлення причин втрат теплоти, що надходить від системи опалення, проведене за допомогою тепловізійного обстеження.

### 1.3.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження

Результати тепловізійного обстеження будівлі БФ №4, які характеризують стан зовнішніх огорожувальних конструкцій ззовні та зсередини, представлені у додатку Б. Отримані термограми вказують на місця найбільших втрат теплової енергії на об'єкті дослідження.

Для визначення температури, стану огорожувальних конструкцій будівель, місць втрат тепла, порушень роботи опалювальних приладів використовувався тепловізор FlukeTi25 (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Тепловізор FlukeTi25

Під час тепловізійного обстеження було зроблено 20 термограм. Детальний аналіз термограм дав можливість виявити місця найбільших втрат тепла. Загальну характеристику причин втрат теплоти у будівлі наведено нижче за окремими конструктивними елементами огорожувальних конструкцій.

### **Віконні отвори**

З отриманих термограм видно, що основні втрати тепла у будівлі відбуваються через застарілі дерев'яні віконні отвори. Незадовільний стан значної кількості вікон є результатом порушеної щільності прилягання віконних стулок, послаблення штапикового притиснення скла до елементів віконних конструкцій та деформація конструктивних елементів віконної рами. Це призводить до значного проникнення холодного повітря всередину приміщень. На термограмах місця втрат теплової енергії у віконних конструкціях представлені темно-синьою кольоровою палітрою. Холодні ділянки на термограмах віконних отворів займають у більшості випадків майже увесь периметр місць прилягання віконних стулок та кватирок до основної рами вікна, а також, місця стику віконної рами зі стіною.

### **Огороджувальні конструкції**

Будівля бібліотеки побудована ще в 1953 році. За весь час її експлуатації стінові конструкції значно втратили свої теплозахисні властивості. Наявні вивітрювання міжцегляної стінової кладки; локальна руйнація елементів стінових конструкцій; зволоження матеріалу огорожувальних конструкцій, відсутність належного утеплення горищного перекриття, все це значно погіршує енергоефективність експлуатації будівлі.

Можна стверджувати, що фізичне зношення стінових конструкцій призводить до значних тепловтрат з будівлі. Це позначається на величині витрат теплової енергії для підтримання прийнятної (комфортної) температури повітря всередині приміщення.

Великі втрати тепла відбуваються через конструктивні стики та кути між стінами, а також між стінами і стелею. Середня температура внутрішньої поверхні

										Лист
										14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

проблемних зовнішніх стін та стелі досягає точки роси. Це призвело до зволоження стін і прискорення їх руйнації, особливо в місцях стику між неутепленими стінами.

Також великі втрати теплоти з будівлі відбуваються через незадовільний стан зовнішніх входних дверей.

Треба відмітити, що у будівлі система опалення працює частково задовільно, але при існуючому стані огорожувальних конструкцій значна частина теплової енергії втрачається у зовнішнє середовище.

За загальним підсумком результатів тепловізійного обстеження, треба відмітити, що значну величину втрат теплоти у будівлі можна ліквідувати, якщо провести комплексний ремонт всіх віконних отворів, зовнішніх дверей та зовнішніх стінових конструкцій.

### **Система вентиляції на об'єкті**

В приміщеннях будівлі діє вентиляція з природнім спонуканням, припливний потік свіжого повітря забезпечується за рахунок відкривання квартирних вікон та нещільностей в огорожувальних конструкціях.

У будівлі наявна природна витяжна вентиляція здійснюється через канали, що прокладені в товщі стін та виводяться вище рівня даху приблизно на 0,5-0,7 м. Припливні та витяжні решітки встановлені на каналах під стелею. Засоби регулювання на вихідних отворах не встановлені. Повітря і вуглекислий газ, піднімаючись до стелі, втягуються у вентиляційні ґратки і далі через них виходить у навколишнє середовище. Регулювання роботою системи вентиляції відсутнє.

Заходи з очищення вентиляційних каналів останнім часом не здійснювались.

										Лист
										15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

#### 1.4 Визначення відповідності величини фактичного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій до нормативного значення

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове виконання умови [4]:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (1.1)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  - приведений опір теплопередачі непрозорої або світлопрозорої огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K / Вт$ ;

$R_{q min}$  - мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K / Вт$ . Встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку [4].

Розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{s=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_з} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{s=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_з}, \quad \frac{m^2 \cdot K}{Вт} \quad (1.2)$$

де  $\alpha_в$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $Вт / (m^2 \cdot K)$  [4];

$\alpha_з$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції  $Вт / (m^2 \cdot K)$  [4];

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

$\delta_i$  - товщина і-го шару огорожувальної конструкції, м;

$n$  - кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку;

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

Розрахункові умови експлуатації при визначенні опору теплопередачі огорожувальних конструкцій приймаються залежно від розрахункового вологісного режиму експлуатації приміщення та конструктивного рішення огородження.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусу закладу, який обстежується, представлені у таблиці 1.3.

						Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 1.3 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Тепло-провідність $\lambda_{ip}$ , Вт/м·К	$R_{\Sigma пр}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	$R_{q \min}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
1	Стіна	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,395	0,81	0,68	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,02	0,81		
		Керамічна плитка	0,01	1,1		
2	Горищне перекриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	2,1	4,95
		Гравій керамзитовий	0,2	0,13		
3	Вікна	Дерев'яні	–	–	0,27	0,75
		Пластикові	–	–	0,54	
4	Вхідні двері	Металеві	0,045	50	0,17	0,5
5	Підлога	Бетонна стяжка	0,2	1,86	0,32	3,75
		Дерев'яна дошка	0,03	0,41		

Отримані результати ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [4]. Можна зробити висновок про незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх стін, горищних перекриттів та віконних отворів, це вимагає впровадження енергозбережних заходів щодо збільшення опору теплопередачі, тобто проведення робіт з теплоізоляції стін та заміни вікон.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ БУДІВЛІ

Даний розрахунок необхідний для визначення обсягів втрат теплової енергії, щоб встановити потенціал економії споживання енергоносіїв після впровадження енергозберіжних заходів [4].

2.1 Визначення основних видів втрат теплової енергії на досліджуваному об'єкті

Величини теплових втрат за їх видами у закладі при дійсному стані огорожувальних конструкцій (див. табл. 1.3), внутрішній температурі приміщень  $t_e=20^{\circ}\text{C}$  (за результатами проведених вимірювань) та розрахунковій температурі зовнішнього повітря  $-22^{\circ}\text{C}$  [5] наведені в таблиці 2.1.

### Розрахунок тепловтрат по будівлі

Таблиця 2.1 – Величини тепловтрат по будівлі

ВИДИ ТЕПЛОВТРАТ							
Через стіни, $Q_{стн}$ , кВт	Через вікна, $Q_{вкн}$ , кВт	Через підлогу, $Q_{пл}$ , кВт	Через стелю, $Q_{стл}$ , кВт	Через двері, $Q_{дв}$ , кВт	Додаткові втрати через огорожувальні конструкції, $\sum Q^o$ , кВт	На інфільтрацію через вікна і двері, $\sum Q_{вкн}^{инф}$ , кВт	На витяжну вентиляцію $Q_v$ , кВт
26,45	8,58	3,51	10,2	0,7	4,16	3,46	8,85

Таким чином, сумарні тепловтрати будівлі, що обстежується, становлять:

$$\sum Q_{втр} = 26,45 + 8,58 + 3,51 + 10,2 + 0,7 + 4,16 + 3,46 + 8,85 = 66\text{кВт}$$

Тепловий баланс за результатами розрахункового аналізу тепловтрат по будівлі БФ №4 у вигляді порівняльної діаграми у відсотковому співвідношенні представлено на рис. 2.1.

							Лист
							18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

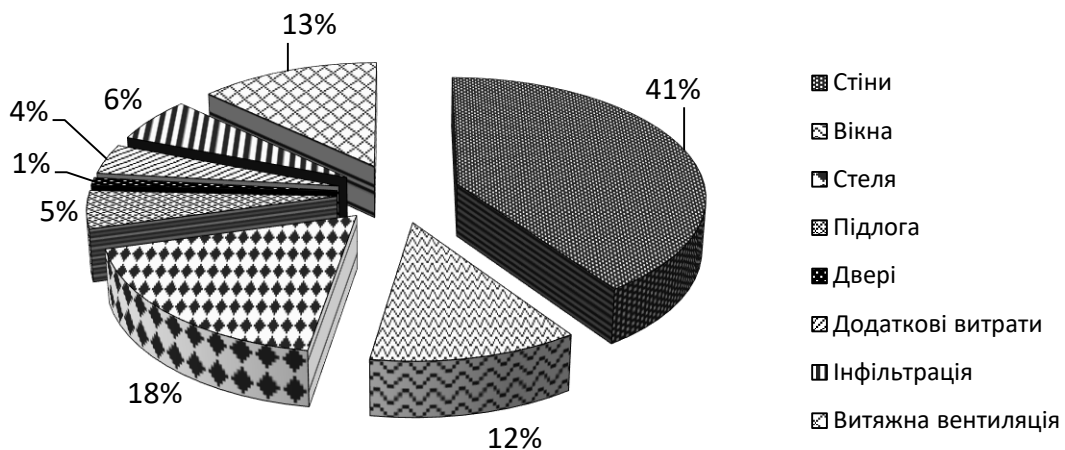


Рисунок 2.1 – Кругова діаграма розподілу основних видів тепловтрат по будівлі БФ №4

З отриманої діаграми можна оцінити співвідношення величин тепловтрат у будівлі БФ №4. Найбільші тепловтрати це тепловтрати через стіни, так як вони знаходяться в незадовільному стані. Також значна частина теплоти втрачається через стелю, застарілі конструкції вікон та через витяжну вентиляцію.

Встановлені фактори найбільших величин тепловтрат обумовлюють запровадження першочергових заходів щодо їх зменшення.

## 2.2 Розрахунок теплонадходжень на досліджуваному об'єкті

Величини теплонадходжень за їх видами у бібліотеці наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Величини теплонадходжень по закладу

ВИДИ ТЕПЛОНАДХОДЖЕНЬ			
Від людей, $Q_l$ , кВт	Від працюючого електроустаткування, $Q_{ел}$ , кВт	Від джерел освітлення, $Q_{осв}$ , кВт	Від сонячної радіації, $Q_{рад}$ , кВт
2,06	1,26	0,7	11,54

Таким чином, сумарні теплонадходження будівлі становлять:

$$\sum Q_{тн} = 2,06 + 1,26 + 0,7 + 11,54 = 16 \text{ кВт}$$

Розподіл всіх теплонадходжень по бібліотеці наведено на рис. 2.2.

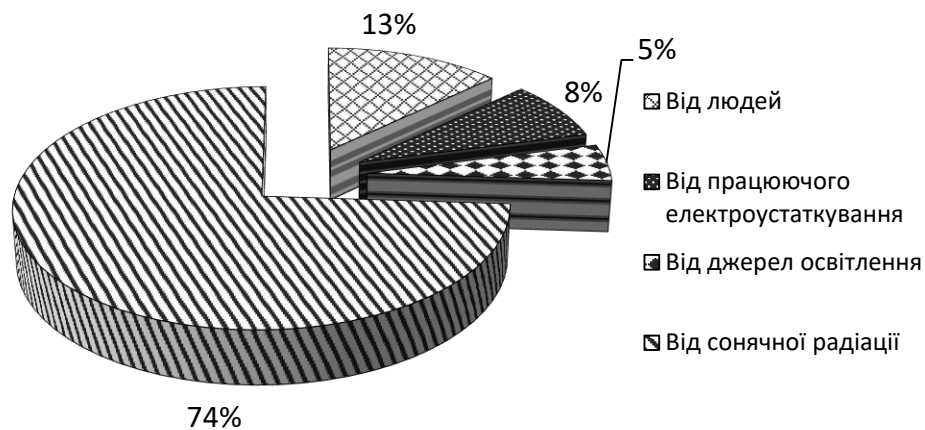


Рисунок 2.2 – Кругова діаграма розподілу теплонадходжень будівлі БФ №4

Теплова потужність всієї будівлі становить:

$$\Delta Q = 66 - 16 = 50 \text{ кВт.}$$

Розрахункова величина теплової енергії, яку повинно було спожити всією будівлею за опалювальний період (176 діб, 24 години на добу), при умові дотримання температурного режиму у системі тепlopостачання, та середній температурі за опалювальний сезон  $+0,1^{\circ}\text{C}$  буде становити:

$$Q_{\text{оп}} = 50 \cdot (20 - (0,1)) / (20 - (-22)) \cdot 24 \cdot 176 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 86,06 \text{ Гкал}$$

Згідно даних за опалювальний рік, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення бібліотеки у середньому становлять  $Q_{\text{оп}} = 63,918 \text{ Гкал}$ .

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що навчальний заклад не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання. Знижена температура теплоносія на вході до закладу не дозволяє отримувати необхідне тепло від централізованої системи тепlopостачання, про що свідчать дані з журналу обліку за теплоспоживанням навчальног закладу.

Враховуючи додатково дійсний стан огорожувальних конструкцій об'єкту щодо їх невідповідності нормованим показникам опору теплопередачі (див. табл.1.3), загальний рівень енергоефективності роботи системи теплоспоживання є низьким.

### 2.3 Визначення максимального рівня теплової потужності системи опалення на досліджуваному об'єкті

Для оціночного аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі будь-якого призначення без урахування всіх видів тепловтрат і теплонадходжень її

						Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками. Такий вид розрахунку найбільш прийнятний для оцінки можливої максимальної потужності системи опалення для випадку переведення будівлі на автономну систему опалення. Також, визначена величина теплової потужності використовується при впровадженні заходу з модернізації теплового пункту застарілої конструкції на об'єкті енергетичного обстеження на сучасний індивідуальний тепловий пункт з елементами автоматичного керування за режимами теплоспоживання. При розрахунку не враховуються основні чинники, що впливають на порушення вимог до тепловологісного балансу будівлі.

Визначення фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі [6], Вт/м<sup>3</sup>·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 1.3):

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_{\phi}}{F_{\phi}} \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} + g_0 \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\phi}} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}} \right), \quad (2.1)$$

де  $P_{\phi}$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_{\phi}$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_{\phi}$  – висота будівлі з урахуванням усіх опалюваних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 1.3);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 1.3);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}$  – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (див. таблиця 1.3);

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}$  – опір теплопередачі вікон, м<sup>2</sup>·К/В т (див. таблиця 1.3).

Максимальна розрахункова тепла потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період визначається так [6]:

$$Q_{\phi} = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot (t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{з.п}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де  $V_{\phi}$  – зовнішній об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

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

$t_{\text{з.п}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для температурної зони, де розташована будівля [5], °С;

$a$  – поправковий коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$a = 0,54 + \frac{22}{(t_{\text{в}}^{\text{ср}} - t_{\text{з.п}})} = 0,54 + \frac{22}{(20 - (-22))} = 1,06$$

Максимальна тепла потужність будівлі

						Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{112,8}{598,4} \cdot \left( \frac{1}{0,68} + 0,29 \cdot \left( \frac{1}{0,27} - \frac{1}{0,68} \right) \right) + \frac{1}{2,86} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{2,1} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,32} \right) = 0,55 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С}$$

$$Q_6 = 1,06 \cdot 0,74 \cdot 2795 \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 69 \text{ кВт}$$

						Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

### 3.1 Розробка енергоефективних заходів для впровадження

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

Розроблені енергозберіжні заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження у бібліотеці-філії №4: фінансові, експлуатаційні, матеріально-технічні.

#### **Утеплення огорожувальних конструкцій**

Огорожувальні конструкції приміщення мають недостатній опір теплопередачі (див. Додаток В), тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення. Аналіз балансу втрат теплової енергії показує, що велика частка втрат тепла припадає на втрати через огорожувальні конструкції будівлі, такі як зовнішні стіни, суміщене перекриття та віконні і дверні отвори. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій спеціальними матеріалами здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у приміщенні, і відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. Фасад будівлі при цьому приймає оновлений та естетичний вигляд.

#### **Заміна віконних отворів**

Аналіз балансу теплової потужності показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати через вікна (12%). Тому заміна застарілих віконних конструкцій з деревини на нові сучасні більш енергозберіжні, здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

#### **Встановлення радіаторних рефлекторних (теповідбивних) екранів**

З метою зменшення втрат теплоти у доквілля через ділянки огорожувальних конструкцій за опалювальними приладами, слід встановити радіаторні рефлекторні екрани із теплоізоляційного матеріалу завтовшки 5–10 мм, вкритого шаром алюмінієвої фольги. Такий захід запобігає втратам теплоти у доквілля і перевитратам теплоти опалювальними приладами за умови додержання чистої дзеркальної поверхні екрана протягом усього терміну експлуатації.

						Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі

Аналіз балансу теплової потужності показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати системою витяжної вентиляції (13%). Тому встановлення рекуператора теплоти здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію.

Рекуперація тепла системи вентиляції – процес повернення частини тепла з відпрацьованого витяжного повітря припливному. Тепле повітря, що виводиться з приміщення, в теплообміннику віддає більшу частину свого тепла холодному повітрю, що надходить з вулиці. Завдяки цьому процесу на вулицю виходить охолоджене повітря, а у приміщення надходить свіже нагріте повітря. Це дозволить значно заощадити на електро- або тепловій енергії, що іде на нагрівання повітря у приміщеннях будівлі.

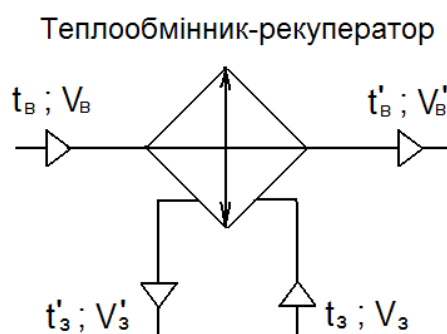


Рисунок 3.1 – Принципова схема рекуперації теплоти у системі вентиляції

### Зменшення опалювального об'єму приміщень закладу

Рекомендується зменшити опалювальний об'єм приміщень закладу за рахунок зменшення їх висоти (максимально до 3 м), встановивши підвісну стелю. При цьому корисна теплота не буде інтенсивно втрачатися по висоті приміщень і температура повітря всередині закладу підніметься до рівня вимог комфортності [5].

### 3.2 Розрахунковий аналіз економії ПЕР від запровадження ергозберігаючих заходів

#### 3.2.1 Утеплення стін і суміщеного перекриття (горишне перекриття)

У зв'язку з тим, що отримані результати ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{qmin}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам (див. табл. 1.3), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огорожувальних конструкцій спеціальними теплоізоляційними матеріалами.

					Лист
					24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	



При запровадженні утеплення огорожувальних конструкцій теплоізоляційними матеріалами з визначеною товщиною, буде забезпечена нормативна вимога за величиною опору теплопередачі, що задовольнятиме умову  $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ .

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару  $\delta_{ут}$  для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [8]:

$$\delta_{ут} = [R_{qmin} - R_{\Sigma пр}] \cdot \lambda_{ут} \quad (3.1)$$

де  $\lambda_{ут}$  – теплопровідність матеріалу теплоізоляції, Вт/(м · К) [4, 5];

$R_{\Sigma пр}$  – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R_{qmin}$  – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>·К/Вт [5].

### **Розрахунок економії теплової енергії від утеплення стін і дахового перекриття по будівлі**

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

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить:

$$\delta_{ут} = [3,3 - 0,68] \cdot 0,037 = 0,097 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,1 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ROCKMIN (100 мм) [12].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для перекриття між горіщем і приміщеннями будівлі:

$$\delta_{ут} = [4,95 - 2,1] \cdot 0,037 = 0,1 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,1 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ROCKMIN (100 мм) [12].

Ефект з економії теплової енергії від утеплення огорожувальних конструкцій за опалювальний період розраховується за осередненими показником температури за опалювальний період [10]:

$$Q_{\text{Ек.рік}} = F \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma пр}} - \frac{1}{R_{qmin}} \right) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7}, \text{ Гкал/рік} \quad (3.2)$$

						Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  (див. табл. 1.3);

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

$F$  – площа огорожувальної конструкції, яка утеплюється,  $\text{м}^2$ ;

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

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

$n$  – кількість днів опалювального сезону.

Ефект з економії теплової енергії від утеплення зовнішніх стін:

$$Q_{стн}^{Ек.рік} = 440,16 \cdot \left( \frac{1}{0,68} - \frac{1}{3,3} \right) \cdot (20 - (0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 37 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія становить:

$$\delta Q_{стн}^{Ек.рік} = \frac{37 \cdot 100}{86,06} = 43\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання.

Базовий рівень тепло споживання – 63,918 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла від базового рівня споживання складе:

$$Q_{стн.б}^{Ек.рік} = \frac{63,918 \cdot 43}{100} = 27,5 \text{ Гкал}$$

Ефект з економії теплової енергії від утеплення дахового (горищного) перекриття (середня температура на горищі будівлі за опалювальний період становила –  $t_{ср.оп} = +4^{\circ}\text{C}$ ):

$$Q_{дах}^{Ек.рік} = 508,38 \cdot \left( \frac{1}{2,1} - \frac{1}{4,95} \right) \cdot (20 - 4) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 8,1 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія складала:

$$\delta Q_{дах}^{Ек.рік} = \frac{8,1 \cdot 100}{86,06} = 9,4\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на реальну кількість споживання тепла за опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання.

Скорегована річна економія тепла від базового споживання складе:

						Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{дах.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{63,918 \cdot 9,4}{100} = 6 \text{ Гкал}$$

### 3.2.2 Замінна віконних отворів

Розрахунок ведеться для випадку заміни старих дерев'яних віконних отворів у закладі. Величина економії теплової енергії розраховується для умов осередненої температури за опалювальний період для даного регіону [10]. Заміну пошкодженого віконного отвору з деревини рекомендується провести на нові металопластикові вікна. Конструкція сучасного віконного отвору має якісне ущільнення, тому можлива величина інфільтрації повітря крізь нього дуже мала, у розрахунках нею можна знехтувати.

Тепловтрати крізь віконні отвори, які повинно замінити у будівлі БФ №4 (застарілі дерев'яні вікна) до впровадження енергозбережного заходу, складають:

$$Q_{\text{вкн}}^1 = Q_{\text{вкн}} + Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 5,1 + 2,28 = 7,38 \text{ кВт}$$

Обираємо для заміни сучасні вікна з ПВХ та двокамерним склопакетом з звичайного віконного скла з тепловідбивним покриттям. Для впровадження рекомендується вікно з ПВХ, з двокамерним склопакетом, міжскляною відстанню 12 мм, опором теплопередачі  $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [13]. Заміні підлягають: вікна розміром  $1,3 \times 1,9 \text{ м}$  – 9 шт; вікна розміром  $1,9 \times 2,1 \text{ м}$  – 3 шт

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть:

$$Q_{\text{вкн}}^2 = \frac{33,97}{0,75} \cdot (20 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 1,9 \text{ кВт}$$

Річне зменшення втрат теплоти після заміни вікон:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{Ек.рік}} = (7,38 - 1,9) \cdot \left( \frac{20 - (0,1)}{20 - (-22)} \right) \cdot 176 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 9,29 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{\text{вкн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{9,29 \cdot 100}{86,06} = 10,8\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на реальну кількість споживання тепла за опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання.

Скорегована річна економія тепла від базового споживання складе:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{63,918 \cdot 10,8}{100} = 6,9 \text{ Гкал}$$

						Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2.3 Встановлення зарядіаторних рефлекторних (теповідбивних) екранів

Розрахунок представлено для двадцяти шести опалювальних приладів – чавунні секційні радіатори типу М-140 на 8 секцій (висота 0,6 м, довжина 0,8 м).

У якості рефлектора обирається фольгоізол товщиною 5 мм і коефіцієнтом теплопровідності 0,046 Вт/(м·К).

Річна економія теплової енергії від впровадження заходу з установавання рефлекторного екрану за опалювальними приладами, згідно методики розрахунку [8], дорівнює:

$$Q_{\text{екр}}^{\text{Ек.рік}} = 0,5 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік економія склала:

$$\delta Q_{\text{екр}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{0,5 \cdot 100}{86,06} = 0,58\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень теплоспоживання – 63,918 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання, з урахуванням їх кількості (26 шт), складе:

$$Q_{\text{екр.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{63,918 \cdot 0,58}{100} = 0,4 \text{ Гкал}$$

### 3.2.4 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі

Пропонується встановити рекуператори у приміщеннях бібліотеки. Рекуперація теплоти буде відбуватися без додаткового нагрівання припливного повітря в приміщеннях

В залежності від запланованої кількості встановлених рекуператорів, загальний результат економії витрат теплової енергії від впровадження даного енергозбережного заходу буде дорівнювати добутку кількості приміщень, в яких планується встановити рекуператори, на величину економії від встановлення в них рекуператорів (приміщення дитячого абонементу, дорослого абонементу, читальної зали).

#### Приміщення дитячого абонементу

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k=1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{\text{п}}=76,5 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_v = 0,278 \cdot 76,5 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_g=0,023 \cdot 1,3=0,029 \text{ кг/с}$ .

						Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення дитячого абонементу після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{рт1} = 0,87 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у приміщенні (3.2):

$$Q_{рт1}^{EK, рік} = 0,87 \cdot \frac{(20 - (0,1))}{(20 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 580,4 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 0,5 \text{ Гкал/рік}$$

### Приміщення дорослого абонементу

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k=1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{п}=106,9 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 106,9 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,033 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_e=0,033 \cdot 1,3=0,043 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення дитячого абонементу після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{рт2} = 1,3 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у приміщенні (3.2):

$$Q_{рт2}^{EK, рік} = 1,3 \cdot \frac{(20 - (0,1))}{(20 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 867,26 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 0,75 \text{ Гкал/рік}$$

### Приміщення читального залу

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:  $n_k=1,3 \text{ год}^{-1}$ ;

Об'єм приміщення:  $V_{п}=208,9 \text{ м}^3$

Об'ємна витрата повітря:  $Q_V = 0,278 \cdot 208,9 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,064 \text{ м}^3/\text{с}$

Масова витрата вентилязованого повітря:  $m_e=0,023 \cdot 1,3=0,03 \text{ кг/с}$ .

Величина економії теплової енергії на опалення приміщення дитячого абонементу після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$Q_{рт3} = 2,5 \text{ кВт}$$

						Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у приміщенні (2.2):

$$Q_{\text{рт3}}^{\text{ЕК,рік}} = 2,5 \cdot \frac{(20 - (0,1))}{(20 - (-22))} \cdot 8 \cdot 176 = 1667,81 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} = 1,43 \text{ Гкал/рік}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти на рік сумарна економія становить:

$$\Sigma Q_{\text{рт}}^{\text{ЕК,рік}} = Q_{\text{рт1}}^{\text{ЕК,рік}} + Q_{\text{рт2}}^{\text{ЕК,рік}} + Q_{\text{рт3}}^{\text{ЕК,рік}} = 0,5 + 0,75 + 1,43 = 2,68 \text{ Гкал/рік}$$

$$\delta Q_{\text{вент}}^{\text{ЕК,рік}} = \frac{2,68 \cdot 100}{86,06} = 3,11\%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за опалювальний період, який є базовим рівнем теплоспоживання. Базовий рівень теплоспоживання – 63,918 Гкал/рік.

Скорегована економія тепла за рік від базового рівня споживання складе:

$$\delta Q_{\text{вент.б}}^{\text{ЕК,рік}} = \frac{63,918 \cdot 3,11}{100} = 2 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті приміщень: дитячого абонементу ( $Q_V = 0,023 \text{ м}^3/\text{с} = 82,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ), дорослого абонементу ( $Q_V = 0,043 \text{ м}^3/\text{с} = 154,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ) та читального залу ( $Q_V = 0,083 \text{ м}^3/\text{с} = 298,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ) підбираємо рекуператор Прана-150, який має приток повітря 115 м<sup>3</sup>/год [14], та два рекуператори Прана-200С, які мають приток повітря 235 м<sup>3</sup>/год [15].

Таблиця 3.1 – Результати економії теплової енергії за базовим рівнем теплоспоживання БФ №4 від запровадження розроблених енергозберезних заходів у питомих показниках

Назва заходу з енергозбереження	Величина економії теплової енергії, Гкал/рік
Утеплення зовнішніх стін будівлі	27,5
Утеплення дахового перекриття будівлі	6
Заміна віконних рам застарілої конструкції на нові енергозберезні	6,9
Встановлення рефлекторів (теповідбивних екранів) між зовнішніми стінами та опалювальними приладами	0,4
Улаштування системи рекуперації тепла у системі вентиляції приміщення	2
<b>Всього</b>	<b>42,8</b>

4.1 Методика розрахунку показників ефективності

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

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

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

де  $n$  – термін реалізації проекту;

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

$r$  – ставка дисконту;

$I_k$  – інвестиційні витрати у  $k$ -му році;

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

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

Внутрішня норма дохідності ( $IRR$ ) розраховується за формулою:

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

де  $n$  – термін реалізації проекту (заходу);

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

$r$  – ставка дисконту;

$I_k$  – інвестиційні витрати у  $k$ -му році;

$k$  – порядковий номер року від початку реалізації проекту.

На практиці визначення  $IRR$  здійснюється за такою формулою:

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

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

$B$  – величина ставки дисконту, при якій  $NPV$  негативна;

$a$  – величина позитивної  $NPV$  при величині ставки дисконту  $A$ ;

$b$  – величина негативної  $NPV$  при величині ставки дисконту  $B$ .

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

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

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

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

При розрахунках використовувалася норма дисконтування, що дорівнює 20%. Вибір відсоткової ставки здійснено усереднено з позицій альтернативної вартості розміщення коштів на довгостроковому (від 12 місяців) банківському депозиті. Така норма дисконтування показує привабливість інвестування з точки інвестора. При цьому проект вважається ефективним, якщо він має дохідність вищу за рівень інфляції. Таким чином, ефективність пропонуваніх заходів відбувається за таким алгоритмом: спочатку здійснюється розрахунок наведених вище показників при ставці дисконтування рівній 20%, у випадку незадовільного результату за даної ставки дисконтування проводиться розрахунок за ставки дисконтування рівній прогнозованому рівню інфляції у поточному році. Такий алгоритм дозволяє оцінити проекти (заходи) з точки зору їхньої ефективності та доцільності реалізації.

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

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

Таблиця 4.1 Критерії оцінки економічної ефективності заходів

Показник	$NPV$	$PI$	$IRR$	$PP$
Бажане значення	$>0$ , max	$>1$ , max	Max	min

## 4.2 Показники економічної ефективності заходів з енергозбереження

### Утеплення огорожувальних конструкцій

						Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Показники ефективності запропонованих заходів з утеплення огорожувальних конструкцій наведено таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Показники економічної ефективності заходів з утеплення огорожувальних конструкцій БФ №4

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	93,7
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	121,13
Індекс прибутковості		2,29
Внутрішня норма дохідності	%	46,1
Термін окупності	роки, місяці	3 роки 1,5 місяці

Наведені вище показники свідчать про високу ефективність заходів з утеплення огорожувальних конструкцій БФ №4

### Заміна віконних отворів

Таблиця 4.3 – Показники економічної ефективності заміни віконних отворів у БФ №4

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	44,07
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	8,39
Індекс прибутковості		1,19
Внутрішня норма дохідності	%	25,5
Термін окупності	роки, місяці	6 років 8,5 місяців

Показники ефективності заходу заміни вікон свідчать про його доцільність.

### Встановлення радіаторних рефлекторних (теповідбиваючих) екранів

Таблиця 4.4 – Показники економічної ефективності встановлення радіаторних рефлекторних (теповідбиваючих) екранів у БФ №4

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	0,54
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	1,93
Індекс прибутковості		4,59
Внутрішня норма дохідності	%	92
Термін окупності	роки, місяці	1 рік 4 місяці

Розрахунки свідчать про високу ефективність встановлення рефлекторних екранів, додатковою перевагою заходу є те, що він та не вимагає значних інвестицій.

## Встановлення рекуператора тепла у систему вентиляції будівлі

Таблиця 4.5 – Показники економічної ефективності встановлення рекуператора тепла

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	19,92
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	5,49
Індекс прибутковості		1,83
Внутрішня норма дохідності	%	17,3
Термін окупності	роки, місяці	6 років 9,5 місяців.

Розрахунок показників економічної ефективності для даного заходу показує нерентабельність варіанту із встановленням рекуператора з точки зору комерційного інвестування ( $PI=0,9$ ,  $NPV=-1,83$ ). Однак з точки зору інвестування при ставці дисконтування рівній очікуваному темпу інфляції (11%) даний захід має прийнятні показники ефективності. Це свідчить про доцільність здійснення заходу, що також може бути обґрунтовано покращенням санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях, обладнаних рекуператорами.

										Лист
										34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Характеристика ,дія на організм людини ,шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Нормування вмісту шкідливих речовин в повітрі

Нормальна життєдіяльність людини вагомо залежить від умов зовнішнього середовища, зокрема виробничого. Адже в процесі трудової діяльності на організм людини чиниться своєрідний “тиск” несприятливими виробничими факторами, що прямо чи опосередковано впливають на її здоров’я та працездатність. Серед виробничих факторів прийнято розрізняти небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, дія якого за певних умов може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров’я працівника.

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров’я, зниження працездатності працівника.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини та механізми; пересувні частини виробничого устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації; підвищені чи понижені барометричний тиск, вологість, іонізація та рухомість повітря; небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів; відсутність чи нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; пряме та відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на:

– загальнотоксичні, що викликають отруєння всього організму;

									Лист
									35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- подразнюючі, що викликають подразнення дихального тракту та слизових оболонок;
- сенсibiliзуючі, що діють як алергени;
- канцерогенні, що викликають ракові захворювання;
- мутагенні, що призводять до змін наслідкової інформації;
- такі, що впливають на репродуктивну (дітонароджувальну) функцію.

До біологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, мікроскопічні грибки та ін.) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини та тварини).

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Залежно від наслідків впливу на працюючих шкідливих та небезпечних виробничих факторів розрізняють виробничі травми, професійні захворювання та професійні отруєння, внаслідок яких може відбутись зниження або втрата працездатності (тимчасова чи постійна, повна чи часткова), можливий і фатальний кінець.

Виробнича травма – порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок дії виробничих факторів.

Професійне захворювання – патологічний стан людини, обумовлений роботою і пов'язаний з надмірним напруженням організму або несприятливою дією шкідливих виробничих факторів.

Професійне отруєння – це порушення стану здоров'я в результаті дії шкідливих речовин при їх проникненні в організм людини у виробничих умовах. Довготривалий вплив незначних доз шкідливих речовин (однак дещо вищих за ГДК) призводить до хронічних отруєнь. Проникнення в організм великої кількості шкідливих речовин за короткий час (не більше доби) спричинює гострі отруєння.

										Лист
										36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки. Через дихальні шляхи потрапляють пари, газо - та пилоподібні речовини, через шкіру переважно рідкі речовини. Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини під час ковтання або при внесенні їх в рот забрудненими руками.

Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній (понад 90 м<sup>2</sup>) всмоктувальній поверхні легенів утворюються сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин у кров.

Шкідливі речовини, що потрапили тим, чи іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин (чадний газ, метан, сірководень).

Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин (свинець, ртуть, марганець). Шкідливі речовини, потрапивши в організм, розподіляються в ньому нерівномірно. Найбільша кількість свинцю накопичується в кістках, фтору – в зубах, марганцю – в печінці. Такі речовини мають властивість утворювати в організмі так зване “депо” і затримуватись в ньому тривалий час.

При хронічному отруєнні шкідливі речовини можуть не лише накопичуватись в організмі (матеріальна кумуляція), але й викликати “накопичення” функціональних ефектів (функціональна кумуляція).

Ступінь несприятливого впливу шкідливих речовин, що присутні в повітрі робочої зони, визначається також низкою інших чинників. Наприклад, підвищена температура і вологість, як і значне м'язове напруження, в більшості випадків, підсилюють дію шкідливих речовин.

										Лист
										37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Суттєве значення мають індивідуальні особливості людини. З огляду на це для робітників, які працюють у шкідливих умовах, проводяться обов'язкові попередні (при вступі на роботу) та періодичні (1 раз на 3, 6, 12 та 24 місяці, залежно від токсичності речовин) медичні огляди.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (ГОСТ 12.1.007-76):

- 1-й – речовини надзвичайно небезпечні, ГДК менше 0,1 мг/м<sup>3</sup> (свинець, ртуть, озон);
- 2-й – речовини високонебезпечні, ГДК 0,1... 1,0 мг/м<sup>3</sup> (кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, їдкі луги);
- 3-й – речовини помірно небезпечні, ГДК 1,1...10,0 мг/м<sup>3</sup> (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий);
- 4-й – речовини малонебезпечні, ГДК більше 10,0 мг/м<sup>3</sup> (аміак, бензин, ацетон, гас).

Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин в повітрі робочої зони в таблиці 5.1.

Необхідно зазначити, що в списку ГДК, поряд з величиною нормативу, може стояти літера, яка вказує на особливість дії цієї речовини на організм людини:

- О – гостронаправленої дії;
- А – алергічної дії;
- К – канцерогенної дії;
- Ф – фіброгенної дії.

									Лист
									38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 5.1 – Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Но- мер	Шкідливі речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1	Азоту оксиди	5	2	П
2	Аміак	20	4	П
3	Ангідрид сірчистий	10	3	П
4	Ангідрид сірки	1	2	А
5	Ацетон	200	4	П
6	Бензин-розчинник	300	4	П
7	Бензин-паливний	100	4	П
8	Гас	300	4	П
9	Кислота сірчана	1	2	А
10	Луги їдкі	0,5	2	А
11	Озон	0,1	1	П
12	Ртуть металічна	0,01	1	П
13	Сулема	0,1	1	А
14	Свинець та його неорганічні сполуки	0,01	1	А
15	Окис вуглецю	20	4	П
16	Хлор	1	2	А

Примітки:

1. П – пари;
2. А – аерозоль.

Загальні заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають:

– вилучення шкідливих речовин з технологічних процесів, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т. п. Наприклад, свинцеві білила замінені на цинкові, метиловий спирт – іншими спиртами, органічні розчинники для знежирювання – миючими розчинами на основі води;

– удосконалення технологічних процесів та устаткування (застосовування замкнених технологічних циклів, неперервних технологічних процесів, мокрих способів переробки пиломатеріалів тощо);

– автоматизація і дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням, що виключає безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;

										Лист
										39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						





## ВИСНОВКИ

Метою представленої роботи було проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання та стану будівельних конструкцій будівлі бібліотечної філії №4 м.Суми, проведення інструментального обстеження, проведення розрахунків щодо отримання результатів для обґрунтування енергозбережних заходів, як були розроблені до впровадження у бібліотеки-філії №.

В результаті обстеження систем енергопостачання будівлі бібліотеки-філії № 4 були отримані наступні висновки:

1. При проведенні енергетичного обстеження визначені основні характеристики об'єкту обстеження. Зібрана необхідна для подальших розрахунків економічна та технічна інформація. Проаналізовані обсяги споживання ПЕР.
2. Було проведено інструментальне обстеження будівлі та енергоспоживних систем: тепловізійне обстеження. Для аналізу роботи системи опалення оцінювався стан огорожувальних конструкцій будівель (втрати тепла через стіни, двері, вікна, горищне перекриття).
3. Відсутність якісного керування у системі тепlopостачання сприяє нерівномірності температурного режиму у окремих приміщеннях, що спричиняє завищені втрати теплоти.
4. Система природної вентиляції приміщень закладу знаходиться в занедбаному стані. Її робота не відповідає сучасним вимогам з енергозбереження. Система природної вентиляції об'єкті за результатами енергетичного обстеження потребує ремонту та модернізації.
5. Проведено аналітичний розрахунок теплового балансу будівлі бібліотеки, в результаті якого було встановлено, що найбільші втрати теплової енергії відбуваються через зовнішні огорожувальні конструкції (стіни, дахове перекриття), віконні отвори застарілої конструкції та систему вентиляції.
6. Розрахунком визначена максимальна можлива потужність системи тепlopостачання будівлі бібліотеки з метою подальшого вибору технічної системи індивідуального опалення або улаштування сучасного індивідуального теплового пункту.
7. Розроблені та розрахунково-обґрунтовані енергозбережні заходи щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, а саме:
  - утеплення стін та дахового (горищного) суміщеного перекриття будівлі;
  - заміна віконних рам застарілої конструкції на нові енергозбережні;
  - встановлення рефлекторів (тепловідбивних екранів) між зовнішніми стінами та опалювальними приладами;
  - улаштування системи рекуперації тепла у системі вентиляції.
8. Визначено річний економічний ефект від впровадження енергозбережних заходів у питомих показниках за якими встановлено тарифи на оплату енергоспоживання.
9. Розрахунком отримані результати фінансової економії від впровадження енергозбережних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Отримані результати термінів окупності задовольняють сучасним вимогам щодо реалізації заходів з енергозбереження.

						Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
2. ДСТУ 4713:2007 "Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації роботи";
3. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. загальні положення. порядок проведення. - МОН України НТУУ "КПІ" Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, К. -2009.
4. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014
5. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.– Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
6. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
7. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.
8. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житловокомунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.
9. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. Введ. 01.07.2009 р. – К.– Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 21 с.
10. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. : Мінрегіонбуд України, 2006. – 72 с..
11. Щекин Р. В., Справочник по теплоснабжению и вентиляции. – издание 4-е, переработанное и дополненное. / Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем, Ф. И. Скороходько, Е. И. Чечик и др. Кн. 2-я. – К. : Будівельник, 1976. – 352 с.
12. PROM.UA [Електронний ресурс]: «Базальтовый утеплитель ROCKMIN 100мм».. - Режим доступу до ресурсу: <http://kharkov.prom.ua/p110183192-bazaltovuj-uteplitel-rockmin.html>.
13. Окнаком [Елетронний ресурс]: «Расчет стоимости металлопластиковых окон Rehau (калькулятор)». - Режим доступу до ресурсу: [http://www.vikonechko.com.ua/okonnyu\\_kalkulyator](http://www.vikonechko.com.ua/okonnyu_kalkulyator).
14. Торгово-монтажная организация [Електронний ресурс]: «Рекуператор Прана-150». -Режим доступу до ресурсу: <http://www.stolviv.ho.ua/info/prana.html>.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

15. Торгово-монтажная организация [Электронный ресурс]: «Рекуператор Прана-200С». -Режим доступа до ресурсу:  
[http://www.stolviv.ho.ua/norton/nort\\_metal\\_6.html](http://www.stolviv.ho.ua/norton/nort_metal_6.html).

						<i>Лист</i>
						43
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Додаток А

### Енерготехнологічна схема бібліотечного філіалу №4

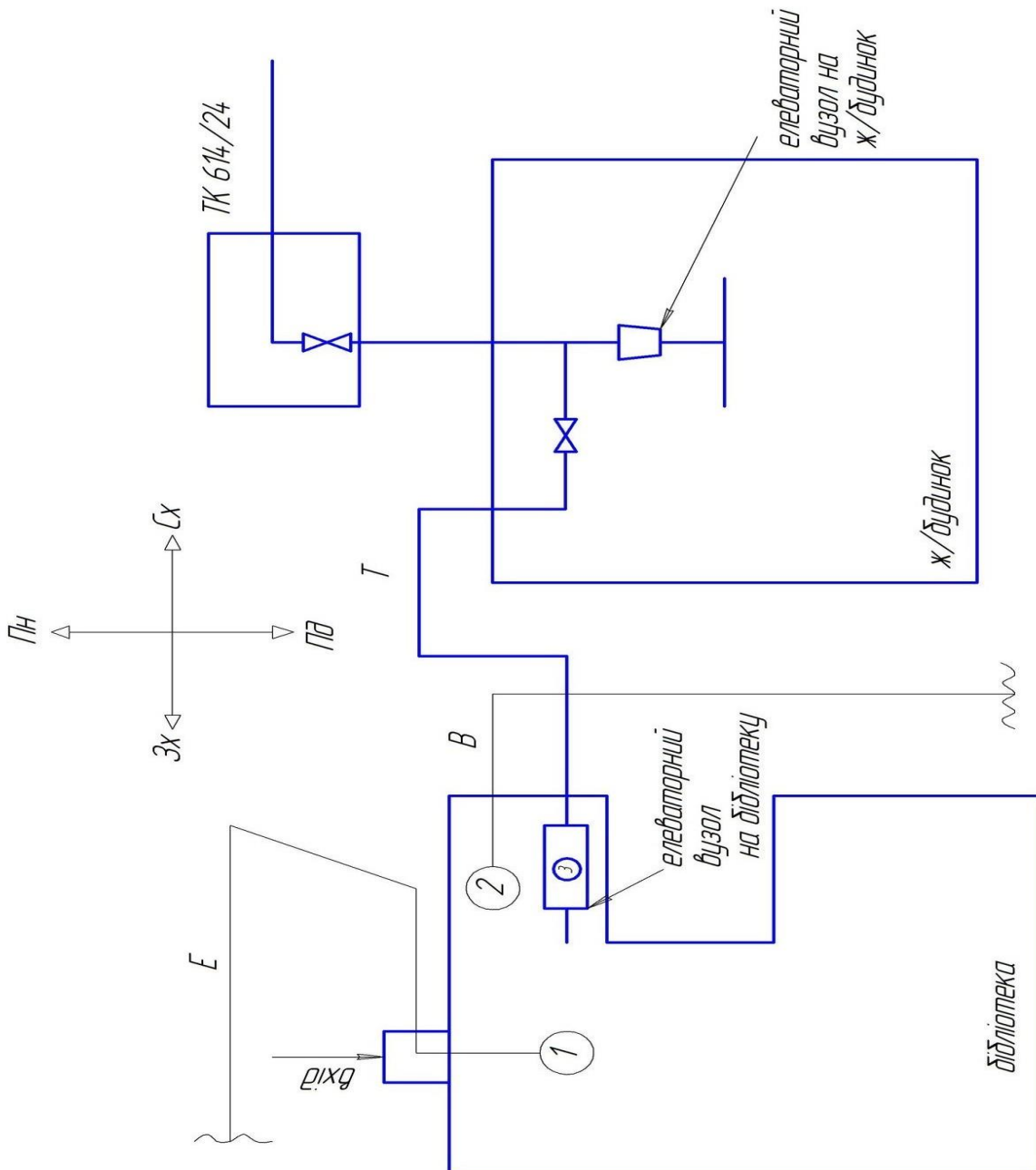
Загальна характеристика об'єкта

Рік забудови	1953 рік
Опалювальна площа	472,5 м <sup>2</sup>
Опалювальний об'єм	1181,25 м <sup>3</sup>
Система теплопостачання	від КПВ "Своє м'ягоче"
Система холодного водопостачання	від КП "Міськводоканал"
Система електрикопостачання	від ВАТ "Сумобленерго"

Умовні позначення

1	Лічильник електричної енергії
2	Лічильник холодної води
3	Лічильник системи теплопостачання
В	Трубопровід холодного водопостачання
Е	Кабелі системи електропостачання
Т	Трубопровід системи теплопостачання

Лічильники 2 та 3 знаходяться у підвальному приміщенні бібліотеки.



## ДОДАТОК Б

Термограми із зазначенням місць найбільших втрат теплової енергії на об'єкті обстеження (БФ № 4)

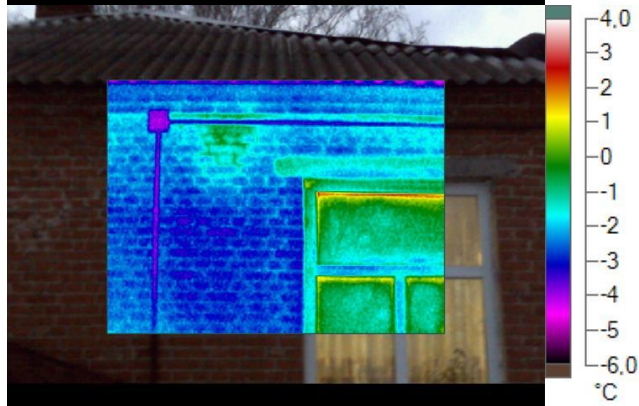
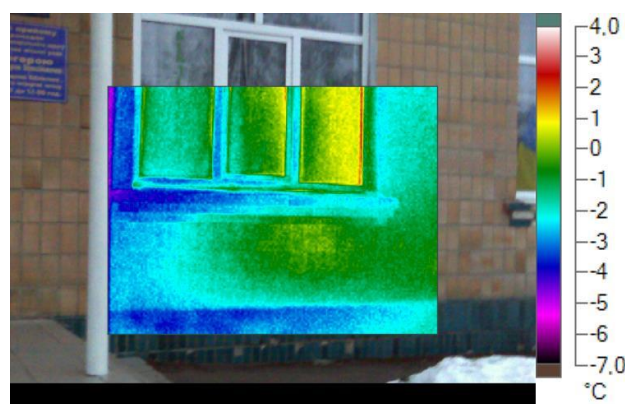
Тепловізійне обстеження будівлі бібліотеки-філії №4 було проведено з використанням тепловізора FlukeTi25. Надані термограми, які найбільш наочно демонструють типові проблемні місця будівель.

Мета обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у будівлі.

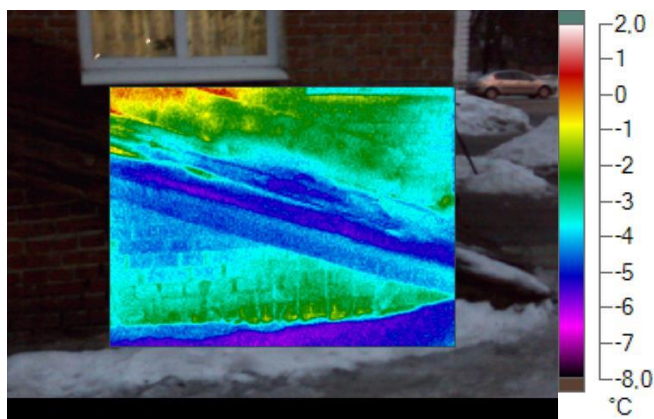
На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила  $-1^{\circ}\text{C}$ . Середня температура всередині приміщень становила  $20^{\circ}\text{C}$ .

У додатку наведені термограми, які показують типові проблеми по тепловтратам, що притаманні майже всім огорожувальним конструкціям.

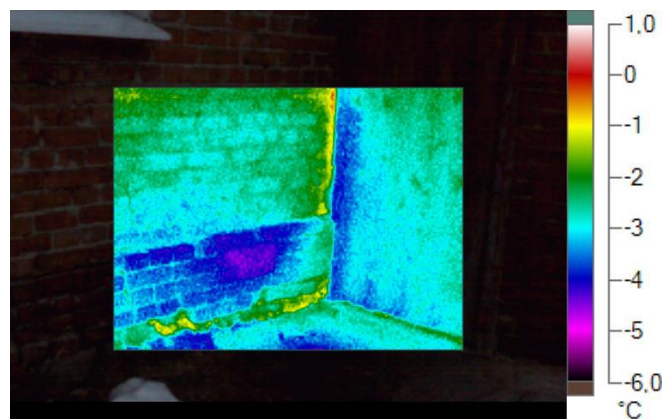
Під час тепловізійного обстеження було зроблено 20 термограм.



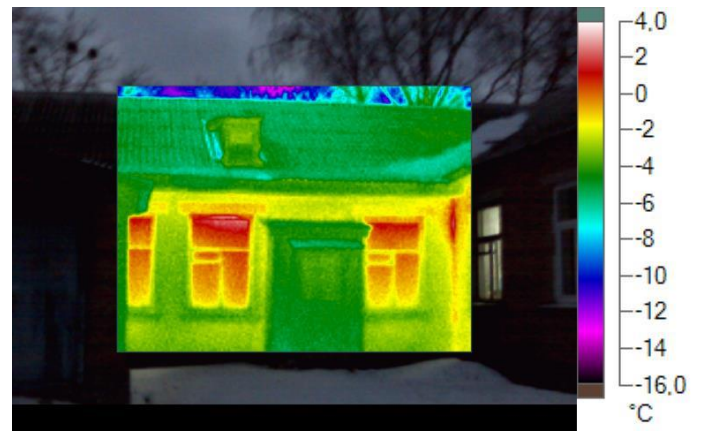
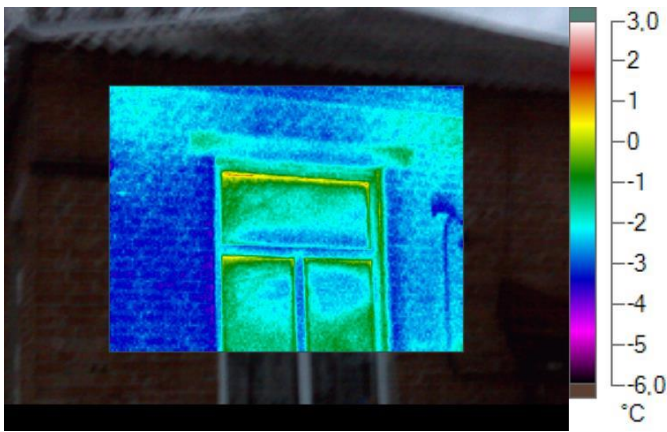
Неякісний монтаж нових віконних конструкцій обумовлює значні втрати тепла з приміщення (через нещільно прилягаючі кватирки та неякісне прилягання віконних стулок).



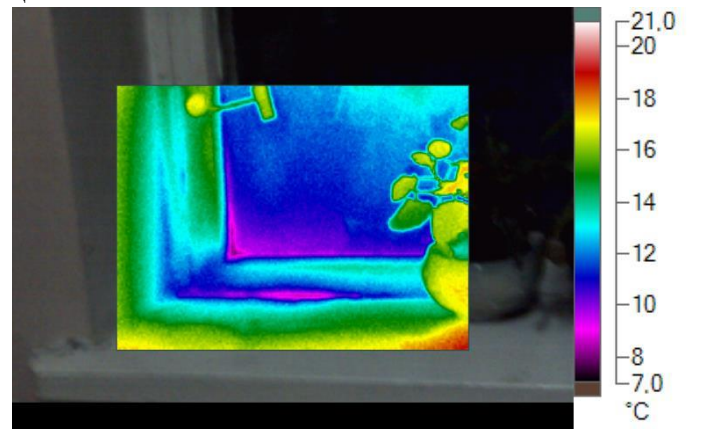
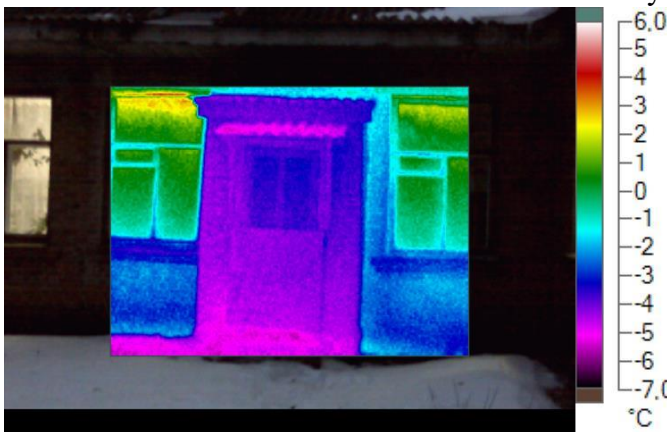
Тепловтрати через неізольований вхід до підвального приміщення.



Втрати тепла через тріщину у стіні.

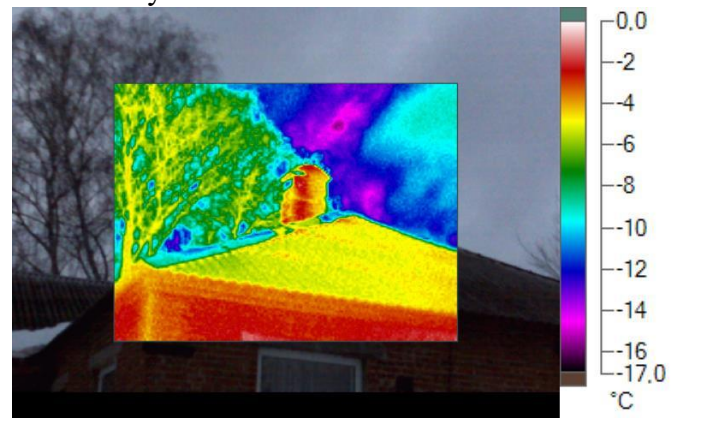
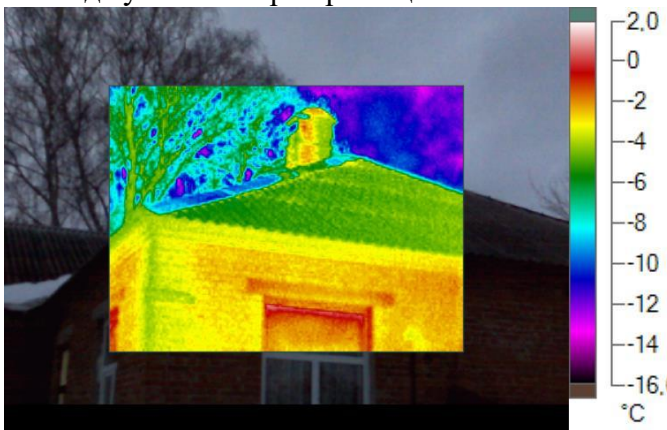


Застарілі вікна пропускають в приміщення багато холодного повітря та випускають тепле на вулицю

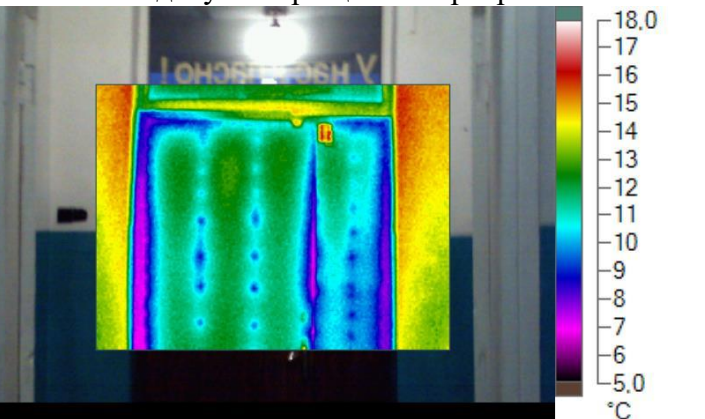
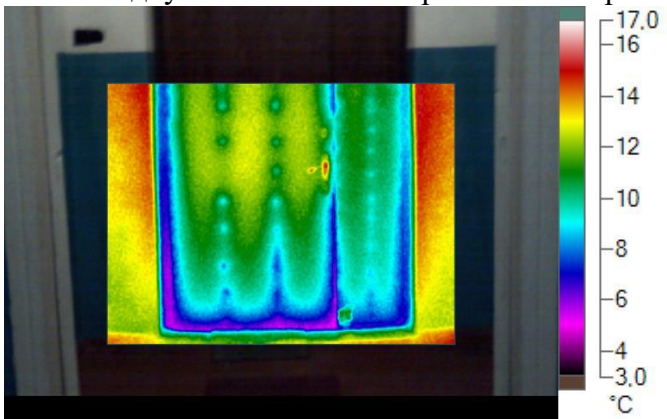


Застарілі двері за всією своєю площею охолоджують повітря приміщення.

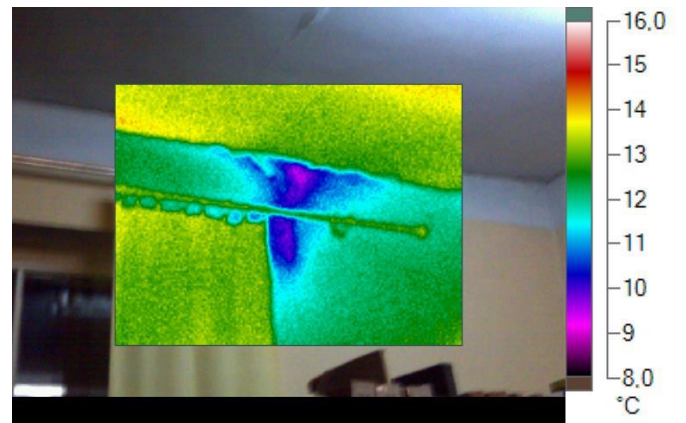
Втрата теплоти через нещільно прилягаючі віконні стулки.



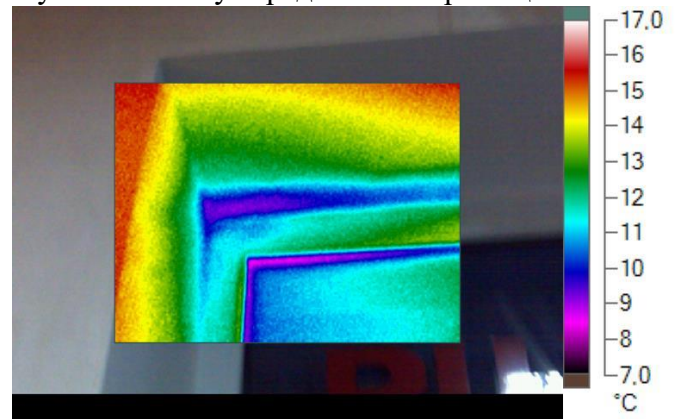
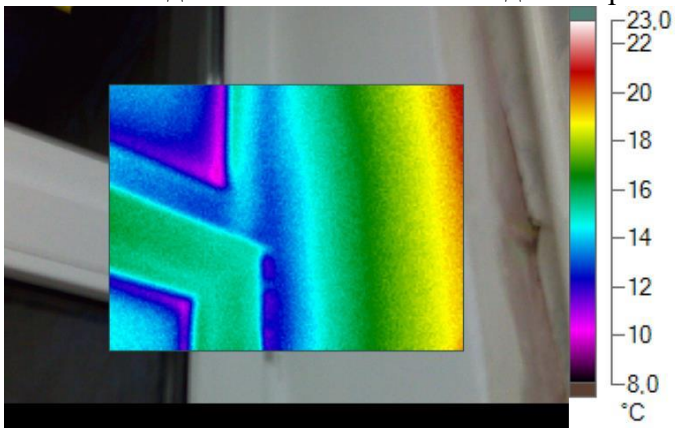
Відбуваються значні втрати тепла через поганий стан даху та горіщого перекриття.



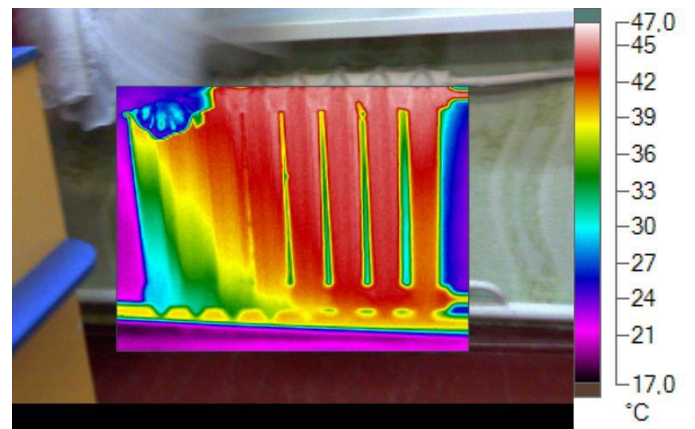
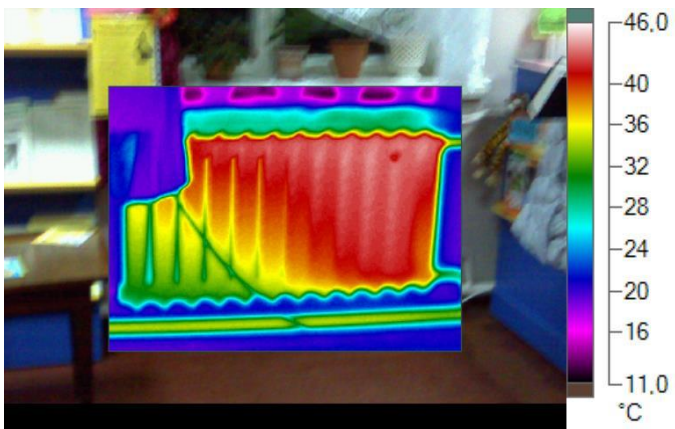
Значні втрати тепла через холодні вхідні двері.



«Холодні» плями на стінах свідчить про вологу яка наявна у середині стін приміщення.



Втрата тепла через нещільні прилягання віконних рам до стіни.



Порушена циркуляція теплоносія по окремим секціям опалювальному приладу внаслідок зниженого тиску у системі тепlopостачання.