

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: « Аналіз ефективності функціонування систем енергоспоживання

будівлі зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів», м. Суми »

144 «Теплоенергетика»

Освітня програма «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи \_\_\_\_\_

(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)

\_\_\_\_\_  
(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Секретар комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми 20\_\_

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 с., 20 таблиць, 13 рисунків, 1 додаток, 29 літературних джерел.

Графічні матеріали: плани поверхів та енерготехнологічна схема будівлі, що обстежується, результати розрахункового аналізу, аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води – усього п'ять аркуша формату А3.

*Мета роботи:* проведення енергетичного обстеження системи тепло- та електропостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

1. аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
2. розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
3. розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

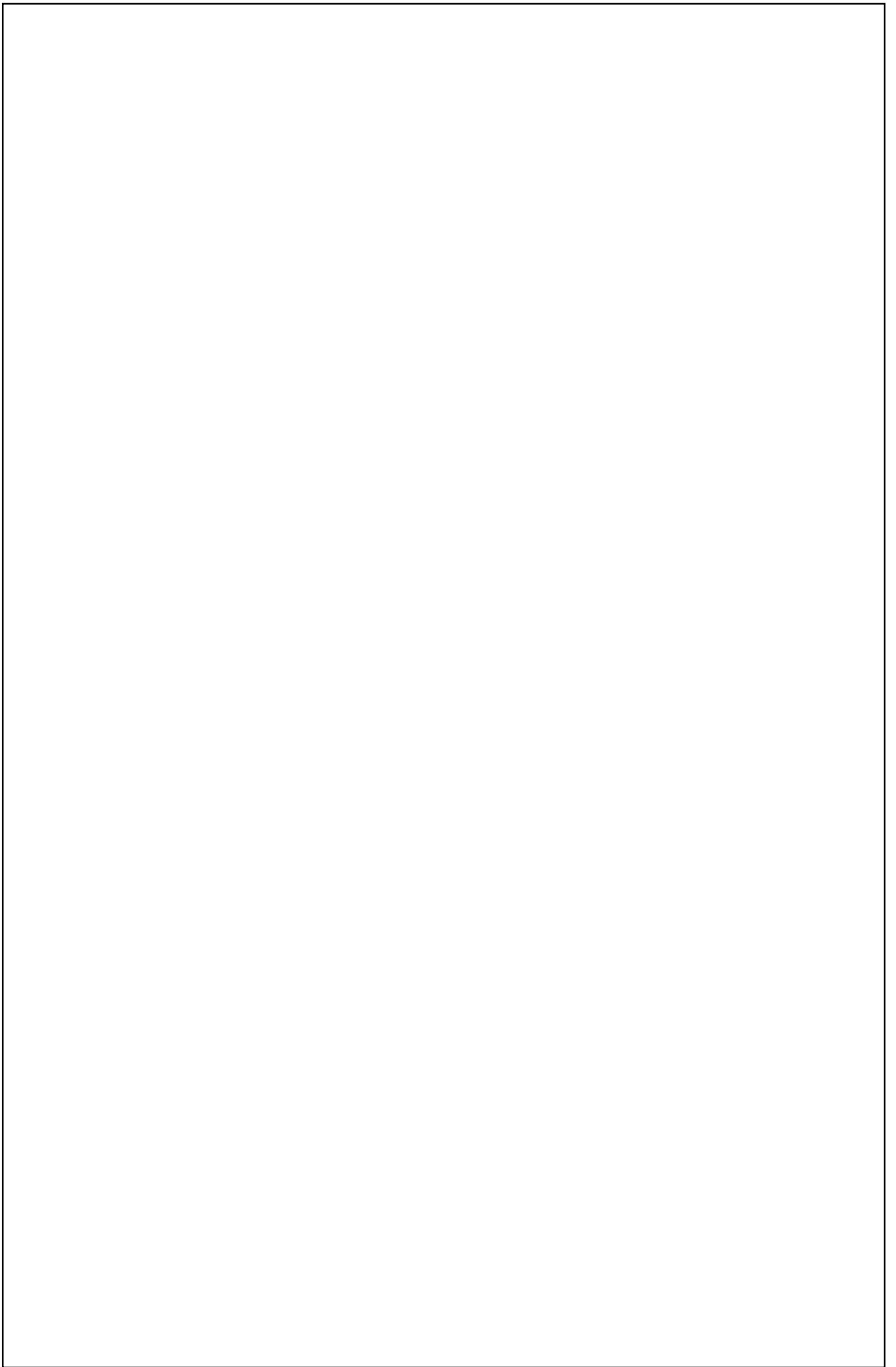
*Предметом дослідження* є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів», аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

*Об'єктом* є використання енергоносіїв в зооветеринарному центрі ТОВ «10 друзів».

*Методи дослідження:* інструментальне вимірювання температури по приміщеннях, економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

**Тема роботи – «Проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів» м. Суми**



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	9
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкту.....	10
1.3.1 Система опалення.....	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції.....	11
1.3.5 Система обліку споживання енергоресурсів.....	12
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	12
1.4.1 Аналіз обсягів споживання тепла.....	12
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	14
1.4.3 Аналіз обсягів споживання води.....	14
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ .....	17
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	17
2.2 Аналіз результатів вимірювань.....	18
3. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	20
3.1 Методика проведення розрахунку.....	20
3.2 Проведення розрахунку.....	24
3.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	24
3.2.2 Розрахунок тепловтрат.....	27
3.2.3 Розрахунок теплових надходжень.....	31

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			
Розроб.		Тубальцев			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Сотник				4	82
Н. контр.							
Затв.							

4. РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	39
4.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів.....	39
4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів.....	39
4.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін).....	39
4.2.1.1 Утеплення стін плитами із мінеральної вати.....	43
4.2.1.2 Утеплення стін пінополіуретаном.....	47
4.2.1.3 Утеплення стін плитами з пінополістиролу.....	50
4.2.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах).....	52
4.2.3 Заміна вікон.....	54
4.2.3.1 Заміна дерев'яних вікон на нові металопластикові.....	55
4.2.3.2 Заміна застарілих пластикових вікон на нові енергозберігаючі.....	56
4.2.3.3 Заміна північного вікна сендвіч-панелями.....	58
4.2.4 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи .....	59
5. РОЗРОБКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТУ БУДІВЛІ.....	61
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	67
6.1 Нормування і розрахунок природнього і штучного освітлення.....	67
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
Додаток А.....	79

						Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Енергетичне обстеження – обстеження підприємств (установ) 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 [6].

Енергетичне обстеження відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, побуті, а також у сфері послуг. Воно є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, наскільки ці впливи є ефективними.

Предметом даного енергетичного обстеження є система тепло- та електропостачання, холодного водопостачання у будівлі і розробка рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

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

Об'єктом енергетичного обстеження (аудита) є зооветеринарний центр ТОВ «10 друзів».

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.

Задачі, які вирішувалися при проведенні енергетичного обстеження: розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів у будівлі зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів», за результатами проведення енергетичного обстеження на заданому об'єкті.

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження: технічний паспорт будівлі, покази лічильників споживання електричної енергії, холодної води, тепла, вимірювання температур по приміщенням.

Метою роботи є проведення енергетичного обстеження системи теплотабезпечення будівлі, визначення дійсного технічного стану, визначення обсягів споживання енергії, запровадження енергозберігаючих заходів для раціонального використання теплової, електричної енергій і води.

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів», що знаходиться за адресою м.Суми, вул. СКД 25А (рис. 1.1) [7].



Рисунок 1.1 – Зооветцентр ТОВ «10 друзів»

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює зооветцентр ТОВ «10 друзів». Головний фасад будівлі зорієнтовано на північний-схід.

Технічні	характеристики			будівлі	такі:
-	Рік	побудови	-	1978	р.;
-	Кількість	поверхів	-	2	пов.;
-	Опалювальна	площа	-	550	м <sup>2</sup> ;
-	Площа	забудови	-	379	м <sup>2</sup> ;
-	Опалювальний	об'єм	будівлі	-	1500 м <sup>3</sup> ;
-	Опалювальний	об'єм	за зовнішніми обмірами	-	2171 м <sup>3</sup> ;

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від індивідуального тепlopункту, що знаходиться на першому поверсі, забезпечення гарячою водою здійснюється індивідуально від електричного бойлеру, що розташований на другому поверсі у технічному приміщенні.

Подача холодної води по будинку здійснюється від водогону міської водопровідної мережі.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Фундамент ветцентру бетонний. Стіни будівлі виконані з товщиною кладки 0,43 м, матеріал внутрішніх і зовнішніх стін - силікатна цегла М-75 на цементно-піщаному розчині, місцями виконані із газоблоків. Плити перекриттів – залізобетонні, товщиною 0,22 м. Перегородки – цегляні, переважно мають товщину 0,32-0,36 м. Підлога – залізобетон, товщиною 0,22 м, місцями вкритий лінолеумом, товщиною 0,004 м, або керамічною плиткою, товщиною 0,005 м. Стеля – залізобетон, товщиною 0,22 м, шар керамзиту, товщиною 0,15м та руберойд, товщиною 0,006 м. Вікна будівлі з дерев'яного та пластикового профілю.

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Вхідні двері, двері тамбуру та двері запасного виходу – пластикові.

При проведенні обстеження будівлі ветцентру було виявлено, що віконні конструкції знаходяться у незадовільному стані. Існують великі проміжки між склом та рамою через які у приміщення потрапляє холодне повітря, також площа вікон на фасаді будівлі недоцільно велика. У будівлі місцями встановлені нові вікна у пластиковому плетінні з однокамерним склопакетом, виконані з алюмінієвого профілю.

Було виявлено, що облицювальна плитка на фундаменті будинку, у багатьох місцях обсипалася, або ж ледве тримається на стіні. Все це призводить до невиправданих втрат тепла.

### 1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

#### 1.3.1 Система опалення

В системі опалення будівлі ветеринарного центру ТОВ «10 друзів» встановлено водогрійний котел моделі «РЕТРА 40-3М» з номінальною потужністю – 40 кВт. Система – двотрубна з вертикальною розводкою. Рух гарячої води відбувається знизу вгору через труби і опалювальні прилади (чавунні радіатори та конвекційні радіатори опалення).

У тепловому вузлі встановлено наступне обладнання: універсальний контролер есоМАХ 860P3-С, пелетний пальник факельного типу КІРІ ROTARY, фільтр, манометр, термодатчик.

При проведенні обстеження було виявлено деякі порушення, а саме: в багатьох кімнатах опалювальні прилади закриті меблями або декоративними конструкціями з гіпсоплит.

						Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.3.2 Система електропостачання

До основних технічних енергоспоживаючих систем будівлі ветеринарної лікарні належать системи освітлення і технологічне електрообладнання.

Система штучного освітлення включає в себе світильники з лампами розжарювання, люмінесцентні лампи та світлодіодна стрічка.

Ламп розжарювання 23 шт по 75 Вт і 18 штук по 60 Вт. Ламп люмінесцентних 30 шт по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 3,4 КВт.

### 1.3.3 Система водопостачання

Будинок підключено до місцевої системи централізованого холодного водопостачання. Холодна вода використовується для технічних та санітарно-гігієнічних потреб. Арматура складається з змішувачів, кранів, змивних бачків, які знаходяться у задовільному стані.

Бойлер, що розташований на другому поверсі ветеринарної клініки у технічному приміщенні, підігріває холодну воду з трубопроводу і забезпечує будівлю гарячою водою.

### 1.3.4 Система вентиляції

У будівлі зооветцентру природня система вентиляції якої недостатньо. Це призводить до погіршення повітрообміну у приміщеннях, наслідком чого є недостатня ефективність природного процесу з видалення зайвої вологи, яка починає інтенсивно конденсуватися на охолоджених поверхнях стінових та віконних конструкцій.

						Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 1.3.5 Система обліку споживання енергоресурсів

Облік споживання електроенергії здійснюється одним лічильником NIK 2303 AP6T.1402.MC.11 що розташований у коробі розподільчого щита на першому поверсі.

Облік споживання холодної води здійснюється за показаннями лічильника холодної води KB-1,5. Лічильник знаходиться у кабінеті реєстратури, що розташований на першому поверсі.

Договір на постачання електроенергії з «Сумиобленерго», м. Суми.  
Номер договору №2408 від 30 листопада 2012 року.

Договір на постачання холодної води з КП «Міськводоканал», м. Суми.  
Номер договору №2847 від 25 листопада 2012 року.

Існуючі тарифи на енергоносії та воду:

- Тепло: 1321,64 грн/Гкал;
- Електрична енергія: 2,36984 грн/КВт\*год;
- Холодна вода, водовідведення: 16,54 грн/м<sup>3</sup>;

### 1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

#### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання тепла

На момент проведення енергоаудиту ветлікарня не займалася контролем за обсягом споживання теплової енергії і ця інформація невідома та занадто наближена. В середньому за інформацією, наданою працівниками зооветцентру, під час опалювального сезону витрачається 5 тон пелетів на місяць, середня вартість 1 тони приблизно 4100 гривень. За інформацією, наданою працівниками зооветцентру, 1 кг пелетів виробляє при згорянні 5,3 кВт теплової енергії, що дорівнює 0,0046 Гкал.

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Споживання тепла будівлею відбувається під час опалювального періоду. Тривалість опалювального періоду кожного року змінюється, а опалювальний період починається при зменшенні середньодобової температури нижче +8°C.

Величина споживання теплової енергії за жовтень 2016 року – квітень 2017 року наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Величина споживання теплової енергії за опалювальний сезон 2016 – 2017 років.

2016 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
тепло, ГКал	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,071	7,884	13,65
2017 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
тепло, ГКал	12,12	13,28	8,764	3,046	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Величина споживання електричної енергії за 2017 рік наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Величина споживання електроенергії за 2017 рік

2017 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ел.ен., тис.КВт* рік	1,483	1,478	1,383	1,375	1,387	1,326	1,291	1,382	1,378	1,5	1,492	1,505

Можна побачити, що кількість спожитої енергії в теплу пору року менше. Це можна пояснити тим, що в літній період збільшується світловий день і зменшується споживання електроенергії на освітлення.

#### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання води

Величина споживання води за 2016-2018 роки наведена на таблиці 1.3 та на рисунку 1.2 (див. стр.15).

Таблиця 1.3 – Величина споживання води за 2016-2018 роки

2016 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
хол. вода, м <sup>3</sup>	20	13	17	16	22	18	19	24	23	20	20	20
2017 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
хол. вода, м <sup>3</sup>	20	18	23	25	25	23	22	35	18	21	37	16
2018 рік												
місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
хол. вода, м <sup>3</sup>	21	27	20	24	26	25	20	17	19	18	27	21

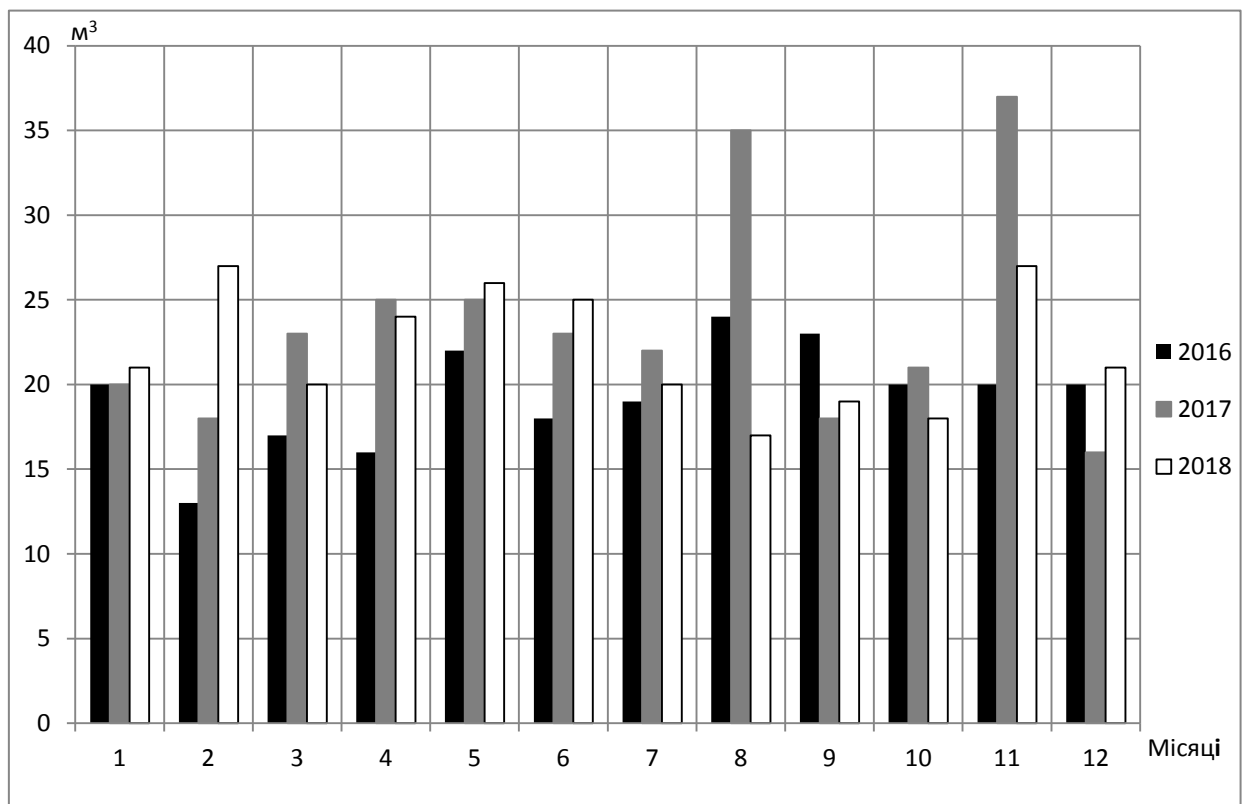


Рисунок 1.2 – Обсяги споживання холодної води за 2016 - 2018 роки

Для наочності і пошуку можливих джерел економії фінансових коштів наведемо діаграму вартості спожитих електричної, теплової енергії та холодної води за 2017 рік. Дана діаграма представлена на рис. 1.3.

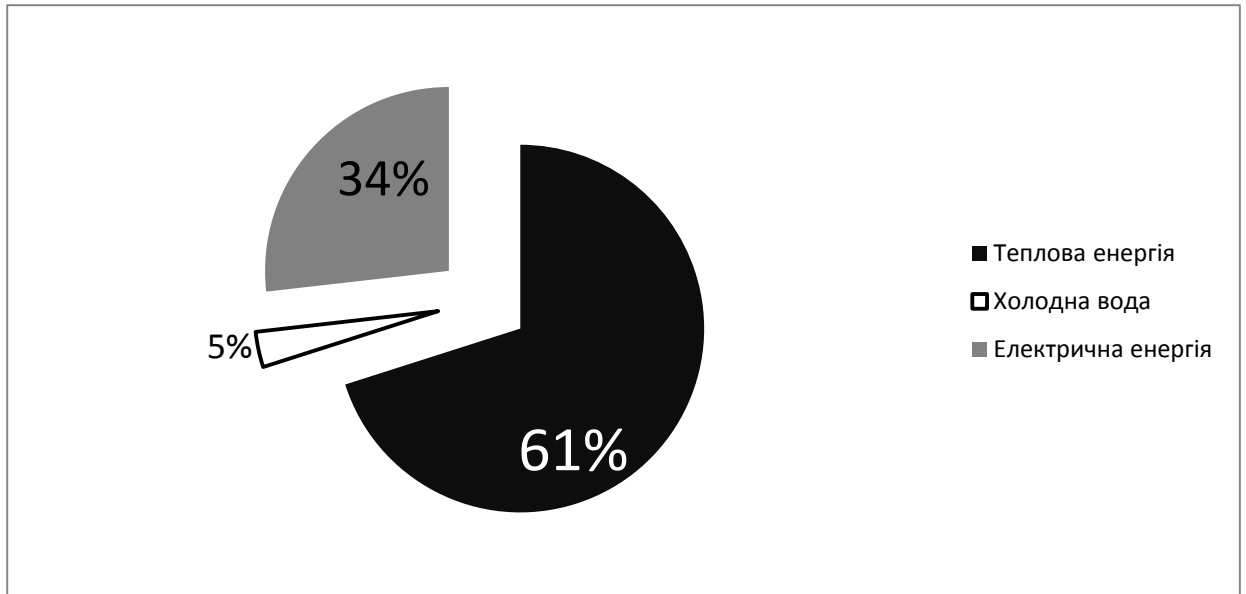


Рисунок 1.3 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2017 рік

Переглянувши зображену на рис. 1.3 діаграму видно, що найбільше коштів сплачується за теплову енергію, отже, розробка енергоефективних впроваджень за цим напрямом призведе до значної економії фінансових засобів. Інформація порівняна по усім показникам саме за 2017 рік тому, що дані по споживанню усіх енергоресурсів одночасно за один період наявна лише за цей рік.



## 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

### 2.1 Опис методів та приладів вимірювання

Під час проведення аудиту зооветеринарного центру «10 друзів» використовувався тепловізор FlukeTi25 (рис. 2.1) [7] [19]. Його основні технічні характеристики представлені у таблиці 2.1.



Рисунок 2.1 – Тепловізор FlukeTi25

						Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики тепловізора FlukeTi25

Діапазон вимірювання температури	Від -20°C до +350°C (від -20°C до +100°C)
Похибка вимірювання температури	±2°C, але не більше ±2%
Мінімальна відстань фокусування	Об'єкти тепловізора 15 см, фотооб'єкти 48 см.
Частота зміни кадрів	9 Гц
Тип інфрачервоного об'єктива	Об'єктив 20 мм, F=0,8
Спектральний діапазон	Від 7,5 мкм до 14 мкм
Час автономної роботи батареї	3-4 год

Тепловізор в данному випадку використовувався для визначення температури, стану огорожуючих конструкцій будівлі, місць втрати тепла, порушень роботи опалювальних приладів.

## 2.2 Аналіз результатів вимірювань

Тепловізійне обстеження системи тепlopостачання та огорожувальних конструкцій будівлі зооветеринарного центру ТОВ "10 друзів" м. Суми, Сумської області було проведено 12 лютого 2019 року з використанням тепловізора FlukeTi25.

На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила +3°C. Середня температура всередині за всіма приміщеннями, які обстежувались, становила 18°C.

Під час тепловізійного обстеження було зроблено 41 термограми. Тепловізійне обстеження проводилося у приміщеннях в яких температура повітря має найнижчий рівень, а також проведено аналіз з ефективності теплопередачі від опалювальних приладів у зазначених приміщеннях.

						Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Проаналізувавши дані термограм можна прийти до висновку, що великий об'єм коридорного приміщення обумовлює нерівномірність прогріву всіх огорожувальних конструкцій, які мають занижку температуру своїх поверхонь, кутові з'єднання балок дахового суміщеного перекриття з несучими балками стінових конструкцій мають високий рівень теплопровідності, що є причиною охолодження відповідних місць на поверхні стін, а низькі теплозахисні властивості стелі суміщеного перекриття спричиняють охолодження багатьох її ділянок, що впливає на зменшення температури повітря всередині коридорного приміщення і призводить до появи конденсату на її холодних поверхнях.

Віконні конструкції, які обстежувались, не забезпечують ефективне збереження теплової енергії для приміщень, у яких вони встановлені. За термін експлуатації всі елементи вікон втратили щільність прилягання віконних стулок до віконних рам, і самих рам до стінових конструкцій (про це свідчать виявлені щілини по периметру їх прилягання), що призводить до інтенсивної інфільтрації холодного повітря усередину приміщень установи, внаслідок чого різко знижується температура поверхні віконних відкосів, що є причиною інтенсивної конденсації вологи на них і подальшого виникнення грибкового нальоту.

За результатами тепловізійного обстеження будівлі ветцентру було встановлено, що значні тепловтрати відбуваються крізь недоцільно велику площу вікон, які розташовані на фасаді з північного боку будівлі. Треба зазначити, що на цю північну сторону будівлі ніколи не потрапляє сонячна енергія, і вона знаходиться постійно під тінню від сусідніх багатоповерхових будівель. Додатково, весь цей фасад закритий рекламним банером. Таким чином, ніякої користі від використання таких вікон не має.

						Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1 Методика проведення розрахунку

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma np}, m^2 \cdot K / Bt$  повинен бути не менший за потрібний  $R_{q \min}, m^2 \cdot K / Bt$  який визначається виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов енергозбереження [2].

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:  $R_{\Sigma np} \geq R_{q \min}$ , де:

$R_{\Sigma np}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K / Bt$ ;

$R_{q \min}$  – мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot K / Bt$ ;

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [2].

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Термічний опір і-го шару конструкції, що розраховується за формулою (3.1) [2]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (3.1)$$

де:  $\delta_i$  – товщина і-го шару конструкції, м;  
 $\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м\*К) [2].

Приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови розраховується за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma PP} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.2)$$

де:  $\alpha_B, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>\*К) [2];

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м\*К) [2];

$n$  – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_i$  – термічний опір і-го шару конструкції, м<sup>2</sup>\*К/Вт.

Якщо  $R_{\Sigma PP} < R_{q \min}$  – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані за формулою (3.3) [2]:

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma PP}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

де:  $F_{огр}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma PP}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>\*К/Вт;

					Аркуш
					21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$t_B, t_3$  - відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих  $R_{qmin}$  за формулою (3.4) [2]:

$$Q_0 = \frac{F_{опр}}{R_{q\ min}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт.} \quad (3.4)$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами [2]:

$$Q_{op}^0 = Q_{ст} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (3.5)$$

де:  $Q_{ст}$  – тепловтрати зовнішніх стін приміщень, Вт;  
 $\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу. Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, залежно від орієнтації приймати  $\beta_{op} = 0,13$  – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами розраховуються за формулою (3.6) [2]:

$$Q_{подл}^0 = 0,05 \cdot Q_{подл}, \text{ Вт.} \quad (3.6)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи визначаються за формулою (3.7) [2]:

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_B - t_3), \text{ Вт,} \quad (3.7)$$

де:  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг\*°С;  
 $t_B, t_3$  – відповідно температура всередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{н.вкн}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження, кг/(м<sup>2</sup>\*год);

$F_{вкн}$  – площа віконних прорізів, м<sup>2</sup>.

						Аркуш
						22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію визначаються за формулою (3.8) [2]:

$$Q_e = 0,28 \cdot V_{\Pi} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_b - t_3) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт}, \quad (3.8)$$

де:  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$t_b$  і  $t_3$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$V_{\Pi}$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення, і дорівнює  $1,3 \text{ кг/м}^3$ ;

$n_k$  – кратність повітрообміну приміщення,  $\text{год}^{-1}$ ;

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання, приймаємо  $k_v=0,85$ .

Середня кратність повітрообміну громадського будинку, визначається за формулою (3.9) [2]:

$$n_k = \frac{\left[ \left( \frac{L_v \cdot n_v}{24} \right) + \left( \frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_c} \right) \right]}{v_v \cdot V_{\Pi}}, \quad \text{год}^{-1} \quad (3.9)$$

де:  $L_v$  – кількість припливного повітря в будинок у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$v_v$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для розрахунків приймається  $v_v = 0,85$ ;

$F_p$  – розрахункова площа будівлі,  $\text{м}^2$ ;

$n_v$  – кількість годин роботи вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом однієї доби, год, для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює  $24$  год;

					Аркуш
					23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,8 [2].

### 3.2 Проведення розрахунку

Розрахунок проводимо для будівлі, яка знаходиться у м. Суми (І температурна зона), з нормальними вологісним режимом.

#### 3.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

##### 1. Стіни:

- кладка цегляна з повнотілої цегли з  $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , товщиною  $\delta_1 = 0,43 \text{ м}$ ;
- штукатурка – розчин цементно – піщаний з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , товщиною  $\delta_2 = 0,01 \text{ м}$ .

Знаходимо термічний опір кожного шару цегляної стіни за формулою (3.1):

$$R_{\text{ст1}} = \frac{0,43}{0,81} = 0,531 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_{\text{ст2}} = \frac{0,01}{0,81} = 0,012 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні для зовнішніх стін дорівнює  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ , а зовнішньої  $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ .

Приведений опір теплопередачі для цегляних стін визначаємо за формулою (3.2):

						Аркуш
						24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$$R_{\Sigma PP}^{CT_{цеэл}} = \frac{1}{8,7} + 0,531 + 0,012 + \frac{1}{23} = 0,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

- стіни, виконані з газоблоків, товщиною  $\delta_1 = 0,43 \text{ м}$ , та  $\lambda_1 = 0,52 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ ;

- штукатурка – розчин цементно – піщаний, з  $\lambda_2 = 0,81 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ , товщиною  $\delta_2 = 0,01 \text{ м}$ .

Знаходимо термічний опір кожного шару стіни з газоблоків за формулою (3.1):

$$R_{CT1} = \frac{0,43}{0,52} = 0,827 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_{CT2} = \frac{0,01}{0,81} = 0,012 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для стіни з газоблоків за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma PP}^{CT_{газ.б-ки}} = \frac{1}{8,7} + 0,827 + 0,012 + \frac{1}{23} = 0,997 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції громадських будинків дорівнює

$$[2] \quad R_{q \min}^{CT} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Отже,  $R_{\Sigma PP}^{CT_{цеэл}} = 0,701 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ,  $R_{\Sigma PP}^{CT_{газ.б-ки}} = 0,997 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , що менше  $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ . Це свідчить про те, що стіни необхідно утеплювати.

## 2. Вікна

- роздільні дерев'яні з подвійним склінням  $R_{\text{вкн}} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

- однокамерні склопакети зі звичайного скла у алюмінієвому профілі  $R_{q \min} = 0,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

Отже, приведений опір теплопередачі менший за необхідний  $R_{q \min} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  [9].

## 3. Підлога

- залізобетон з  $\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ;

					Аркуш
					25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

- розчин цементно-піщаний з  $\lambda_2 = 0,81$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_2 = 0,04$  м;
  - лінолеум на тканинній основі з  $\lambda_3^1 = 0,23$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_3^1 = 0,004$  м;
  - керамічна плитка з  $\lambda_3^2 = 0,96$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_3^2 = 0,005$  м.
- Розрахунок опір теплопередачі для кожного шару підлоги проводимо за формулою (3.1):

$$R_1 = \frac{0,22}{2,04} = 0,108 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_2 = \frac{0,04}{0,81} = 0,049 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_3^1 = \frac{0,004}{0,23} = 0,017 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_3^2 = \frac{0,005}{0,96} = 0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі для фундаменту, що розташований на ґрунті приймаємо як для перекриттів над холодним підвалом, що дорівнює  $\alpha_B = 8,7$  Вт/м<sup>2</sup>\*К, а зовнішній  $\alpha_3 = 12$  Вт/м<sup>2</sup>\*К.

Приведений опір теплопередачі підлоги за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma \text{ПР}}^{\text{ПДД1}} = \frac{1}{8,7} + 0,108 + 0,049 + 0,017 + \frac{1}{12} = 0,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_{\Sigma \text{ПР}}^{\text{ПДД2}} = \frac{1}{8,7} + 0,108 + 0,049 + 0,005 + \frac{1}{12} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

#### 4. Двері

- металопластикові з  $\lambda_M = 0,43$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_M = 0,04$  м.
- Розрахунок термічного опору дверей за формулою (3.1):

$$R_M = \frac{0,04}{0,43} = 0,093 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для дверей визначаємо за формулою (3.2):

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma ПР} = \frac{1}{8,7} + 0,093 + \frac{1}{23} = 0,251 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

## 5. Дах

- залізобетон з  $\lambda_1 = 2,04$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_1 = 0,22$  м;
- гравій керамзитовий з  $\lambda_2 = 0,12$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_2 = 0,15$  м;
- руберойд з  $\lambda_3 = 0,17$  Вт/(м\*К) товщиною  $\delta_3 = 0,006$  м.

Розрахунок опору теплопередачі кожного шару даху за формулою (3.1):

$$R_1 = \frac{0,22}{2,04} = 0,108 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_2 = \frac{0,15}{0,12} = 1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт},$$

$$R_3 = \frac{0,006}{0,17} = 0,035 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі для даху дорівнює  $\alpha_B = 8,7$  Вт/м<sup>2</sup>\*К, а зовнішньої  $\alpha_3 = 23$  Вт/м<sup>2</sup>\*К.

Привердений опір теплопередачі даху згідно формули (3.2):

$$R_{\Sigma ПР}^{\Delta} = \frac{1}{8,7} + 0,108 + 1,25 + 0,035 + \frac{1}{23} = 1,551 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Для I температурної зони мінімально допустиме значення опору теплопередачі даху громадських будинків дорівнює  $R_{q \min}^{\Delta} = 4,95$  м<sup>2</sup>\*К/Вт [2].

Отже, приведений опір теплопередачі зооветеринарного центру менший за необхідний, це свідчить про те, що дах потрібно утеплювати.

### 3.2.2 Розрахунок тепловтрат

Значення розрахункової температури зовнішнього повітря приймаємо [2]  $t_3 = -22^{\circ}\text{C}$ , тому що будівля розташована у м. Суми, яке знаходиться у I температурній зоні, також згідно інструментальних вимірів для

						Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

розрахунків приймаємо середню температуру всередині приміщень  $t_{вн} = +18^{\circ}\text{C}$ .

Тепловтрати через стіни при їх дійсному стані визначаємо за формулою (3.3):

$$Q_{СТ}^{Г.Б-КН} = \frac{F_{СТ}^{Г.Б-КН}}{R_{\Sigma ПР}^{Г.Б-КН}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт.}$$

$$F_{СТ}^{Г.Б-КН} = 73,8 \text{ м}^2, R_{\Sigma ПР}^{СТ Г.Б-КН} = 0,997 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, t_B = +18^{\circ}\text{C}, t_3 = -22^{\circ}\text{C}, n = 1, \text{ тоді}$$

$$Q_{СТ}^{Г.Б-КН} = \frac{73,8}{0,997} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 2960,9 \text{ Вт.}$$

$$Q_{СТ}^{ЦЕГЛ} = \frac{F_{СТ}^{ЦЕГЛ}}{R_{\Sigma ПР}^{ЦЕГЛ}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n = \frac{375,5}{0,701} \cdot (18 - (-22)) = 21426,5 \text{ Вт.}$$

У зооветеринарному центрі встановлено дерев'яні та пластикові вікна:

1) дерев'яні вікна  $F_{\delta} = 10,2 \text{ м}^2, R_{\delta} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, t_B = +18^{\circ}\text{C}, t_3 = -22^{\circ}\text{C}, n = 1$ , тоді згідно формули (3.3):

$$Q_{ВКН}^{\delta} = \frac{10,2}{0,24} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 1700 \text{ Вт.}$$

2) пластикові вікна  $F_{нл} = 99,75 \text{ м}^2, R_{нл} = 0,34 \text{ м}^2, t_B = +18, t_3 = -22^{\circ}\text{C}, n = 1$ , тоді згідно формули (3.3):

$$Q_{ВКН}^{нл} = \frac{99,75}{0,34} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 11735,29 \text{ Вт}$$

Оскільки будівля розташована на ґрунті, тепловтрати через підлогу при її дійсному стані розраховуються наступним чином:

$$\text{I зона: } R^I = R_0^I + \Sigma R_n = 2,2 + 0,036 = 2,236 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) / \text{Вт};$$

$$\text{II зона: } R^{II} = R_0^{II} + \Sigma R_n = 4,3 + 0,036 = 4,336 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) / \text{Вт};$$

$$\text{III зона: } R^{III} = R_0^{III} + \Sigma R_n = 8,6 + 0,036 = 8,636 (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) / \text{Вт}.$$

Основні тепловтрати крізь підлогу на ґрунті  $Q_{ПДЛ}$ , Вт, розраховуються за формулою (3.10):

$$Q_{ПДЛ} = \left( \frac{F_I}{R_{нз}^I} + \frac{F_{II}}{R_{нз}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{нз}^{III}} \right) \cdot (t_{вн} - t_{вп}), \quad (3.10)$$

						Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{цдл}} = \left( \frac{164}{2,236} + \frac{132}{4,336} + \frac{5}{8,636} \right) \cdot (18 - 6) = 110,7 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через дах при його реальному стані визначаємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma \text{ПП}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n = \frac{324}{1,551} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 8355,89, \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через двері при їх дійсному стані визначаємо за формулою (3.3):

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{R_{\Sigma \text{ПП}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n = \frac{3,3}{0,093} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1 = 1419,35, \text{ Вт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою (3.7):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з,р}}) = 0,28 \cdot 6 \cdot 109,95 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) = 7425,58 \text{ Вт,}$$

де:  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{з,р}}$  – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього;

$G_{\text{н}}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь нещільність віконного огородження, для розрахунків беруть нормативну повітропроникність віконних прорізів;

$F_{\text{вкн}}$  – площа вікон,  $\text{м}^2$ .

Середня кратність повітрообміну будівлі визначається за формулою (3.9):

$$n_{\text{н}} = \frac{\left[ \left( \frac{L_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}{24} \right) + \left( \frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_{\text{с}}} \right) \right]}{\nu_{\text{в}} \cdot V_{\text{п}}} = \frac{\left[ \left( \frac{1673 \cdot 16}{24} \right) + \left( \frac{637,5 \cdot 0,9 \cdot 24}{24 \cdot 1,3} \right) \right]}{0,85 \cdot 1500} = 1,22 \text{ год}^{-1}, \text{ де:}$$

$L_{\text{в}}$  – кількість припливного повітря в будинок у разі природної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\nu_{\text{в}}$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За

					Аркуш
					29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

відсутності точних даних дорівнює 0,85 [2];

$F_p$  – розрахункова площа громадських будинків, м<sup>2</sup>.

$n_v$  – кількість годин роботи механічної вентиляції або природної вентиляції протягом однієї доби, год.

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

$G_{\text{інф}}$  – кількість повітря, що інфільтрується крізь огорожувальні конструкції в неробочий час, год;

$\rho_c$  – середня густина повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м<sup>3</sup>.

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, який беруть 0,8...1,0.

Для аналізу отриманих розрахункових даних знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальної конструкції і наведемо їх у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Структура теплових втрат будівельних конструкцій

Складова теплових втрат	Втрати теплоти, Вт	%
Стіни	24387,4	45
Вікна	13435,29	23,7
Підлога	110,7	0,3
Дах	8355,89	15
Двері	1419,35	3
Інфільтрація	7425,58	13
Разом	55134,21	100

Теплові втрати у графічному вигляді зображені на рис. 3.1

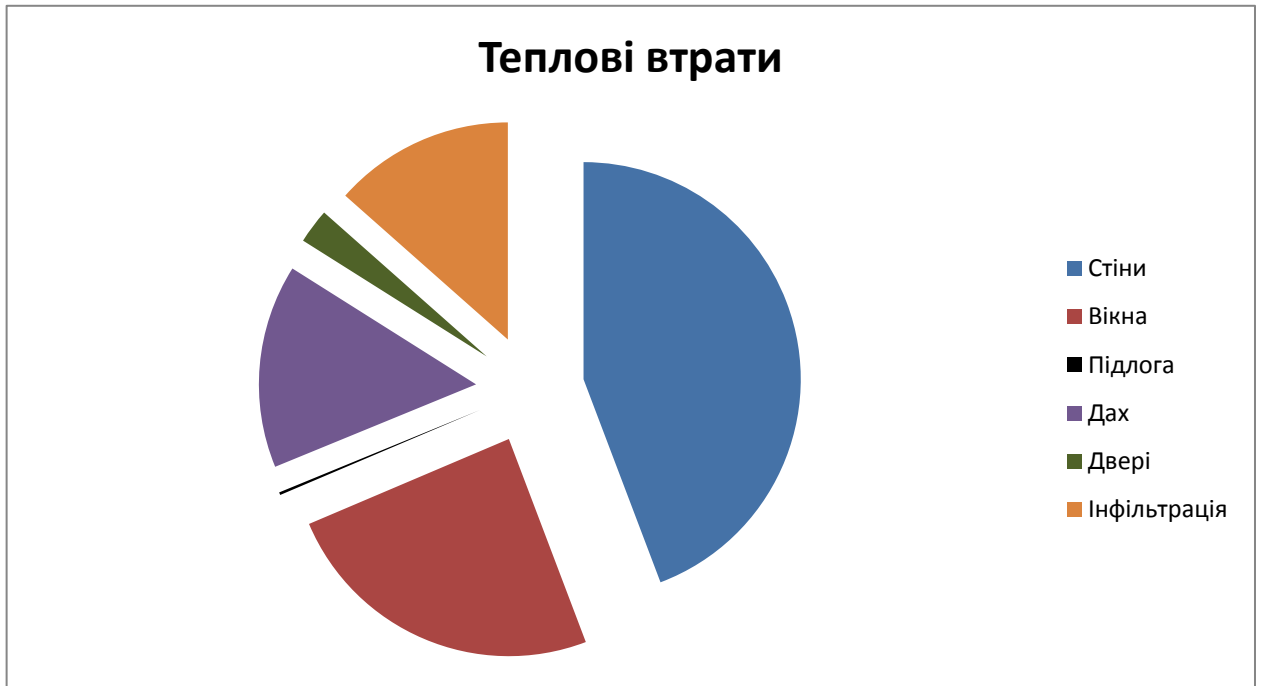


Рисунок 3.1 – Розподіл тепловтрат.

З розрахованих даних видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через стіни (45%), та вікна (23,7%). Також суттєві втрати тепла приходяться на дах (15%). Це означає, що в першу чергу необхідно приділити увагу огорожувальним конструкціям будівлі та світлопрозорим конструкціям, що також зменшить відсоток тепловтрат через інфільтрацію.

### 3.2.3 Розрахунок теплових надходжень

Теплонадходження від людей,  $Q_L$  (Вт) [30]:

$$Q_L = \beta_{int} \cdot \beta_{od} \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{v_g}) \cdot (35 - t_{II}) \cdot n_L \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де:  $\beta_{int}$  – коефіцієнт, який враховує інтенсивність роботи, що виконується людиною: для легкої роботи  $\beta_{int} = 1$ ; для роботи середньої важкості  $\beta_{int} = 1,07$ ; для важкої роботи  $\beta_{int} = 1,15$ ;

$\beta_{od}$  – коефіцієнт, який враховує теплозахисні властивості одягу: для легкого одягу  $\beta_{od} = 1$ ; для звичайного одягу  $\beta_{od} = 0,65$ ; для утепленого одягу  $\beta_{od} = 0,4$ ;

$v_e$  – швидкість повітря в приміщенні: для житлових та адміністративних приміщень  $v_e = 0,15$  м/с.

$t_{II}$  – температура приміщення, °С.

$\eta$  – коефіцієнт, який враховує час знаходження людей в приміщенні,

(для обстежуваної будівлі  $\eta = \frac{T_{роб}}{T} = \frac{13}{24} = 0,54$ ), де  $T_{роб}$  – кількість робочих годин за добу,  $T$  – загальна кількість годин в добі.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування,  $Q_{el}$  (Вт) [30]:

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \quad (3.11)$$

де  $N_{el}$  – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

$k_{II}$  – коефіцієнт завантаження (за умовами завдання  $k_{II} = \frac{T_{роб} \cdot t_{роб}}{T \cdot t} = \frac{13 \cdot 30}{24 \cdot 60} = 0,27$ ), де  $T_{роб}$  – кількість робочих годин за добу,  $t_{роб}$  – час роботи електроустаткування протягом години,  $T$  – загальна кількість годин в добі,  $t$  – загальна кількість хвилин у годині.

$\eta$  – ККД електроустаткування (за умовами завдання 0,9);

$k_T$  – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ( $k_T = 0,9$ );

$k_c$  – коефіцієнт попиту на електроенергію (за умовами завдання  $k_c = 0,35$ ).

Теплонадходження від джерел освітлення,  $Q_{осв}$  (Вт) [30]:

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \quad (3.12)$$

де  $N_l$  – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення –  $k_{осв} = 0,95$ ; люмінесцентні лампи –  $k_{осв} = 0,4$ );

$k_3$  – коефіцієнт завантаження освітлення,  $k_3 = \frac{T_{роб} \cdot t_{роб}}{T \cdot t} = \frac{6 \cdot 40}{24 \cdot 60} = 0,17$ , де

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



$T_{роб}$  – кількість робочих годин за добу,  $t_{роб}$  - час роботи джерел освітлення протягом години,  $T$  – загальна кількість годин в добі,  $t$  – кількість хвилин у годині.

$n_l$  – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації,  $Q_{рад}$  (Вт): розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації для будівель, що експлуатуються цілодобово, не проводиться [30]:

$$Q_{рад} = q_c \cdot F_c \cdot k_{B.П} + q_T \cdot F_T \cdot k_{B.П}, \quad (3.13)$$

де  $q_c$ ,  $q_T$  – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м<sup>2</sup> скла, освітленого сонцем і в тіні, Вт/м<sup>2</sup> ( $q_c = 250$  Вт/м<sup>2</sup>;  $q_T = 100$  Вт/м<sup>2</sup>);

$F_c$ ,  $F_T$  – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м<sup>2</sup>.

$k_{B.П}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу: при наполовину затіненому вікні (наприклад напіввідкриті жалюзі)  $k_{O.П} = 0,5$ ;

Теплонадходження від нагрітих поверхонь котла опалення [30]:

$$Q_{HP} = F_{П} \cdot \alpha_{П} \cdot (t_{П} - t_e), \quad (3.14)$$

де  $F_{П}$  – площа нагрітої поверхні, м<sup>2</sup>;

$t_{П}$  – температура нагрітої поверхні, °С;

$t_b$  – температура внутрішнього повітря приміщення, °С;

$\alpha_{П}$  – коефіцієнт тепловіддачі матеріалу нагрітої поверхні, Вт/м<sup>2</sup>·°С, який визначають додатковим розрахунком і дорівнює:

- для вертикальних нагрітих поверхонь дорівнює:

$$\alpha_{П} = 1,66 \cdot (t_{П} - t_e)^{0,33}, \quad (3.15)$$

- для горизонтальних нагрітих поверхонь, звернених вгору:

$$\alpha_{П} = 2,66 \cdot (t_{П} - t_e)^{0,33}, \quad (3.16)$$

- для горизонтальних нагрітих поверхонь, звернених вниз:

						Аркуш
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\alpha_{II} = 1,66 \cdot (t_{II} - t_e)^{0,33}, \quad (3.17)$$

Сумарні теплонадходження,  $Q_{тн}$ (Вт) [30]:

$$Q_{тн} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}. \quad (3.18)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі,  $\Delta Q$ (Вт) [30]:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \quad (3.19)$$

де  $\Sigma Q_{втр}$  - сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{тн}$  - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Приклад розрахунку теплових надходжень:

Теплонадходження від людей визначимо за формулою (3.10):

$$Q_l = 1,07 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,15}) \cdot (35 - 18) \cdot 5 \cdot \frac{11}{24} = 318,7 \text{ Вт}.$$

Визначимо теплонадходження від електроустаткування за формулою (3.11):

- від комп'ютерів:

$$Q_{ел1} = 300 \cdot (1 - 0,27 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,35) \cdot 3 = 231,11 \text{ Вт}.$$

- від світильників в операційній:

$$Q_{ел2} = 125 \cdot (1 - 0,27 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,35) \cdot 2 = 105,86 \text{ Вт}.$$

Розрахунок теплонадходження від джерел освітлення за формулою (3.12):

- від ламп розжарювання:

$$Q_{осв1} = 75 \cdot 0,95 \cdot 23 \cdot 0,17 = 287,6 \text{ Вт};$$

$$Q_{осв2} = 60 \cdot 0,95 \cdot 18 \cdot 0,17 = 174,4 \text{ Вт}.$$

- від люмінесцентних ламп:

$$Q_{осв3} = 18 \cdot 0,4 \cdot 30 \cdot 0,17 = 36,72 \text{ Вт}.$$

Визначимо теплонадходження від нагрітих поверхонь котла опалення за формулою (3.14) та коефіцієнт тепловіддачі матеріалу нагрітої поверхні за формулами (3.15)-(3.17):

$$\alpha_1 = 1,66 \cdot (77 - 18)^{0,33} = 6,375 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}; Q_{нп1} = (0,8 \cdot 1,185) \cdot 6,375 \cdot (77 - 18) = 356,57 \text{ Вт};$$

						Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\alpha_2 = 1,66 \cdot (77 - 18)^{0,33} = 6,375 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{III}2} = (1,36 \cdot 1,185) \cdot 6,375 \cdot (77 - 18) = 606,16 \text{ Bm};$$

$$\alpha_3 = 1,66 \cdot (77 - 18)^{0,33} = 6,375 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{III}3} = (0,8 \cdot 1,185) \cdot 6,375 \cdot (77 - 18) = 356,57 \text{ Bm};$$

$$\alpha_4 = 1,66 \cdot (77 - 18)^{0,33} = 6,375 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{III}4} = (1,36 \cdot 1,185) \cdot 6,375 \cdot (77 - 18) = 606,16 \text{ Bm};$$

$$\alpha_5 = 2,66 \cdot (74 - 18)^{0,33} = 10,04 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{III}5} = (0,8 \cdot 1,36) \cdot 10,04 \cdot (74 - 18) = 611,72 \text{ Bm};$$

$$\alpha_6 = 1,66 \cdot (80 - 18)^{0,33} = 6,48 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C};$$

$$Q_{\text{III}6} = (0,8 \cdot 1,36) \cdot 6,48 \cdot (80 - 18) = 437,12 \text{ Bm}.$$

Сумарні теплонадходження за формулою (3.18):

$$\Sigma Q_{\text{III}} = 318,7 + 231,11 + 105,86 + 278,6 + 174,4 + 36,72 + 2974,3 = 4119,69 \text{ Bm}.$$

За формулою (3.19) отримаємо теплову потужність:

$$\Delta Q = 55134,21 - 4119,69 = 51014,52 \text{ Bm}.$$

Отримана теплова потужність  $\Delta Q$  визначається лише за нормативними величинами мінімальних розрахункових температур зовнішнього повітря  $t_{3,p}$  для відповідної температурної зони.

Однак для визначення дійсного значення витрати теплоти за весь опалювальний період, необхідно отриману величину теплової потужності звести до середньої величини за середньою температурою зовнішнього повітря за весь опалювальний сезон, кВт·год:

$$Q_{\text{оп}} = \Delta Q \cdot \frac{(t_{\text{с}}^{\text{сп}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{с}}^{\text{сп}} - t_{3,p})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.20)$$

де  $\Delta Q$  – розрахункова величина теплової потужності будівлі, Вт;  
 $t_{\text{с}}^{\text{сп}}$ ,  $t_{3,p}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ .

$t_{\text{ср.оп}}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря за даними гідрометеоцентру,  $^\circ\text{C}$ .

$n_{\text{оп}}$  – тривалість опалювального періоду [5].

					Аркуш
					35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Проаналізувавши дані про середню зовнішню температуру в м.Суми за опалювальний період 2016-2017 років (рисунок 3.2) та підставивши в формулу (3.20) значення розрахункових за опалювальний період температур, побудуємо графік зміни теплового навантаження залежно від зовнішніх температур (рисунок 3.3) та підрахуємо сумарну кількість спожитої теплової енергії.

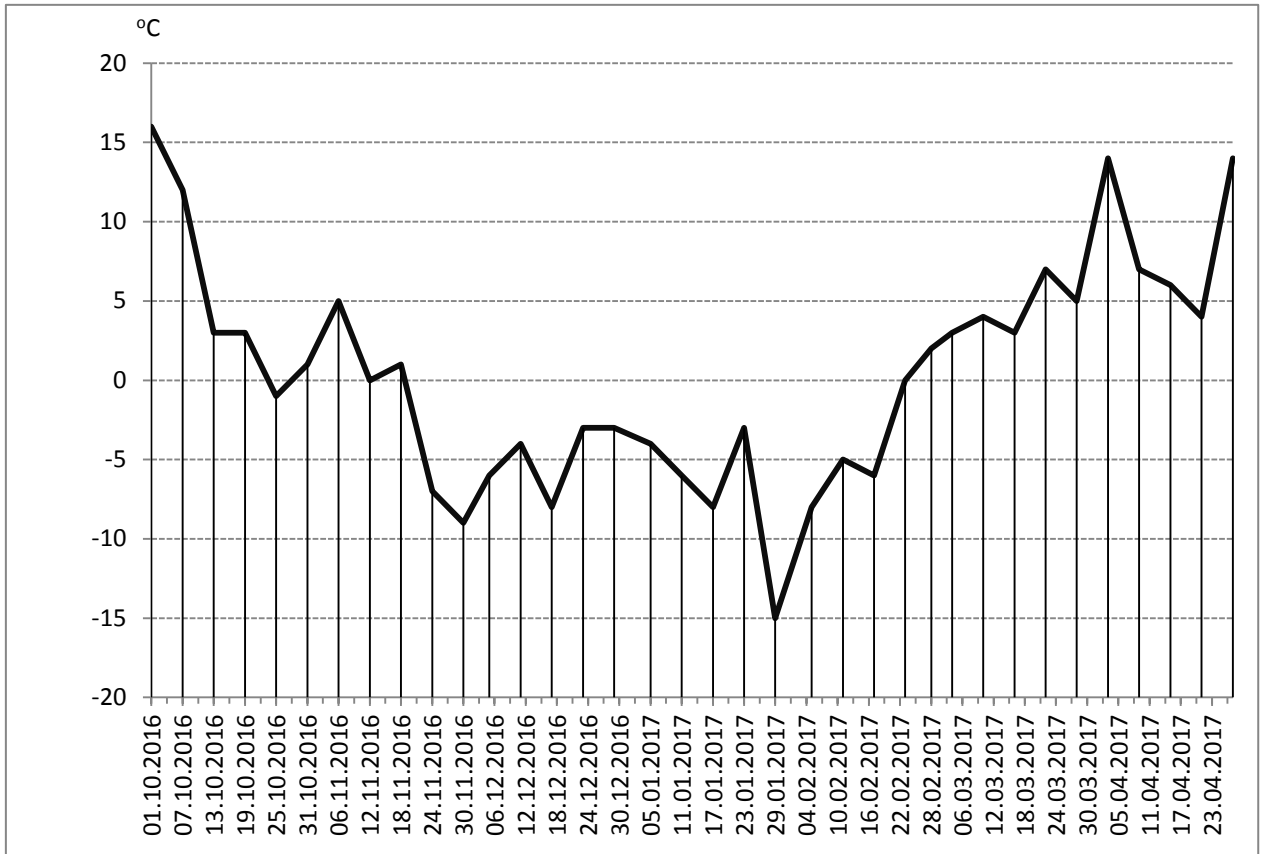


Рисунок 3.2 – Графік зміни температури зовнішнього повітря в м. Суми за опалювальний період 2016-2017 років.

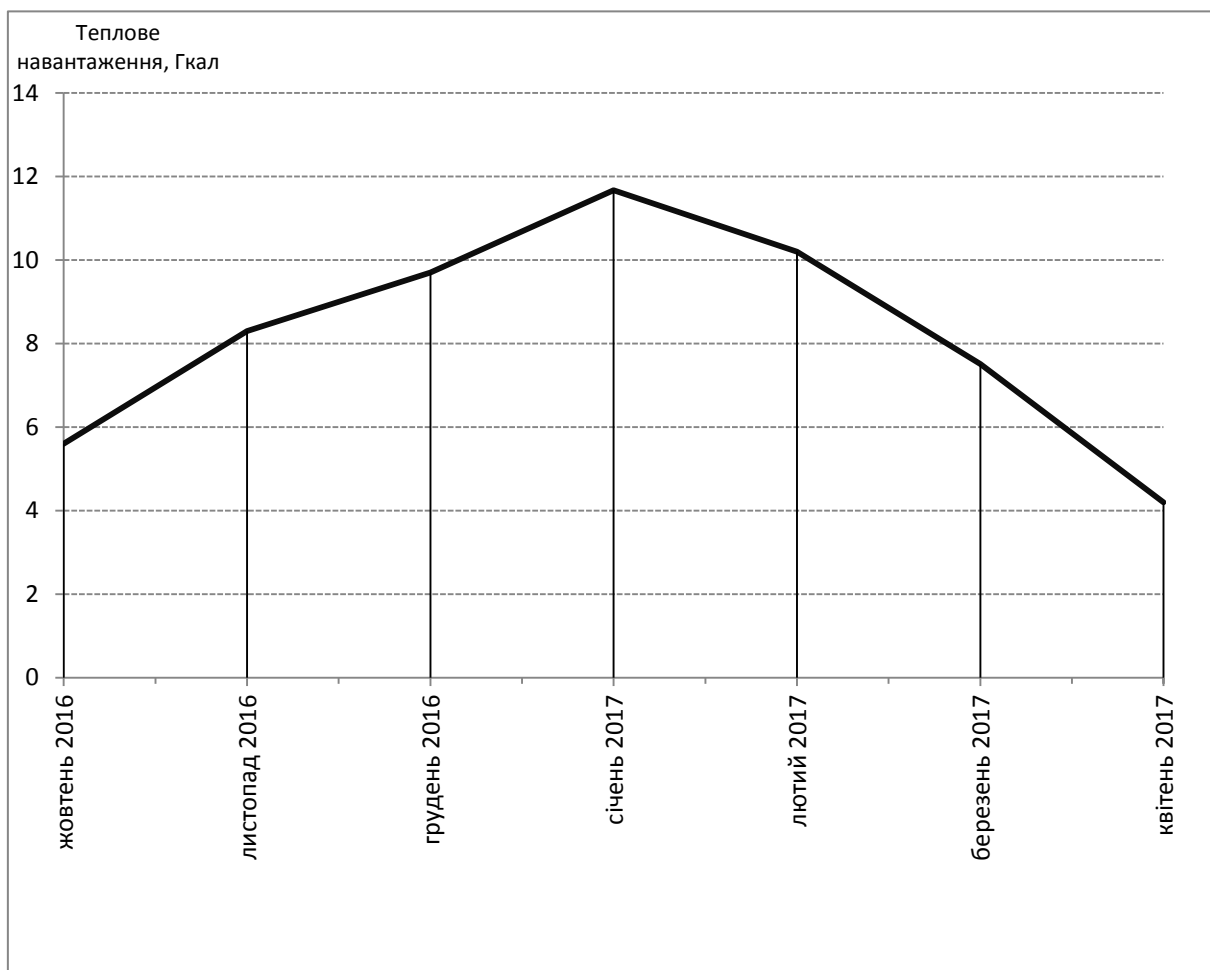


Рисунок 3.3 – Графік зміни теплового навантаження в залежності від зовнішньої температури

Порівняємо значення розрахункової та фактичної спожитої теплової енергії за 2017 рік (див. стр. 38, рис. 3.4).

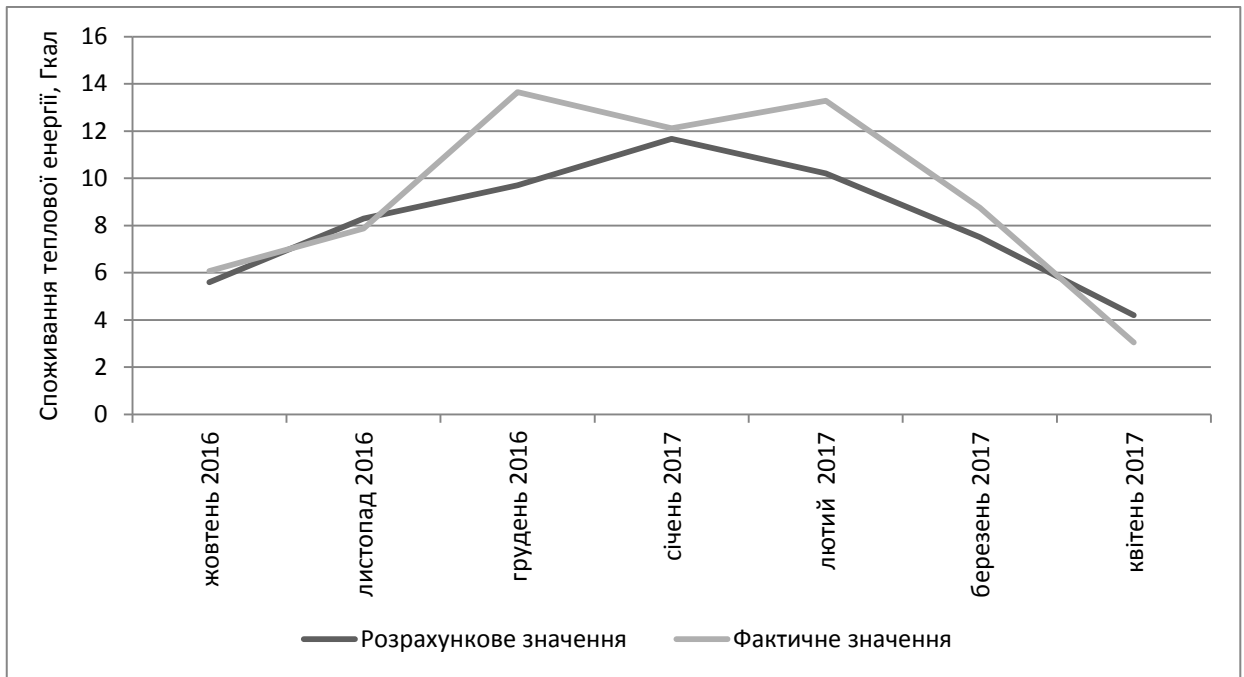


Рисунок 3.4 – Порівняльний графік спожитого фактичного та розрахункового значень теплового навантаження за опалювальний період

Отже, фактично спожита тепла енергія за показами теплового лічильника становить 64,81 Гкал. Знайдемо різницю між фактичною та розрахунковою спожитою тепловою енергією:

$$\delta Q_{оп} = \frac{57,18 - 64,81}{64,81} \cdot 100\% = -11,77\%$$

Як висновок можна сказати, що будівля зооветцентру надмірно отоплюється у грудні, січні, лютому та березні та отримує недостатньо тепла у квітні та листопаді.

## 4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

### 4.1 Перелік можливих енергозберігаючих заходів

Запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стіни);
- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах);
- заміна вікон;
- заміна північного вікна сендвіч-панелями.
- заміна існуючих ламп розжарювання на світлодіодні

### 4.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберігаючих заходів

#### 4.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін)

Поточний стан:

Аналіз балансу теплової енергії показує, що велика частина витрат тепла припадає на витрати через огорожувальні конструкції будівлі. Оскільки стіни складають значну площу огорожуючи конструкцій, то саме через них проходить велика частка теплових втрат. Тому додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Опис можливостей з енергозбереження:

Необхідно накласти теплоізоляцію ззовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг: утеплюється вся поверхня стіни, включаючи вузли прилягання перекриттів; попереджує передчасне руйнування стін, що може бути викликане коливанням температур та атмосферною вологою; роботи по утепленню не порушують режиму роботи будівлі; не відбувається

						Аркуш
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зменшення корисної площі будівлі.

Впровадження цього енергозберігаючого заходу призведе також в тому числі до покращення мікроклімату у будівлі.

В якості теплоізоляційних матеріалів були запропоновані наступні варіанти:

- Мінеральна вата;
- Пінополіуретан;
- Пінополістирол;

Для того щоб обрати, який з матеріалів краще використати для утеплення будівлі проведемо розрахунки та визначимо актуальність цих матеріалів.

Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, що підлягає утепленню, становить 449,3 м<sup>2</sup>. Значення розрахункових теплофізичних характеристик матеріалів стін та теплоізоляції наведено в табл. 4.1.

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Таблиця 4.1 – Значення розрахункових характеристик матеріалів

№ п\п	Найменування		Матеріал шару	Товщина шару, $\delta$ , м	Теплопровідність, $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$
1	Стіни	1	Повнотіла силікатна цегла на цементно- піщаному розчині	0,43	0,81
			Цементно-піщана штукатурка	0,01	0,81
		2	Газоблоки на цементно- піщаному розчині	0,43	0,51
			Цементно-піщана штукатурка	0,01	0,81
2	Теплоізоляційні матеріали		Плити з мінеральної вати	0,099	0,038
			Пінополіуретан	0,078	0,03
			Плити пінополістерольні	0,11	0,042

Розрахункове значення опору теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції визначається за формулою (3.2):

$$R_{\Sigma ПР} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}. \quad (3.2)$$

Значення опору теплопередачі багатошарової конструкції стіни будівлі зооветцентру без ізоляційного матеріалу:

- для цегляної стіни:  $R_{\Sigma ПР}^{СТ_{нест}} = 0,701 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}$ ;

- для стіни, що виконана з газоблоків:  $R_{\Sigma ПР}^{СТ_{2,6-кв}} = 0,997 \frac{M^2 \cdot K}{Вт}$ .

Встановимо необхідну товщину для різних видів утеплювачів:

1) для мінеральної вати;

2) для пінополіуретану;

3) для пінополістиролу;

Обрахувати цю величину можна за формулою (4.1):

$$\delta_{ут} = [R_{q \min} - R_{\Sigma ПР}] \cdot \lambda_{ут}, м. \quad (4.1)$$

Для обстежуваної будівлі товщина теплоізоляції різними видами утеплювача буде становити за формулою (4.1):

$$\delta_{мін.в-та} = [3,3 - 0,701] \cdot 0,038 = 0,099 м = 99 мм,$$

$$\delta_{п-пан} = [3,3 - 0,701] \cdot 0,03 = 0,078 м = 78 мм,$$

$$\delta_{п-рол} = [3,3 - 0,701] \cdot 0,042 = 0,11 м = 11 мм.$$

Товщину ізоляції обрано за найнижчим показником опору теплопередачі стіни через проблематичність комбінованого утеплення, тому що фрагменти конструкцій з газоблоків розташовані врізнобій і на одній стіні можуть бути один або декілька фрагментів конструкцій з газоблоків або відсутні взагалі. Це ускладнює розрахунок і монтаж утеплення.

Втрати теплової енергії через стіни після впровадження заходу за формулою (3.4):

$$Q_{cm}^2 = \frac{449,3}{3,3} \cdot (18 - (-22)) = 5446 Вт.$$

						Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Економія витрат теплоти після утеплення стін розраховуємо за формулою (4.2) [28]:

$$\Delta Q = \Delta Q^1 - \Delta Q^2, \quad (4.2)$$

$$\Delta Q_{cm} = 24387,4 - 5446 = 18941,4 \text{ Вт}.$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу розраховується за формулою (4.3) [28]:

$$Q_{cm}^{Ek.pik} = \Delta Q_{cm} \cdot \frac{(t_6 - t_{cp.on})}{(t_6 - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \quad (4.3)$$

$$Q_{cm}^{Ek.pik} = 18941,4 \cdot \frac{(18 - (-2,5))}{(18 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 43567,11 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає:

$$43567,11 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 37,46 \text{ Гкал} / \text{рік};$$

$$37,46 \text{ Гкал} / \text{рік} \cdot 1321,64 \text{ грн} / \text{Гкал} = 49508,63 \text{ грн} = 49,51 \text{ тис. грн}$$

4.2.1.1 Утеплення стін плитами із мінеральної вати  
Оберемо плити з мінеральної вати «Профітеп» виробника Kauf [15].

Розміри однієї плити: довжина = 1230мм, ширина = 610мм, товщина = 100мм. У одній упаковці знаходяться 8 шт плит. Вартість однієї упаковки становить 405 грн. Термін служби матеріалу 20 років. Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій, що підлягає утепленню, становить 449,3 м<sup>2</sup>.

Вартість робіт з монтажу 1м<sup>2</sup> складає 100 грн.

Також до вартості придбання теплоізоляційного матеріалу (плит з мінеральної вати) потрібно додати вартість усіх супутніх допоміжних матеріалів, вартість та витрата яких наведена далі:

- ґрунтовка «Ceresit СТ-17» [8]. Розрахована ціна за 1 м<sup>2</sup>=2,17 грн;
- клей Kreisel Lepstryl W230 [9]. 25 грн за 1м<sup>2</sup>;
- дюбель – зонт фасадний Wknet-met 10x180 [10]. 21 грн за 1 м<sup>2</sup>;

						Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- сітка фасадна лугостійка «ССШ-160» [11]. 6,96 грн за 1м<sup>2</sup>;
- клей для армування (універсальний) «Ceresit СТ-16»[12]. 17,77 грн за 1 м<sup>2</sup>;
- ґрунтуюча фарба «Ceresit СТ-16»[13]. 4,87 грн за м<sup>2</sup>;
- штукатурка декоративна, мінеральна, «коройд» «Ceresit СТ-35»[14]. 15,11 грн за 1м<sup>2</sup>.

Загалом вартість заходу з урахуванням усіх пунктів складає за формулою (4.4) [29]:

$$C_{ВІРОВ} = F_{СТ} \cdot (C_{ТОВ} + C_{РОБ}) \quad (4.4)$$

$$C_{ВІРОВ} = 117036 \text{ грн} = 117,04 \text{ тис. грн.},$$

де: мінеральна вата – 75 пакунків по 8 плит сумарною вартістю 30375 грн, ґрунтівка – 18 каністр сумарною вартістю 974,98 грн, клей – 90 мішків сумарною вартістю 11232,5 грн, дюбель-зонт – 12 пачок по 200 шт гвіздків у кожній сумарною вартістю 9435,3 грн, сітка армована – 9 рулонів сумарною вартістю 3127,13 грн, клей для армування – 108 мішків сумарною вартістю 7984,1 грн, ґрунтуюча фарба – 36 відер сумарною вартістю 2188,1 грн, декоративна штукатурка – 58 мішків сумарною вартістю 6788,9 грн, та роботи з монтажу сумарною вартістю 44930 грн.

Визначимо рентабельність з прибутку за формулою (4.5) [29]:

$$R_p = \sum_{t=1}^T \Pi_t / \sum_{t=1}^T (B_t + K_t) = 49,51 / 117,04 = 0,42. \quad (4.5)$$

де: П – прибуток, грн.;

В – поточні витрати, грн.;

К – капітальні витрати, грн.;

Т – останній рік розрахункового періоду, грн.;

t – поточний рік у розрахунковому періоду, грн.;

Термін окупності визначимо за формулою (4.6) [29]:

						Аркуш
						44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$T_{OK} = K \cdot (1 + E)^t / \sum_{t=1}^T (D_t - B_t), \quad (4.6)$$

де: E – ставка дисконтування, частка од.;  
D – дохід, грн.

Розрахуємо показник чистої приведеної вартості використовуючи формулу (4.6) [29]:

$$NVP = -C_o + \sum \frac{C_n}{(1+r)^n}, \quad (4.7)$$

де: C<sub>0</sub> - величини інвестиції, грош. од.;

C<sub>n</sub> – грошовий потік, грош.од.;

r – ставка відсотка, %, n – кількість років.

Якщо NVP>0, то проект є вигідним, якщо NVP<0, то – невигідним.

Отримані значення показника чистої приведеної вартості заносимо в таблицю 4.2.

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Значення показника чистої приведеної вартості

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	49508	-	-
1		117036	93628,8
2		117036	74903,04
3		117036	59922,432
4		117036	47937,9456
5		117036	38350,35648
6		117036	30680,28518
7		117036	24544,22815
8		117036	19635,38252
9		117036	15708,30601
10		117036	12566,64481
11		117036	10053,31585
12		117036	8042,652679
13		117036	6434,122143
14		117036	5147,297715
15		117036	4117,838172
16		117036	3294,270537
17		117036	2635,41643
18		117036	2108,333144
19		117036	1686,666515
20		117036	1349,333212
Ставка дисконтування			25%
NPV			413238,67

#### 4.2.1.2 Утеплення стін пінополіуретаном

Обрано для утеплення піну поліуретанову для розпилення фірми POLYNOR [16].

Технічні показники піни надано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Характеристики піни POLYNOR

Основа	Поліуретановий преполімер
Механізм цементації	Полімерізація від вологи у повітрі
Швидкість цементації	Приблизно 1 година
Відносна площа напилення 1 балону	1-3 м <sup>2</sup> відповідно при товщині шару 15-60 мм.
Відносна витрата	1,5 балонів на 1 м <sup>2</sup> при товщині шару 80 мм.
Термостійкість	-80 °С до +115 °С
Коефіцієнт теплопровідності	0,03 Вт/(м*К)
Термін служби матеріалу	20 років

#### Опис заходу

Утеплення стін напилюванням пінополіуретану ззовні – доволі нетрадиційний захід, але має свої переваги та особливості, а саме:

- Балони з піною економічно фасовані;
- Влаштування заходу не передбачає і не потребує монтування каркасу при проведенні зовнішнього утеплення, що також впливає на витрати та капітальність робіт з кращого боку;
- Підвищений показник адгезії (прилипання) до більшості будівельних матеріалів у порівнянні з іншими пінами;

						Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- Поверхню утеплювача після затвердіння можливо фарбувати без додаткової обробки;

#### Опис технології утеплення

Насамперед потрібно очистити оброблювані поверхні від пилу, бруду та вологи. Підготувати балони з утеплювачем: підігріти балони до температури від  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ , встановити спеціальну насадку з розпилювачами що передбачені в комплекті, збовтати балон.

При напилені курок натискати до упору, товщина напилюемого шару збільшиться на 20% у об'ємі через 20 хвилин, тому напилювати обережно з урахуванням розширення. При необхідності наступний шар напилювати через 20 хвилин після нанесення попереднього шару утеплювача.

Рекомендовано розпорошувати суміш з балону на відстані від 300 мм до 450 мм від оброблюваної поверхні, під час робіт балон час від часу збовтують. Один шар утеплення має бути не більше 80 мм в товщину.

Для утеплення будівлі з площею стін  $449,3 \text{ м}^2$  при витраті 1,5 балонів на  $1 \text{ м}^2$  необхідного з розрахунків шару 80 мм буде витрачено 674 балонів сумарною вартістю 195,5 тис. грн., вартість робіт з утеплення дорівнює 150 грн за  $1 \text{ м}^2$ .

Визначимо загальну вартість заходу за формулою (4.4) :

$$C_{\text{ВПРОВА}} = 262900 \text{ грн} = 262,9 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо рентабельність з прибутку за формулою (4.5) :

$$R_p = 49,51 / 262,9 = 0,19$$

Простий термін окупності за формулою (4.6) :

$$T_{\text{ОК}} = 262,9 \cdot (1 + 0,25) / 49,51 = 6,64 \text{ років.}$$

Розахуємо показник чистої приведеної вартості. Отримані значення показника заносимо до таблиці 4.4.

						Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Таблиця 4.4 – Значення показника чистої приведеної вартості

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	49508	-	-
1		262900	210320
2		262900	168256
3		262900	134604,8
4		262900	107683,84
5		262900	86147,072
6		262900	68917,6576
7		262900	55134,12608
8		262900	44107,30086
9		262900	35285,84069
10		262900	28228,67255
11		262900	22582,93804
12		262900	18066,35043
13		262900	14453,08035
14		262900	11562,46428
15		262900	9249,971422
16		262900	7399,977138
17		262900	5919,98171
18		262900	4735,985368
19		262900	3788,788295
20		262900	3031,030636
Ставка дисконтування			25%
NPV			989967,88

#### 4.2.1.3 Утеплення стін .плитами з пінополістиролу

Для утеплення було обрано плити пінополістирольні ПСБ-С-35 фірми Nevelir [17]. Розміри плит: Довжина = 1000мм, висота = 1000мм, товщина = 100 мм. Вартість однієї плити – 109 грн, вартість монтажних робіт – 120 грн за 1 м<sup>2</sup>. Також для утеплення стін пінополістиролом потрібно урахувати вартість усіх матеріалів для проведення робіт, а саме:

- Клей стиропоровий [18] – 53 грн за 1 кг, для утеплення потрібно витратити 224,7 кг, що у грошовому еквіваленті дорівнює 11925 грн (225 відер по 1 кг кожне) (витрата – 500 гр. на 1 м<sup>2</sup>, площа до утеплення 449,3 м<sup>2</sup>);

- Плити піно полістирольні [17] – 109 грн за 1 м<sup>2</sup> матеріалу, потрібно 450 плит загальною вартістю 49050 грн;

- Дюбелі [10] – Потрібні дюбелі мають витрату 5 шт на 1 м<sup>2</sup>, в одній пачці 200 шт, потрібно 12 пачок сумарною вартістю 9435 грн;

- Армувальна скло сітка [11] – 50 м<sup>2</sup> у рулоні, для проведення робіт потрібно 9 рулонів сумарною вартістю 3127,13 грн;

- Клей для армування [12] – 1 мішка достатньо для обробки 5 м<sup>2</sup> поверхні. У одному мішку 25 кг суміши, отже потрібно придбати 90 мішків суміши сумарною вартістю 16200 грн;

- Штукатурка під фарбування [14] – у мішку 25 кг суміши, на 1 м<sup>2</sup> потрібно нанести 3,2 кг суміши, розрахована кількість мішків – 58 штук сумарною вартістю 6788,9 грн;

- Роботи будівельників – 120 грн за 1 м<sup>2</sup> утеплення, до сплати за послуги 53916 грн.

Загалом вартість заходу становить за формулою (4.4) :

$$C_{\text{ВПРОВ}} = 204358,03 \text{грн} = 204,36 \text{тис.грн.}$$

Визначимо рентабельність з прибутку за формулою (4.5) :

$$R_p = 49,51 / 204,36 = 0,24$$

						Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Простий термін окупності за формулою (4.6) :

$$T_{ок} = 204,36 \cdot (1 + 0,25) / 49,51 = 5,16 \text{ років.}$$

Термін служби матеріалу 20 років. Розрахуємо показник чистої приведеної вартості. Отримані значення показника заносимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Значення показника чистої приведеної вартості

Рік	Витрата, грн	Грошовий потік, Сп, грн	Чистий дисконтований потік, грн
0	49508	-	-
1		204358,03	163486,424
2		204358,03	130789,1392
3		204358,03	104631,3114
4		204358,03	83705,04909
5		204358,03	66964,03927
6		204358,03	53571,23142
7		204358,03	42856,98513
8		204358,03	34285,58811
9		204358,03	27428,47049
10		204358,03	21942,77639
11		204358,03	17554,22111
12		204358,03	14043,37689
13		204358,03	11234,70151
14		204358,03	8987,761209
15		204358,03	7190,208967
16		204358,03	5752,167173
17		204358,03	4601,733739
18		204358,03	3681,386991
19		204358,03	2945,109593
20		204358,03	2356,087674
Ставка дисконтування			25%
NPV			758499,77

Висновок:

Було порівняно три заходи зі зменшення втрат теплової енергії. Утеплення стін пінополіуретаном з найвищим показником серед двох інших запропонованих заходів виявилось найкращим з економічної точки зору, тому рекомендовано провести утеплення саме цим матеріалом.

#### 4.2.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (дах)

Поточний стан

Аналіз балансу теплової енергії показує, що суттєва частка витрат тепла припадає на витрати через такі огорожувальні конструкції будівлі, як дах, тому додаткове утеплення даху спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії взагалі по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту енергію.

Опис можливостей з енергозбереження

Необхідно накласти теплову ізоляцію ззовні, оскільки такий спосіб має ряд переваг:

- утеплюється вся поверхня даху, включаючи вузли прилягання перекриттів;
- попереджує передчасне руйнування даху, що може бути викликане коливанням температур та атмосферними опадами;
- не впливає на робочий режим та процес закладу.

Для утеплення даху будівлі пропонується піноізол. Теплопровідність такого матеріалу складає  $\lambda = 0,04$  Вт/(м\*К).

Визначимо товщину теплоізоляційного шару для утеплення даху за формулою (4.1):

$$\delta_{VT} = [4,95 - 1,551] \cdot 0,04 = 136 \text{ мм} = 0,136 \text{ м}.$$

						Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Величина площі даху, що необхідно утеплювати, складає 362,75 м<sup>2</sup>.

Втрати теплової енергії через дах до впровадження заходу склали по формулі (3.3) загалом по будівлі  $Q_o^1 = 8355,89 \text{Вт}$ .

Втрати теплової енергії після впровадження заходу згідно формули (3.4) :

$$Q_o^2 = \frac{362,75}{4,95} + (18 - (-22)) = 113,28 \text{Вт}.$$

Економія витрат теплоти після утеплення даху згідно формули (4.2) :

$$\Delta Q = 8355,89 - 113,28 = 8242,61 = 8,24 \text{кВт}.$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.3):

$$Q_o^{Ek.pik} = 8242,61 \cdot \frac{(18 - (-2,5))}{(18 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 18958,83 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає:  
 $18958,83 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 16,3 \text{Гкал} / \text{рік}$ ,  $16,3 \text{Гкал} / \text{рік} \cdot 1321,64 \text{грн} / \text{Гкал} = 21542,73 \text{грн}$ .

Витрати на введення в експлуатацію

До вартості придбання теплоізоляційного матеріалу входить і вартість всіх супутніх допоміжних матеріалів, вартість яких наведено у таблиці 4.6 з розрахунком на 1 м<sup>2</sup>.

						Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Ціна і витрата матеріалів на утеплення даху

Матеріал	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за 1 м <sup>2</sup> , грн
Піноізол	м <sup>3</sup>	0,13	45
Плита поліпропіленова	кг	2,76	129,17
Цементно-піщана суміш	кг	10	14,4
Робота будівельників	м <sup>2</sup>	450	60
Всього			248,57

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу за формулою (4.8):

$$K = K_{осн} + K_{снут} \quad (4.8)$$

$$K = 111628,5 \text{ грн} = 111,63 \text{ тис. грн.}$$

Визначимо простий термін окупності за формулою (4.6):

$$T_{ок} = \frac{111628,5}{21542,73} = 5,2 \text{ роки.}$$

#### 4.2.3 Заміна вікон

Поточний стан:

Аналіз балансу теплової енергії показує, що велика частка витрат тепла припадає на витрати через такі огорожувальні конструкції будівлі, як вікна. Тому заміна застарілих віконних конструкцій на нові більш енергозберігаючі здатне значно скоротити витрати теплової енергії загалом по будівлі, і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

					Аркуш
					54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Опис можливостей з енергозбереження:

Необхідно повністю демонтувати старі дерев'яні вікна та змонтувати нові металопластикові вікна з 2-камерними енергозберігаючими склопакетами.

#### 4.2.3.1 Заміна дерев'яних вікон на нові металопластикові

Тепловтрати крізь віконний отвір дерев'яних вікон до впровадження заходу  $\Delta Q_{\text{вкн}} = 1700 \text{ Вт} = 1,7 \text{ кВт}$ . Площа  $F_{\text{вкн}}$  складає  $10,2 \text{ м}^2$ .

Тепловтрати крізь віконний отвір після впровадження заходу складуть за формулою (3.4):

$$\Delta Q_{\text{вкн}}^2 = \frac{10,2}{0,84} \cdot (18 - (-22)) = 485,7 \text{ Вт} = 0,486 \text{ кВт}.$$

Економія теплоти після заміни вікон за формулою (4.2):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = \Delta Q_{\text{вкн}}^1 - \Delta Q_{\text{вкн}}^2 = 1700 - 485,7 = 1214,3 \text{ Вт} = 1,21 \text{ кВт}.$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.3):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{Ек.рік}} = 1214,3 \cdot \frac{(18 - (-2,5))}{(18 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 = 2793011,43 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 2793 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає:

$$2793 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 2,4 \text{ Гкал} / \text{рік}, \quad 2,4 \text{ Гкал} / \text{рік} \cdot 1321 \text{ грн} / \text{Гкал} = 3170,4 \text{ грн}.$$

Витрати на введення в експлуатацію

Вартість придбання нових вікон зазначено в таблиці 4.7 [20]. У вартість конструкції входить доставка, демонтаж старих вікон і монтаж нових металопластикових вікон. Виклик спеціаліста по замірам безкоштовно.

					Аркуш
					55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 4.7 – Вартість віконних конструкцій

Конструкція та розмір вікна	Кількість однотипних вікон, шт.	Вартість за 1 вікно, грн.	Загальна вартість, грн.
1700x800 4s-16Ar-4-14Ar-4i TROCAL 76-AD - MACO	2	4188,76	8377,52
1700x1100 4i-14Ar-4-14Ar-4i TROCAL 76-AD WINKHAUS	4	4116,85	16467,4
До сплати			24844,92

Визначимо простий термін окупності за формулою (4.6):

$$T_{OK} = \frac{24844,92}{3170,4} = 7,8 \text{ років.}$$

4.2.3.2 Заміна застарілих пластикових вікон на нові енергозберігаючі

Тепловтрати крізь старі вікна до впровадження заходу становили  $\Delta Q_{\text{вкн}} = 11735,29 \text{ Вт} = 11,74 \text{ кВт}$ .

Тепловтрати крізь вікна після впровадження заходу складуть за формулою (3.4):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = \frac{63,75}{0,75} \cdot (18 - (-22)) = 3400 \text{ Вт} = 3,4 \text{ кВт}.$$



Економія теплової енергії після заміни вікон за формулою (4.2):

$$\Delta Q_{\text{вкн}} = 11735,29 - 3400 = 8335,29 \text{ Вт} = 8,34 \text{ кВт}$$

Річна економія після впровадження заходу складає згідно формули (4.3):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{ен.рік}} = 8335,29 \cdot \frac{(18 - (-2,5))}{(18 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 = 19172000,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 19172 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає:  
 $19172 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 16,482 \text{ Гкал} / \text{рік}$ ,  $16,482 \text{ Гкал} / \text{рік} \cdot 1321,64 \text{ грн} / \text{Гкал} = 21783,3 \text{ грн}$

Витрати на введення в експлуатацію

Для проведення заходу потрібно придбати 25 вікон розмірами 1700x1500 з показником  $R \geq 0,75$ .

Були обрані вікна TROCAL 76AD – MACO від ЕНФОЛД [20].  
 Характеристики вікон наведено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Характеристика вікон TROCAL 76AD – MACO

Формула склопакету	4s-10Ar-4-10Ar-4i
Профіль	TROCAL 76AD
Кількість камер	2
Заповнення камер	аргон
Матеріал профілю	ПВХ

Вартість одного вікна складає 6982,35 грн включно з роботами будівельників, демонтажем старих вікон та матеріалів для проведення заходу.

Витрати на введення у експлуатацію

Орієнтовна загальна сума капітальних витрат для впровадження запропонованого заходу за формулою (4.8) складає 174558,75 грн.

Визначимо за формулою (4.6) простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{174558,75}{21783,3} = 8,01 \text{років.}$$

#### 4.2.3 Заміна північного вікна сендвіч-панелями

Поточний стан:

За результатами тепловізійного обстеження та подальших розрахунків тепловтрат будівлі ветцентру було встановлено, що значні тепловтрати відбуваються крізь недоцільно велику площу вікон, які розташовані на північному боці будівлі (чотири великих вікна, розмірами 2500x3600 мм). Треба зазначити, що на цю північну сторону будівлі ніколи не потрапляє сонячна енергія, і вона знаходиться постійно під тінню від сусідніх багатоповерхових будівель. Додатково, весь цей фасад закритий рекламним банером. Таким чином, ніякої користі від них немає.

Через неможливість демонтажу цих вікон і зведення на їх місці стіни через особливість конструкції будівлі та через порушення робочого графіку будівлі через будівельні роботи було прийнято рішення монтажу сендвіч-панелей по усій площині вікон.

Опис можливостей з енергозбереження:

Для проведення енергоефективних заходів потрібні сендвіч-панелі з приведеним опором теплопередачі не менше ніж  $R = 3 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$ .

Було обрано стінові сендвіч-панелі з наповненням мінеральною ватою товщиною 120 мм вкриті шаром оцинкованої сталі з полімерним покриттям від виробника Промстан вартістю 847 грн за 1 м<sup>2</sup> [21].

Монтаж і матеріали для монтажу включено до вартості панелей, вартість робіт з монтажу – 200 грн за 1 м<sup>2</sup>.

						Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тепловтрати крізь оброблену ділянку складуть згідно формули (3.4):

$$R_{\text{дл}} = \frac{36}{3,5} \cdot (18 - (-22)) = 411,43 \text{Вт} = 0,411 \text{кВт}.$$

Економія витрат теплоти після проведення енергозберігаючих заходів складають за формулою (4.2):

$$\Delta Q_{\text{дл}} = 4235,3 - 411,43 = 3823,57 \text{Вт} = 3,82 \text{кВт}.$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу за формулою (4.3):

$$Q_{\text{дл}}^{\text{ек}} = 3823,57 \cdot \frac{(18 - (-2,5))}{(18 - (-22))} \cdot 24 \cdot 187 = 8794593,36 \text{Вт} = 8794,59 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає:  
 $8794,59 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} = 7,562 \text{Гкал} / \text{рік}, \quad 7,562 \text{Гкал} / \text{рік} \cdot 1321,64 \text{грн} / \text{Гкал} = 9994,24 \text{грн}.$

Витрати на введення у експлуатацію:

Орієнтовна загальна сума витрат на впровадження  $K = 37692 \text{грн}.$

Визначимо простий термін окупності за формулою (4.6):

$$T_{\text{ок}} = \frac{37692}{8794,59} = 4,29 \text{роки}.$$

#### 4.2.4 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні лампи

##### Поточний стан

На даний момент для освітлення коридорів та деяких приміщень у будівлі зооветеринарного центру місцево використовують лампи розжарювання у загальній кількості 23 шт – лампи потужністю 75 Вт та 18 шт ламп – потужністю 60 Вт. Заміна такої кількості ламп розжарювання світлодіодними світильниками може незначно скоротити платню за електроенергію та створить більш комфортні умови.

						Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## Опис можливостей з енергозбереження

Пропонується замінити лампи розжарювання на більш енергоефективні світлодіодні згідно еквіваленту потужностей [22]:

- Лампа розжарювання потужністю 75 Вт еквівалентна світлодіодній з потужністю 9 Вт;

- Лампа розжарювання потужністю 60 Вт еквівалентна світлодіодній з потужністю 7 Вт.

Було обрано лампи світлодіодні типу сфера від ENERLIGHT моделі G45 потужністю 7 Вт та ціною 29,64 грн за 1 лампочку [23], та лампи виробника Led Biom моделі BT-584 потужністю 9 Вт, ціною 28,4 грн за 1 лампочку [24].

Розрахунок економії за рахунок зменшення споживання електроенергії [22]:

- Розрахунок споживання електроенергії і платні за споживання при використанні ламп розжарювання за рік при роботі 18 годин на добу:

$$75 \text{ Вт} = 0,075 \text{ кВт}, \quad 60 \text{ Вт} = 0,06 \text{ кВт} \\ ((0,075 \cdot 23) + (0,06 \cdot 18) \cdot 12) \cdot 365 = 5360,025 \text{ кВт}, \quad 5360,025 \cdot 2,369 = 12697,9 \text{ грн/ рік.}$$

- Розрахунок споживання електроенергії і платні за споживання при використанні світлодіодних ламп за аналогічних умов:

$$7 \text{ Вт} = 0,007 \text{ кВт}, \quad 9 \text{ Вт} = 0,009 \text{ кВт} \\ ((0,009 \cdot 23) + (0,007 \cdot 18) \cdot 12) \cdot 365 = 627,435 \text{ кВт}, \quad 627,435 \cdot 2,369 = 1486,4 \text{ грн/ рік.}$$

Щорічна економія дорівнює:  $18301 - 2140,11 = 11211,5 \text{ грн}$

Вартість придбання необхідної кількості лампочок:  $(29,64 \cdot 18) + (28,4 \cdot 23) = 1186,72 \text{ грн}$ , а термін окупності дорівнює за формулою (4.6):

$$T_{ок} = \frac{1186,72}{11211,5} = 0,11 \text{ року.}$$

						Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Енергетичний паспорт будинку призначений для підтвердження відповідності показників енергетичної ефективності конструкцій будинків споруд згідно вимогам ДБН В2.6-31:2016 [9].

Енергетичний паспорт заповнюється під час розроблення проектів будинків та споруд нового будівництва, реконструкції чи капітального ремонту, під час приймання будинку в експлуатацію, а також у процесі експлуатації раніше зведених будинків. Енергетичний паспорт надається у разі подання технічної документації на санітарно-епідеміологічну експертизу.

На підставі даних енергетичного паспорта, отриманих за результатами енергетичного аудиту будинку або оцінки енергетичної ефективності за проектною документацією, будинку присвоюється клас енергетичної ефективності.

Згідно форми енергетичного паспорта, яка наведена у Додатку Ф ДБН В.2.6-31:2016, розробимо енергетичний паспорт будинку зооветцентру «10 друзів» [9].

Складові енергетичного паспорта представлені у таблицях 5.1-5.5.

Таблиця 5.1 – Загальна інформація

Дата заповнення	20.05.2019
Адреса будинку	Вул. СКД 25А
Розробник проекту	-
Адреса і телефон розробника	-
Шифр проекту будинку	-
Рік будівництва	1978

Таблиця 5.2 – Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_B$	°С	18
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_3$	°С	-22
Розрахункова температура теплого горища	-	-	-
Розрахункова температура техпідпілля	-	-	-
Тривалість опалювального періоду	$z_{on}$	доба	187
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{овс}$	°С	-2,5
Розрахункова кількість градусо-днів за опалювальний період	$D_d$	°С·доба	4002

Таблиця 5.3 – Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку

Призначення	Спеціалізований суспільний будинок
Розміщення в забудові	Стоїть окремо
Типовий проект, індивідуальний	2-поверховиц будинок
Конструктивне рішення	Цегляна кладка

Таблиця 5.4 – Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показник	Позначення і розмірність	Нормативне значення	Розрахункове (проектне) значення	Фактичне значення
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$			1187,55
У тому числі:				
стін	$F_{ст}, \text{м}^2$			449,3
вікон і балконних дверей	$F_{ств}, \text{м}^2$			109,95
вхідних дверей і воріт	$F_{д}, \text{м}^2$			3,3
покриття (суміщених)	$F_{пк}, \text{м}^2$			-
горищних перекриттів				324
(холодних горищ)	$F_{пк хк}, \text{м}^2$			-
перекриттів теплих горищ				-
(включаючи покриття)	$F_{пк тк}, \text{м}^2$			-
перекриттів над				-
техпідпіллями	$F_{ц1}, \text{м}^2$			-
перекриттів над				-
неопалюваними підвалами або				-
підпіллями	$F_{ц2}, \text{м}^2$			-
перекриттів над проїздами і				-
під еркерами	$F_{ц3}, \text{м}^2$			-
підлоги по ґрунту	$F_{ц}, \text{м}^2$			301

Продовження таблиці 5.4

Площа опалювальних приміщень	$F_h, \text{M}^2$			504,6
Корисна площа	$F_{i\kappa}, \text{M}^2$			528,1
Розрахункова площа	$F_{ip}, \text{M}^2$			379
Опалювальний об'єм	$V_h, \text{M}^3$			1500
Коефіцієнт скління фасадів	$m_{\text{ск}}$			0,197
Показник компактності будинку	$\Lambda_{\text{кб\textit{уд}}}, \text{M}^{-1}$			0,79

Теплотехнічні показники

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожень:	$R_{\Sigma\text{пр}}, \text{M}^2 \cdot \text{K} / \text{BT}$			
- стін	$R_{\Sigma\text{пр нп}}$	3,3		0,87
- вікон і балконних дверей:	$R_{\Sigma\text{пр сп в}}$	0,75		
Дерев'ний профіль				0,24
Металевий профіль				-
Пластиковий профіль				0,34
- вітражів	$R_{\Sigma\text{пр сп вт}}$			-
- ліхтарів	$R_{\Sigma\text{пр сп л}}$			-
- вхідних дверей, воріт	$R_{\Sigma\text{пр д}}$	0,44		0,11
- покриття (суміщених)	$R_{\Sigma\text{пр пк}}$	-		-
- горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma\text{пр хг}}$	-		1,5
- перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma\text{пр тг}}$	-		-



Продовження таблиці 5.4

- перекриттів над техпідпіллями	над	$R_{\Sigma пр ц1}$	-	-
- перекриттів неопалюваними підвалами або підпіллями	над	$R_{\Sigma пр ц2}$	-	-
- перекриттів над проїздами і під арками		$R_{\Sigma пр ц3}$	-	-
- підлоги по ґрунту		$R_{\Sigma пр ц}$	-	5,1

Енергетичні показники (продовження таблиці 5.4)

Розрахункові тепловтрати:	питомі	$q_{буд},$ $кВт \cdot год / м^2$ $[кВт \cdot год / м^3]$	-	-
Максимально значення питомих тепловтрат на опалення будинку	допустиме	$E_{max},$ $кВт \cdot год / м^2$ $[кВт \cdot год / м^3]$	-	-
Клас енергетичної ефективності				F
Відповідність нормативним вимогам	проекту			Ні
Необхідність проекту будинку	доопрацювання			Так

Таблиця 5.5 – Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку
<p>Рекомендовано:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Здійснити утеплення стін по всьому периметру будівлі. В якості утеплювача використовуємо пінополіуретан, теплопровідність якого складає <math>\lambda = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})</math>, а необхідна товщина шару утеплення – 0,08 м.</li> <li>- Замінити старі дерев'яні вікна та вікна, що не відповідають вимогам з енергозбереження площею <math>F_{\text{вкн1}} = 73,95 \text{ м}^2</math> на нові металопластикові вікна з подвійним склопакетом;</li> <li>- Замінити невиправдано великі віконні конструкції з північного боку будівлі площею <math>F_{\text{вкн2}} = 36 \text{ м}^2</math> на сендвіч-панелі;</li> <li>- Здійснити утеплення даху будівлі. В якості утеплювача пропонується використати піноізол, теплопровідність якого складає <math>\lambda = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})</math>, а товщина шару утеплення – не менше 0,136 м.</li> <li>- Замінити лампи розжарення, що встановлені для штучного внутрішнього освітлення у будівлі, на більш економні світлодіодні.</li> </ul>

Паспорт заповнений 24.05.2019

Організація	Сумський державний університет
Адреса та телефон	40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, (0542) 68-78-47
Відповідальний виконавець	

					Аркуш
					66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Нормування і розрахунок природнього і штучного освітлення

В існуючих нормах освітлення ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» освітлення у виробничих приміщеннях задається як кількісні характеристики (мінімальна освітленість, допустима яскравість у полі зору), так і якісні (показники осліплення, глибина пульсації освітлення), як важливі для створення нормальних умов праці [25].

Під об'єктом розрізнення розуміють предмет який розглядається, окрема його частина чи дефект, який потрібно розрізнити в процесі роботи [26].

Фон – поверхня, яка прилягає безпосередньо до об'єкту який розрізняється. Фон вважається світлим при коефіцієнті відбиття поверхні  $> 0.4$ , середнім – при коефіцієнті  $0.2, -0.4$ , темним – при коефіцієнті  $< 2$  [26].

Контраст між об'єктом і фоном характеризується співвідношенням яскравості об'єкту, який розглядається (крапка, лінія, знак і інші елементи) і фону. Контраст між об'єктом і фоном визначається за формулою:

$$K = \frac{(B_a - B_\phi)}{B_\phi} - \text{де } B_a \text{ та } B_\phi - \text{відповідно яскравості об'єкту і фону, кд/м.}$$

Контраст об'єкту розрізнення з фоном вважається великим при  $K > 0.5$  (об'єкт і фон різко відрізняються яскравістю), середнім  $K = 0.2 - 0.5$  (об'єкт і фон помітно відрізняються яскравістю), малим – при  $K < 0.2$  (об'єкт і фон мало відрізняються яскравістю)[26].

Система комбінованого освітлення, як більш економна, має норми освітленості вищі, ніж для загального освітлення. Таким чином, в нормі закладена тенденція підвищення освітлення в усіх випадках, коли її можна підвищити за рахунок підвищення економічності установки.

						Аркуш
						67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для виключення постійного привикання зору через нерівномірне освітлення в приміщенні при системі комбінованого освітлення необхідно, щоб світильники загального освітлення створювали не більше 10% освітлення, що нормується [26].

При освітленні виробничих приміщень газорозрядними лампами, які живляться змінним струмом промислової частоти 50 Гц, необхідно обмежити глибину пульсації освітлення. Допустимі коефіцієнти пульсації в залежності від системи освітлення і характеру роботи, що виконується, не повинен перевищувати 10...20% [26].

Проектуючи освітлювальну установку, необхідно наступне:

- Вибрати систему освітлення. При цьому необхідно враховувати, що система комбінованого освітлення економніша, але в гігієнічному відношенні система загального освітлення більш сучасна, так як розподіляє світлову енергію більш рівномірно.

- Визначити нормовану освітленість на робочому місці. Для цього необхідно знати характер роботи, що виконується. По мінімальному розміру об'єкта розрізнення, оцінити контраст об'єкта розрізнення, оцінити контраст об'єкта розрізнення з фоном і фон на робочому місці, розрахувати нормовану освітленість.

Для розрахунку штучного освітлення застосовуються три методики: коефіцієнт використання світлового потоку, точковий і питомої пружності [25] [26].

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним виступає метод коефіцієнта використання світлового потоку [25]. Світловий потік ламп розраховується за формулою (6.1):

$$F = \frac{E * S * K * Z}{N * n * \eta}, \text{ лм}, \quad (6.1)$$

					Аркуш
					68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

де  $E$  – нормована освітленість, лк;  
 $S$  – площа приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup>;  
 $Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості, що дорівнює відношенню  $E_{cp}/E_{гг}$   
і його значення зазвичай дорівнює 1.1-1.5.  
 $K$  – коефіцієнт запасу, значення якого знаходиться в межах 1.3-1.7.  
 $N$  – кількість світильників, шт.  
 $n$  – кількість рамп в кожному світильнику, шт.  
 $\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку ламп, який залежить від індексу приміщення, кривої розподілення групи світильника і коефіцієнта відбиття світлового потоку від стелі, стін і робочої поверхні ( $\rho_c$ ,  $\rho_{ст}$ , та  $\rho_p$  відповідно).

Індекс приміщення розраховується за формулою (6.2):

$$i = \frac{A * B}{h_p(A + B)}, \quad (6.2)$$

де  $h_p$  – відстань від світильника до робочої поверхні;  
 $A, B$  – відповідно довжина та ширина приміщення, м.

Визначивши світловий потік  $E$  підбирають найближчу стандартну лампу за таблицею 3.1 [25].

						Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Світлові параметри люмінесцентних ламп (ГОСТ 6825-74)

Тип лампи	Світловий потік, лм.
ЛДЦ 20-4	820
ЛД 20-4	920
ЛБ 20-4	1180
ЛДЦ 30-4	1450
ЛД 30-4	1640
ЛБ 30-4	2100
ЛДЦ 40-4	2100
ЛД 40-4	2340
ЛБ 40-4	3000
ЛДЦ 80-4	3560
ЛД 80-4	4070
ЛБ 80-4	5220

При освітленні виробничих приміщень газорозрядними лампами, які живляться змінним струмом промислової частоти 50 Гц, необхідно обмежити глибину пульсації освітлення. Допустимі коефіцієнти пульсації в залежності від системи освітлення і характеру роботи, що виконується, не повинні перевищувати 10-20% [25].

У таблиці 3.2 на сторінці 64 наведені з довідкової книги лише частина груп світильників, що часто використовують для проектування електричного освітлення. Всього у довіднику є 26 груп світильників [25].

Таблиця 3.2 – Розподіл люмінесцентних світильників на групи з усередненими світлотехнічними характеристиками.

Характеристика світильників	Світильники, що відносяться до групи або окремі світильники	Умовний номер групи
Підвісні дифузні світильники для виробничих приміщень: без перфорації і решітки.	ПВЛМ-Д, ЛД, ЛСП 06(05)	1
З перфорацією без решітки	ПВЛМ-ДО, ЛДО, ЛСП 06(13)	2
Без перфорації з решіткою	ПВЛМ-ДР, ЛДР, ЛСП 07	3
З перфорацією і решіткою	ПВЛМ-ДОР, ЛДОР, ЛСП 06(15)	4
Підвісні пиловодозахисні світильники: зі звичайними лампами з розсікаючим склом	ПВЛІ, ПВЛІІ	5
Підвісні вибухозахищені світильники з відбивачем	ННОГД НОДЛ	6
Підвісні світильники розсіяного світла з решіткою	ЛС002 (01; 02; 03)	7
Вбудовані стельові світильники	ЛПО 01 (901.02) ЛПО 02 (01, дволампові)	8

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5-28:2018 залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, розряду зорової роботи (I-VIII), системи освітлення, характеристики фону, контрасту об'єкту, розрізнення з фоном [25].

Оцінка природного освітлення на виробництві внаслідок його змін залежно від часу доби, пори року й атмосферних умов проводиться у відносних показниках – за допомогою коефіцієнта природної освітленості КПО. Цей коефіцієнт і прийнято як нормовану величину. Нормовані значення КПО для будинків, що розташовані у перших поясах світлового клімату, визначають за формулою (6.3):

$$e_n^{I,II,III,IV,V} = e_n^{III} mc, \quad (6.3)$$

де  $e_n^{III}$  - значення КПО для будинків, розташованих у 3 поясі світлового клімату [25];

$m$  – коефіцієнт світлового клімату;

$c$  – коефіцієнт сонячного клімату.

На значення КПО впливають розмір і конфігурація приміщення, розміри і розташування світлоприймачів, відбивна здатність внутрішніх приміщень та його затінюючих об'єктів. Залежно від призначення приміщення і розташування в ньому світло прорізів КПО нормується від 0.1% до 10% [25].

Рівень природного освітлення в приміщеннях може знижуватися внаслідок забруднення зашкленних поверхонь, що зменшує коефіцієнт пропускання, а забруднення стін і стель зменшує коефіцієнт відбиття, тому норми передбачають очищення скла світових отворів не рідше 2 разів на рік у приміщеннях із незначним виділенням пилу, диму та кіптяви і не менше ніж 4 рази на рік при значних забрудненнях. Побілка і фарбування стін і стелі має проводитися не менше 1 разу на рік [25].

						Аркуш
						72
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Штучне освітлення має створювати достатню освітленість на робочих місцях. Норми передбачають найменшу необхідну освітленість робочих поверхонь виробничих приміщень  $E_{\min}$ , виходячи з умов робочої зони. Норми носять загальний, міжгалузевий характер. На їх основі з урахуванням зорової роботи розробляється галузева норма для різних видів промисловості (електронної, текстильної, машинобудівної та інш.). Норми ділять зорові роботи на розряди та під розряди з урахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, значень контрасту об'єкта розрізнення з фоном та характеристику фону. Для робіт розряду I-V норми освітленості встановлюються залежно від системи загального чи комбінованого освітлення. Для інших розрядів (роботи, що не потребує надзвичайної точності) нормується освітленість тільки системи загального освітлення. Норми і якісні характеристики штучного освітлення стосуються установок із газорозрядними джерелами світла, у випадках застосування ламп розжарювання встановлюються знижені значення освітленості [26].

Поряд із нормуванням якісного показника  $E_{\min}$  нормуються й якісні показники штучного освітлення [26]:

- показники засліпленості  $P$  (від 20% до 60%);
- коефіцієнт пульсації освітленості  $K_{\eta}$  (від 10% до 20%);
- показники дискомфорту  $M$  (тільки для громадських будівель) (від 25% до 90%);

Основним завданням світлотехнічних розрахунків є:

- при природному освітленні – визначити необхідну площу світлових прорізів;
- при штучному освітленні – необхідну кількість світильників електричної освітлювальної установки.

При природному бічному освітленні розраховується необхідна площа світлових прорізів, при верхньому – площа світлових ліхтарів [26].

						Аркуш
						73
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для вибраних світлопрорізів дійсні значення КПО в різних точках усередині приміщення розраховуються із використанням графічного методу за ДБН В.2.5-28:2018 методом А.М Данилюка. Графічний метод проф. А. А. Труханового дає найбільшу точність при розрахунку освітлювальних установок зі спрямованим світлом. Розрахунок ведеться за допомогою номограми [25] [26].

Безпека і здоров'я у великій мірі залежать від освітленості робочих місць і приміщень. Незадовільне освітлення не тільки стомлює зір, але і викликає стомлення організму в цілому. Невірно підібране освітлення може бути причиною травматизму: погано освітлені небезпечні зони, сліпучі лампи, різкі тіні погіршують зір або викликають повну втрату зору, орієнтації. Невірна експлуатація освітлювальних установок в пожежонебезпечних цехах може призвести до вибуху, пожежі і нещасних випадків [26].

						Аркуш
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження систем енергопостачання зооветеринарного центру ТОВ «10 друзів», що розташоване за адресою: м.Суми, вул. СКД 25А.

Енергетичне обстеження проводилося у декілька етапів. Під час першого етапу було проведено обстеження дійсного стану конструктивних елементів будівлі, а також систем тепло-, електро-, та водопостачання. На другому етапі було зібрано необхідні дані і проведено інструментальне обстеження за допомогою тепловізора. Проаналізувавши отримані дані, було виявлено невідповідність багатьом параметрам з нормативної документації.

Були розраховані всі види основних тепловтрат. Розрахунки показали, що дуже велика частка теплової енергії, яка б повинна була йти на опалення приміщень і підтримку в них нормативної для громадських будівель температури, втрачається у вигляді інфільтрації, через стіни, стелю та вікна. Це стає приводом до застосування відповідних енергозберігаючих заходів. Були запропоновані наступні заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін);
- утеплення огорожувальних конструкцій (дах);
- заміна вікон;
- встановлення сендвіч-панелей;
- заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі світлодіодні.

Влаштування цих енергоефективних заходів заощадить кошти та зменшить споживання енергетичних ресурсів а також зробить умови праці більш комфортними.

						Аркуш
						75
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДСТУ-Н Б В. 1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія – Прийнято та надано чинності: Наказ Мінрегіонбуд України від 16.12.2010 р. №511, чинний з 1 листопада 2011р. – 123 с.

2 ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – На заміну ДБН В.2.6-31:2006. Введ. 01.06.2014 р. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016 – 26с.

3 СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. Строительные нормы и правила Российской федерации. – Приняты и введены в действие постановлением Минстроя России от 2 августа 1995 г. № 18-78 в качестве строительных норм и правил Российской федерации взамен СНиП II-4-79. Введ. 01.01.1996 г. – 38 с.

4 Норми витрат електричної і теплової енергії для установ і організації бюджетної сфери України – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999.

5 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.

6 ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» - К. Мінрегіонбуд України, 2006. - 72 с.

7 Google зображення [Електронний ресурс] – Режим доступу -: <http://images.google.com>

8 «Ceresit» [Електронний ресурс] – «Ціна на Ceresit СТ 17» – Режим доступу до ресурсу: <http://ceresit.ua>

						Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9 «Усі ціни» [Електронний ресурс] – «Цена и расход Kreisel Lerstyr-W 230» – Режим доступу до ресурсу:

<http://pn.com.ua/md/485504>

10 «Prom.ua» [Електронний ресурс] – «Ціна на Wkret-met 10x180» – Режим доступу до ресурсу: <http://prom.ua>

11 «Prom.ua» [Електронний ресурс] – «Ціна та ССШ-160 - Режим доступу до ресурсу: <http://sumy.prom.ua>

12 «СтройМаг» [Електронний ресурс] – «Цена и расход Ceresit СТ-16» – Режим доступу до ресурсу: <http://stroimag.ua>

13 «Нова Лінія» [Електронний ресурс] – «Ціна на ґрунтівку Ceresit СТ-35» – Режим доступу до ресурсу: <http://nl.ua>

14 «Інтергіпс» [Електронний ресурс] – «Цена и расход штукатурки Ceresit СТ-35» - Режим доступу до ресурсу: <http://intergips.ua>

15 «Будмаркет» [Електронний ресурс] – «Минвата Кнауф Профитеп» - Режим доступу до ресурсу: <http://bm.kiev.ua>

16 «Ізоват» [Електронний ресурс] – «Напыляемый полиуретановый утеплитель POLYNOR» - Режим доступу до ресурсу: <http://izovat.org>

17 «Prom.ua» [Електронний ресурс] – «Ціни та характеристики ПСБ-С-35 Nevelir» - Режим доступу до ресурсу: <http://prom.ua>

18 «Prom.ua» [Електронний ресурс] – «Цены на клей стиропоровый Dufa Styropor-Kleber D18» - Режим доступу до ресурсу: <http://prom.ua>

19 «Еталонприбор» [Електронний ресурс] – «Характеристики Fluke Ti25» - Режим доступу до ресурсу: <http://fluke-russia.ru>

20 «OKNA.UA» [Електронний ресурс] – «Калькулятор металлопластиковых (пластикових) окон» - Режим доступу до ресурсу: <http://okna.ua>

21 «Bigl.ua» [Електронний ресурс] – «Стеновая сэндвич-панель с наполнителем из минеральной ваты 120мм » - Режим доступу до ресурсу: <http://bigl.ua>

						Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

22 «СТК Системы освещения» [Электронный ресурс] – «Светодиодное освещение» - Режим доступа до ресурсу: <http://svetstk.ru>

23 «Prom.ua» [Электронный ресурс] – «Лампа світлодіодна ENERLIGHT» - Режим доступа до ресурсу: <http://prom.ua>

24 «Bigl.ua» [Электронный ресурс] – «Светодиодная лампа Led Biom» - Режим доступа до ресурсу: <http://bigl.ua>

25 ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення – Затверджено Наказом від 03.10.2018 №264 «Про затвердження ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення»/Ю. Громадський, С. Облакевич, Г. Фаренюк та інші./ Державне підприємство «Державний науково-дослідницький інститут будівельних конструкцій»/ ТОВ «Київпромелектропроект». – 133 с

26 «Підручники» [Электронный ресурс] – «Нормування штучного освітлення» - Режим доступа до ресурсу: <http://pidruchniki.com>

27 «ЮА-Реферат» [Электронный ресурс] – «Нормування природного і штучного освітлення»- Режим доступа до ресурсу: <http://ua-referat.com>

28 ДСТУ 2155-93 Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. – <http://document.org.ua/energozberezhennja-metodi-viznachennja-economichnoyi-efekti-nor3157.html>.

29 Методика оцінки економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів та технологій/ [А. Драгун, І. Толстих, В. Топчій, М. Рабінович]. – К. : НАК «Нафтогаз України», 2007р. – 44 с.

						Аркуш
						78
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## Додаток А

Тепловізійне обстеження будівлі зооветцентру ТОВ «10 друзів»

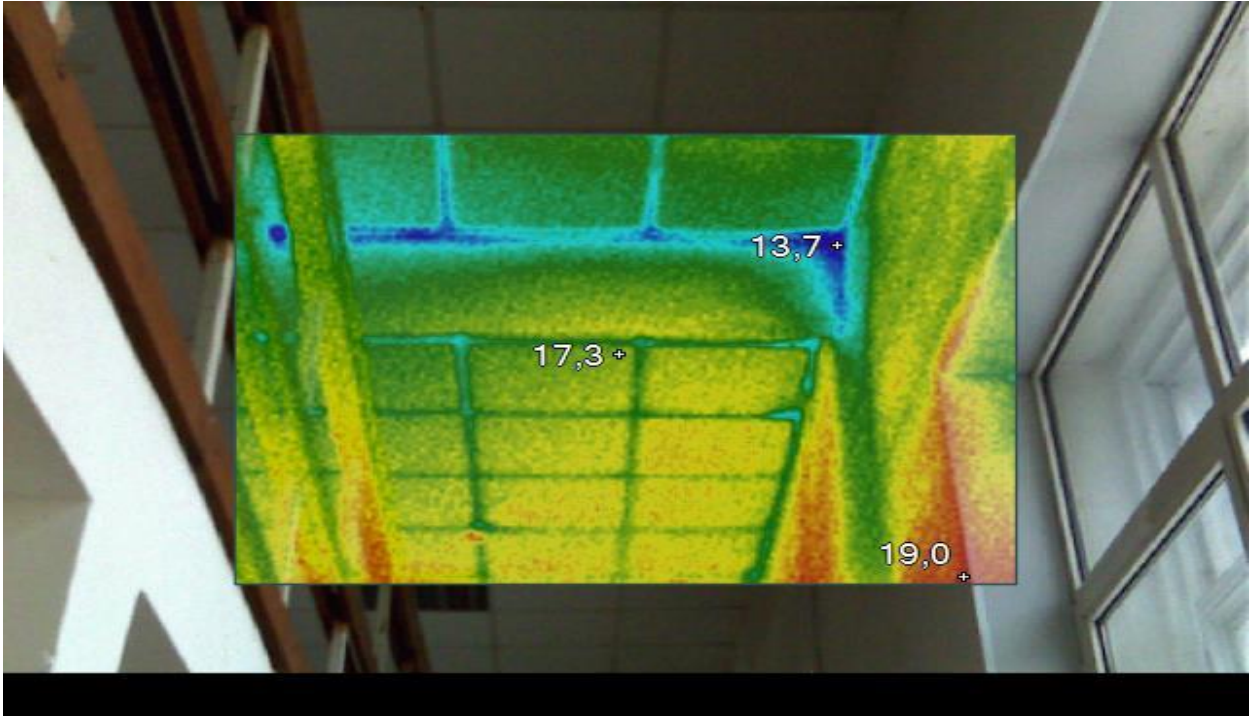


Рисунок А.1 – Термограма стелі коридору з середини

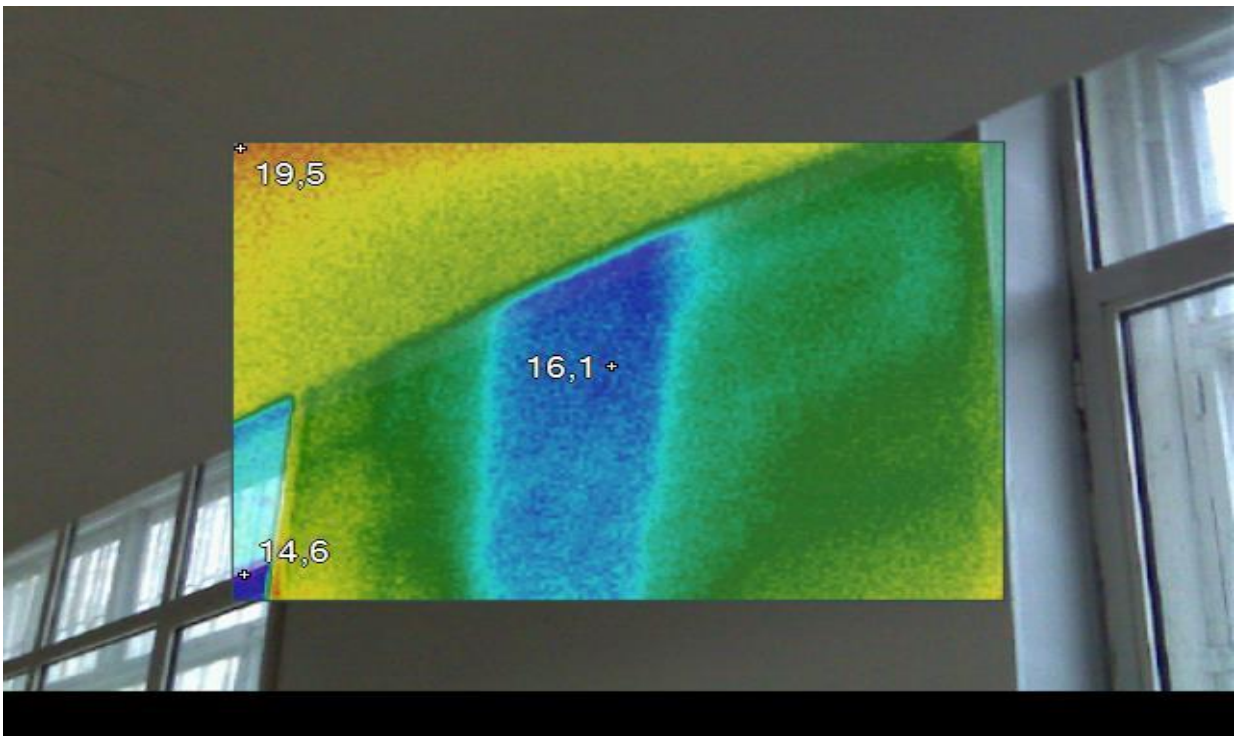


Рисунок А.2 – Термограма стіни з середини приміщення

						Аркуш
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок А.3 – Термограма коридорного приміщення з середини

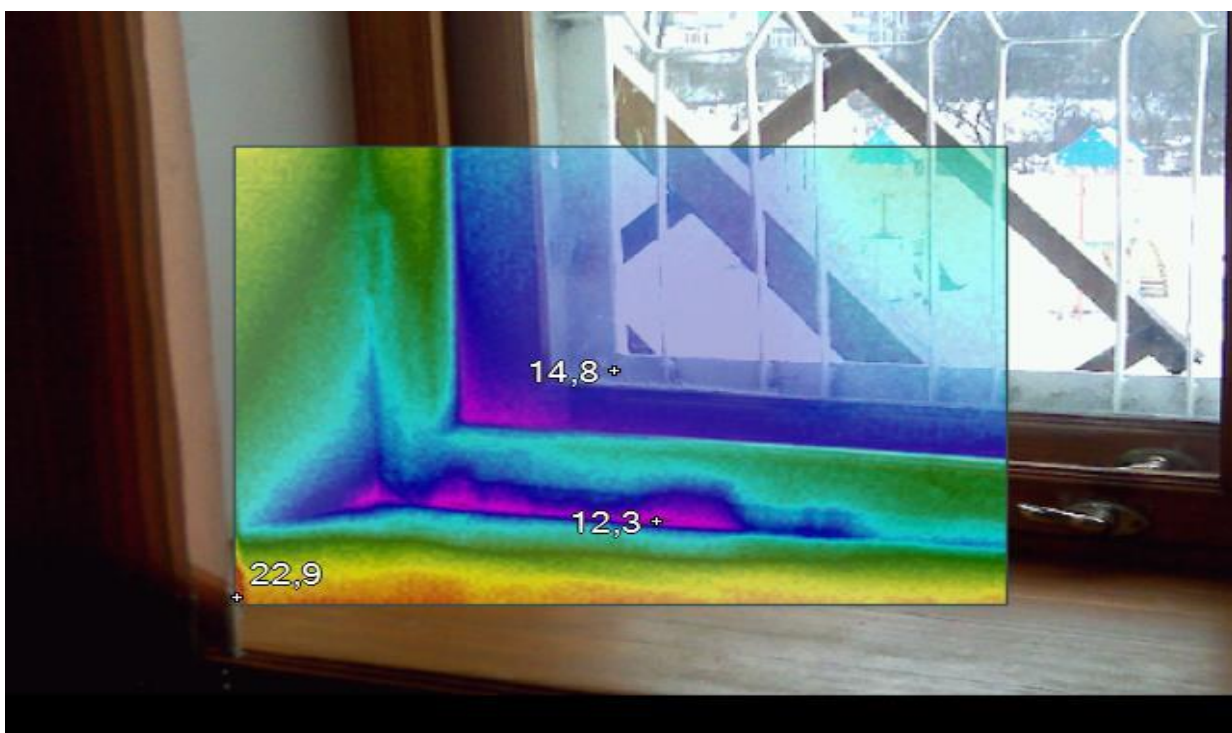


Рисунок А.4 – Термограма дерев'яного вікна з середини



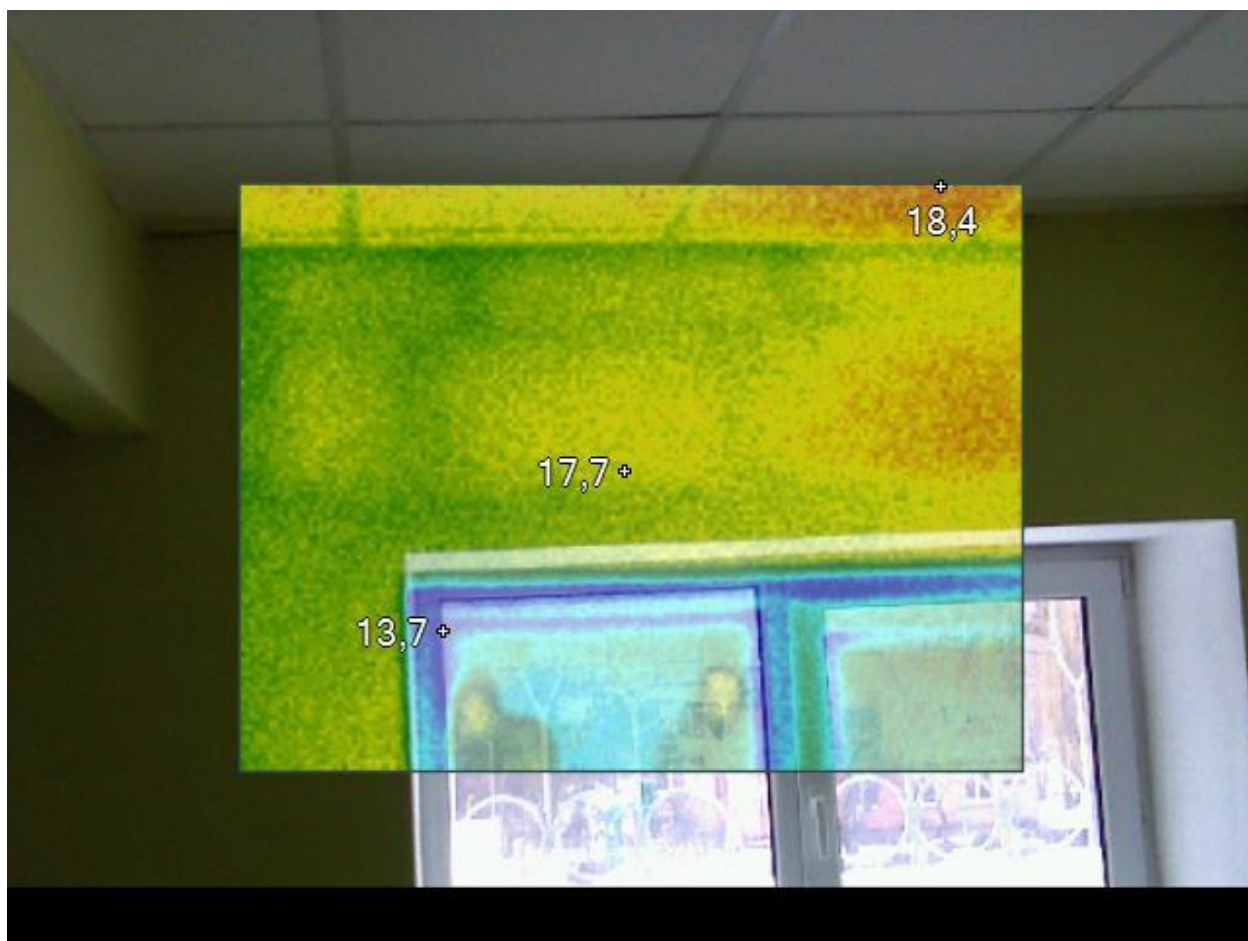


Рисунок А.5 – Термограма сходової клітини з середини