

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

Явтушенко Анна Анатоліївна

ТЕМА: «РОЗРОБКА ЕНЕРГО-, ЕКОЛОГО- ТА ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ  
ДЛЯ ПОКРАЩАННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЛІ КЛАСИЧНОЇ  
ГІМНАЗІЇ»

**Магістерська робота**  
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи: \_\_\_\_\_  
(підпис)  
**Сапожніков С.В.**  
\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
**К.Т.Н ДОЦЕНТ**  
\_\_\_\_\_  
(наукове звання та наукова ступінь)

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки  
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

«    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Студента \_\_\_\_\_  
Явтушенко Анна Анатоліївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Розробка енерго-, еколого- та економічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі класичної гімназії»

затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від «    » \_\_\_\_\_ 2020 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 15.12.2020 р.

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Визначення вихідних даних, та їх характеристика (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними).

Розділ 2 – Результати розрахунку задач за визначеною методикою (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз)

Висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 09.11.2020 р

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 25.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 06.12.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.20	
8	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2019	
9			
10			

Студент-магістр

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник випускної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

### Умовні позначення

$V$  – об'єм, м<sup>3</sup>;

$T$  – температура, °С;

$L$  – довжина, м.

$H$  – висота, м;

### Індекси та скорочення

$\delta$  – товщина огорожуючої конструкції, м;

$n$  – кількість шарів в конструкції;

$k_z$  – коефіцієнт завантаження освітлення

$n_d$  – кількість однотипних джерел освітлення.

$\emptyset$  – діаметр.

### Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 72 сторінки, 11 рисунків, 20 таблиць, 1 додаток, 30 літературних джерел.

*Метою роботи:* розробка енерго-екологічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огороджуючи конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

*Предметом дослідження* є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Сумської класичної гімназії, аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

*Об'єкт дослідження:* будівля навчального закладу та її системи енергозабезпечення.

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, БАЛАНСУВАЛЬНИЙ КЛАПАН, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, НАРЯД-ДОПУСК, ЕВАКУАЦІЯ.

*Тема роботи* – «Розробка енерго-, еколого- та економічних рішень для покращання енергозабезпечення будівлі класичної гімназії».

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі	11
1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі	11
1.3.1 Система опалення	12
1.3.2 Система електропостачання	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення	12
1.3.4 Система вентиляції	12
1.3.5 Система обліку енергоресурсів	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	15
1.4 Аналіз показників фактичного енергоспоживання будівлі	16
1.4.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії	17
1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води	19
1.4.3 Аналіз енергоефективності роботи теплопостачання	20
1.5. Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії	23
1.6 Аналіз статистичних та дослідних даних за темою дослідження	24
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЛЬШОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій	28
2.2 Розрахунок тепловтрат	29
2.3 Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції	31
2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря	32
2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію	34
2.6 Розрахунок теплонадходжень	34
2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі	36
2.8 Утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій (стіни)	39
2.9 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон	41
2.10 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні	43
2.11 Встановлення насадки-аератора на крани холодної води	44
2.12 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення	45

2.13 Встановлення рекуператора теплоти.....	46
2.14 Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами	48
2.15 Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів	50
2.15.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни).....	50
2.15.2 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон...	54
2.15.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні.....	55
2.15.4 Встановлення насадки-аератора на крани холодної води.....	56
2.15.5 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення.....	56
2.15.6 Встановлення рекуператора теплоти.....	57
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	59
3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою.....	62
3.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
ДОДАТОК А	72

## ВСТУП

Для економічного розвитку будь-якої держави велике значення має ефективність споживання енергетичних ресурсів. Це зумовлено багатьма факторами, серед яких одним із головних є недостатній рівень забезпеченості України власними енергетичними ресурсами. Скорочення світових запасів вичерпних природних енергетичних ресурсів, які становлять основу енергетичного балансу України, а саме нафти, вугілля та природного газу, зумовлює безупинне їх подорожчання, а геополітичні проблеми утруднюють імпортування. Це ставить під загрозу надійність функціонування галузей народного господарства України. Загострюється проблема ефективного споживання енергетичних ресурсів в Україні застосуванням застарілих технологій, високим рівнем зносу основних засобів, високим рівнем витрат на виробництво продукції тощо. Водночас ефективність використання енергетичних ресурсів має безпосередній вплив на показники, що характеризують конкурентоспроможність та ефективність діяльності галузей народного господарства, а отже, і держави в цілому [1].

Упродовж багатьох років українська економіка базувалася на використанні дешевих і доступних енергоресурсів – зокрема, природного газу (переважно російського походження) і вугілля (насамперед власного видобутку). Безперервність, доступність і прийнятна ціна ресурсів аж ніяк не стимулювали ні державу, ні населення до їх ощадливого використання. Однак, збіг критичних обставин останніми роками (збройний конфлікт на Сході країни, значна імпортна залежність від енергетичних ресурсів, незадовільний стан основних фондів тощо) зумовили піднесення питання енергоефективності на перші пункти порядку денного виживання та відновлення української економіки.

Питання енергоефективності та ощадливого використання енергетичних ресурсів уже довгий час є насущним для багатьох країн світу. Дедалі більша їх кількість намагається вирішити проблему ефективного використання



енергоресурсів у спосіб впровадження новітніх технологій. І Україна, мірою власних можливостей, не стоїть осторонь таких тенденцій [2].

### **Актуальність теми**

Нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, недостаток у підприємств коштів для сучасного оновлення основних фондів, неповне завантаження виробничих потужностей українських підприємств створюють умови для подальшого зниження енергоефективності в країні. Тому сьогодні перед вітчизняною енергетичною поставлені пріоритетні завдання диверсифікації джерел її енергозабезпечення, енергоефективності, переходу на нові технології в енергетичній лузі. Нещодавно Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України було презентовано, два проекти національних планів дій: Національний план дій з енергоефективності та Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року. Розгляд цих планів, їх змісту та цілей доказує їх відповідність завданням розвитку поновлювальної енергетики України[3].

**Метою дослідження** є підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

### **Поставленими задачами дослідження є:**

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огорожуючи конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;

- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

**Об'єктом дослідження** є будівля Сумської класичної гімназії за адресою: вул. Троїцька, 3; 5 та її системи енергозабезпечення.

**Предметом дослідження** в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній мною будівлі а також у системах енергоспоживання.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання.

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля Сумської класичної гімназії, яка знаходиться за адресою м.Суми, вул. Троїцька,5 (рис 1.1).

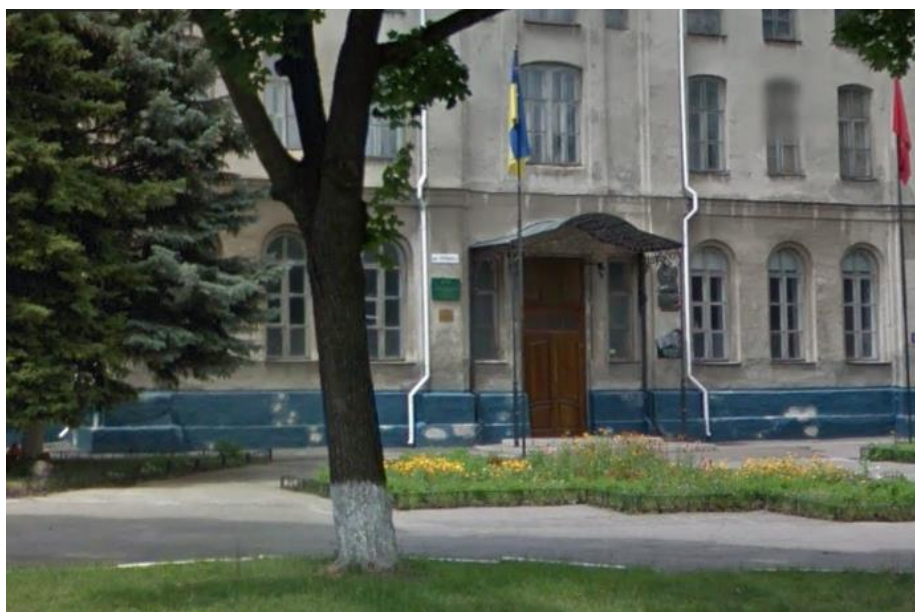


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі, згідно наданої інформації:

- призначення будівлі – навчальний заклад;
- кількість поверхів – 2 поверхи;
- загальна площа будівлі – 1569,6 м<sup>2</sup>;
- опалювальна площа приміщень – 4003,2 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм приміщень – 16237 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 17250 м<sup>3</sup>.

У закладі за даною адресою працює 65 працівників та навчається 570 дітей.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи тепlopостачання.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно. Встановлені електричні водопідігрівачі.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Загальний стан будівлі закладу є задовільним. Стіни будівлі не мають явних пошкоджень, по периметру всієї будівлі виконана відмостка. Встановлені дерев'яні вікна, частина яких в 2019 році були замінені на металопластикові в кількості 12 штук.

Будівля має п'ять входів (два центральних та три службових), кожен з яких виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує тепловтрати через відкривання дверей.

## 1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

### 1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумської класичної гімназії здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 317 – Т від 10.02.2020 року.

Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у підвальному приміщенні. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, теплова ізоляція в наявності.

Система опалення Сумської класичної гімназії однотрубна верхнім розподілом теплоносія; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна.

В якості опалювальних приладів використовуються конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140.

### 1.3.2 Система електропостачання

Постачання електроенергії відбувається від ПАТ «Сумиобленерго» на підставі договору про постачання електричної енергії № 974/20 . Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-650 яка знаходиться на балансі ПАТ «Сумиобленерго» до якої підходить лінії електричних передач з номінальною напругою 0,4 кВт.

### 1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору №1025/20. Вода до будівлі подається по металевій трубі Ø 80 мм з боку вулиці Троїцька. Тиск води на вході в будівлю  $P_{хв}=0,3$  МПа. Циркуляція води відбувається від тиску в мережах. Основними споживачами води є вчителі, технічні робітники та учні гімназії.

Водовідведення – централізоване.

### 1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у будівлі.

Система вентиляції у будівлі природня, крім кабінету хімії.

### 1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу Pollu Therm, X. (рис 1.2) [4], термін повірки - 13 липня 2018 р.

Встановлений на ввіді до будівлі перед елеваторним вузлом.



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	1,5-2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки
Інтерфейс	Opto

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридіан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.3) [5], термін повірки - 17 вересня 2018 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на ввіді до будівлі гімназії.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» COЭ-1.02/2T [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	1
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Облік холодної води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.4) [6], термін повірки – 15 серпня 2019 р. Встановлений на ввіді до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м <sup>3</sup> /год
Номінальна витрата	5 м <sup>3</sup> /год
Мінімальна витрата	0,3 м <sup>3</sup> /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 10.11.2020 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 1211,3 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м<sup>3</sup>;

водовідведення – 9,624 грн/м<sup>3</sup>;



електрична енергія – 2,72 грн / кВт·год.

#### 1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

Обсяги споживання теплової енергії будівлею Сумської класичної гімназії по місяцях за 2017, 2018 і 2019 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	74,25	64,68	97,24
Лютий	72,41	77,83	73,53
Березень	34,78	24,21	36,47
Квітень		0	0
Травень	–	0	0
Червень	–	0	0
Липень	–	0	0
Серпень	–	0	0
Вересень	–	0	0
Жовтень	7,38	3,58	2,21
Листопад	67,89	75,04	92,10
Грудень	80,30	111,19	103,19
<b>Всього</b>	<b>339,01</b>	<b>356,53</b>	<b>402,74</b>

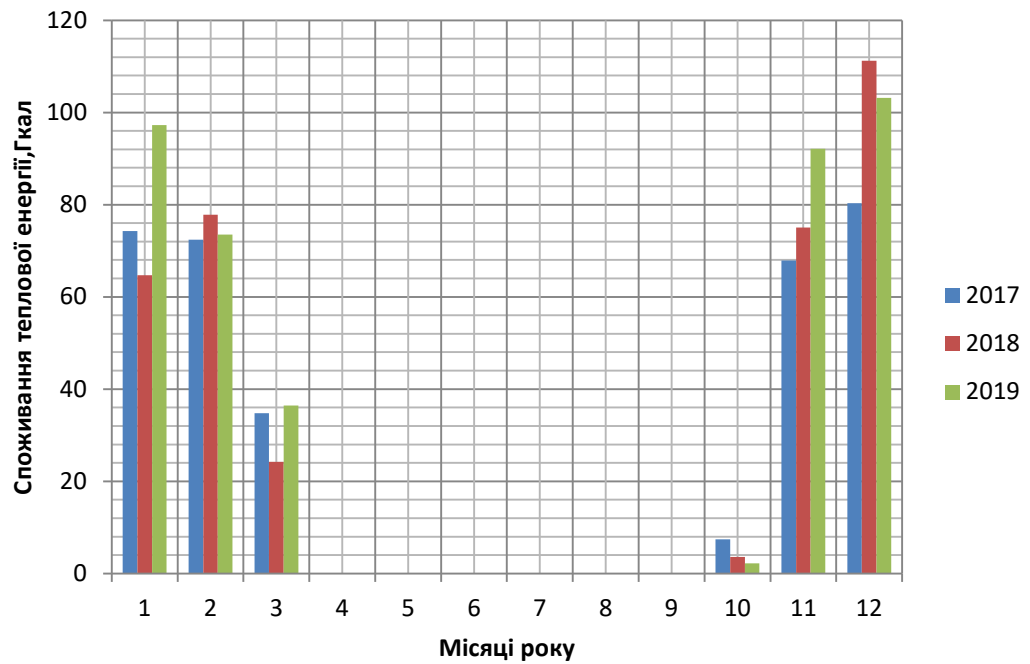


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

З діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум на жовтень. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою довкілля та неналежним керуванням режимами роботи системи тепlopостачання будівлі.

#### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею Сумської класичної гімназії по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	14110,1	14204,4	14205,3

Продовження таблиці 1.5

Лютий	14090,3	14187,5	13989,8
Березень	13157,2	13160,2	13097,4
Квітень	12875,4	12880,3	12890,2
Травень	6480,1	6490,1	6456,1
Червень	6073	6080	6097,5
Липень	5985	5995	5987,4
Серпень	6115	6125,3	6145,2
Вересень	9936,1	9114	9126
Жовтень	13251,5	13320,1	13328
Листопад	13576,3	14402	14504,1
Грудень	13825,1	14880,8	14987,1
<b>Всього</b>	<b>129475,1</b>	<b>130839,7</b>	<b>130814,1</b>

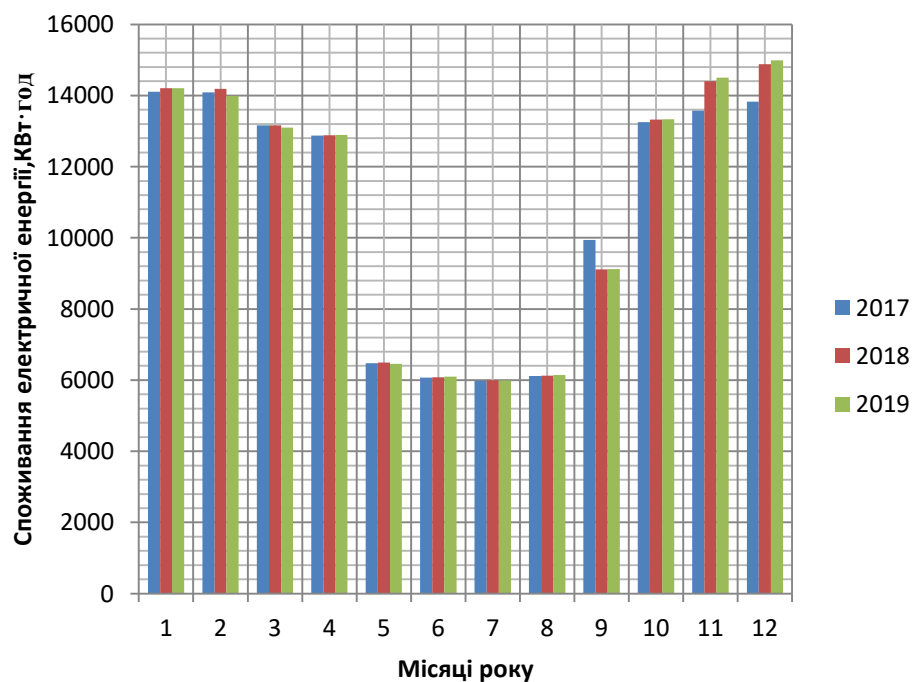


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Споживання електричної енергії протягом року не рівномірне. Тенденції до збільшення споживання електроенергії спостерігаються в учбовий та

опалювальний період, що пов'язано з більшим використанням електроплит для приготування їжі в їдальні та зниженням рівня природнього освітлення, що спричинює використання додаткового штучного освітлення.

#### 1.4.2 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею Сумської класичної гімназії по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання холодної води, м <sup>3</sup>		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	89	88	89
Лютий	86	81	71
Березень	78	73	71
Квітень	79	73	77
Травень	72	66	65
Червень	38	49	38
Липень	37	37	38
Серпень	34	33	34
Вересень	84	80	79
Жовтень	74	88	70
Листопад	70	85	78
Грудень	69	86	76
<b>Всього</b>	<b>810</b>	<b>839</b>	<b>786</b>

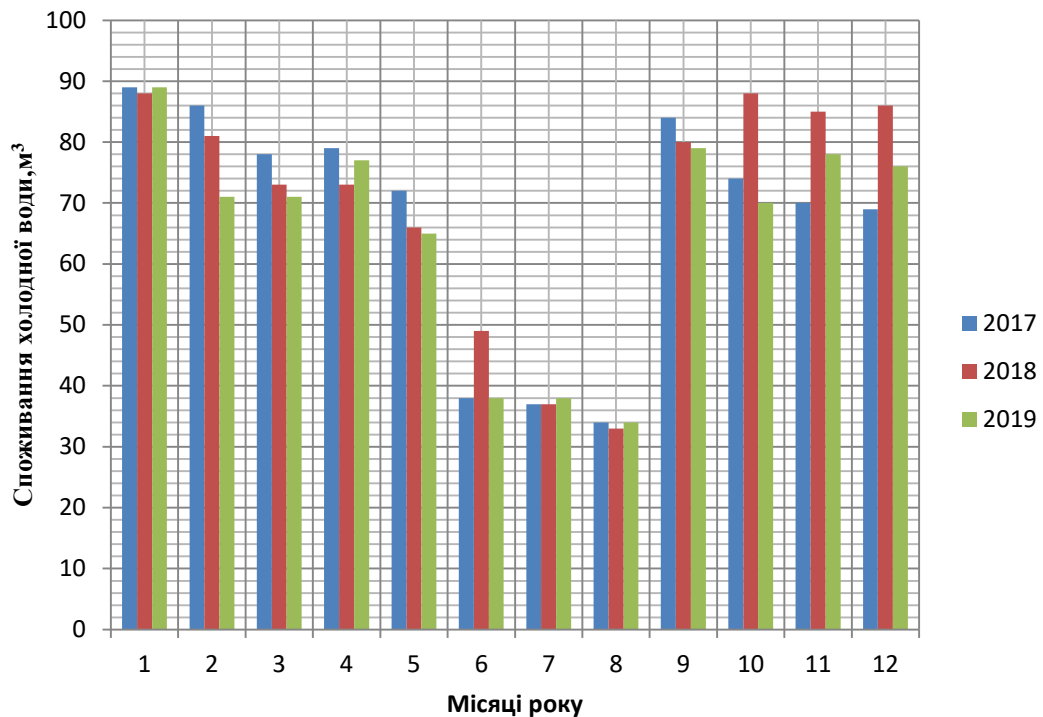


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з канікулами у літній період. З початком настання осені рівень споживання води збільшується.

#### 1.4.3 Аналіз енергоефективності роботи системи теплопостачання

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Враховуючи той факт, що за останній опалювальний період 2019–2020 року були аномально теплі зимові місяці, з середньомісячними температурами набагато вищими чим нормовані показники [7], аналіз ефективності системи теплопостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, у яких середньомісячні температури

розташовані у діапазоні нормованих показників. У подальших аналітичних розрахунках, за базовий період приймається опалювальний період 2018–2019 року.

Питома потреба ( $EP$ ) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [7, п.3.24]:

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

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

$V_{буд}^{оп}$  – опалювальний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [7, п.5.1]:

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

де  $EP$  – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м<sup>3</sup>;

$EP_{max}$  – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м<sup>3</sup> [5, п.5.3].

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

$$EP_{max} = 30 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

– опалювальний період 2017–2018 рік –  $Q_{оп} = 339,01$  Гкал;

- опалювальний період 2018–2019 рік –  $Q_{оп} = 356,53$  Гкал;
- опалювальний період 2019 –2020 рік –  $Q_{оп} = 402,74$  Гкал;

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2017–2018 рік –  $EP = 0,021$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- опалювальний період 2018–2019 рік –  $EP = 0,022$  Гкал/м<sup>3</sup>.
- опалювальний період 2019–2020 рік –  $EP = 0,025$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить –  $EP = 0,024$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою:

$$\left( \frac{EP - EP_{max}}{EP_{max}} \right) \cdot 100\% , \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left( \frac{0,024 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = -7\%$$

Згідно з [7] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «С».

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, а саме:

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати такими, що задовольняють сучасним вимогам з енергоефективності.

Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що із-за умов дотримання встановлених для будівлі лімітів по теплоспоживанню, регулювання відбору теплоти відбувається у "ручному" змінні режиму роботи вузла теплопункту, тобто здійснюється вимушене зменшення обсягів споживання

теплоти; при цьому відбувається нерівномірне прогрівання приміщень закладу, що призводить до використання додаткових джерел теплоти, внаслідок чого підвищуються загальні витрати на оплату за енергопостачання будинку. У такій ситуації порушується циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах навчального закладу; можлива відсутність руху теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи тощо.

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати незадовільними.

### 1.5 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

Згідно з [8] норма споживання електричної енергії для бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2017 рік: } \frac{129475,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{570 \text{ учнів}} = 227,1 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{130839,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{570 \text{ учнів}} = 229,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{130814,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{570 \text{ учнів}} = 229,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

Для будівлі фактичне споживання не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

### 1.6 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на



одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [9]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2017 рік } \left( \frac{810000\text{л}}{570 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 5,1 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2018 рік } \left( \frac{839000\text{л}}{570 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 5,3 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2019 рік } \left( \frac{786000\text{л}}{570 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 4,9 \text{ л/добу}.$$

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення не перевищують нормовані. Це є задовільним показником.

### 1.6 Аналіз статистичних та дослідних даних за темою дослідження

Енергоефективність є одним з головних стратегічних напрямків розвитку бюджетної галузі, необхідним інструментом досягнення комфортних умов в будівлях закладів освіти та громадських закладах з метою втілення стандартів життя сучасної європейської спільноти [10].

Енергоефективність – це галузь знань, що знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології [10].

Поняття «енергоефективність» означає досягнення певного результату, наприклад, опалення будівлі, або освітлення з використанням меншої кількості енергії, ніж потрібно зазвичай. Хто ефективно використовує енергію, той запобігає зловживанням ресурсами та охороняє навколишнє середовище. В умовах постійного зростання цін на основні види енергоресурсів, особливої актуальності набувають питання енергозбереження та підвищення енергоефективності в закладах та установах, що фінансуються з бюджету. Говорячи про енергоефективність, потрібно мати на увазі перш за все «енергозбереження», тобто економію енергії у повсякденному житті [10].

Актуальність проблеми енергозбереження для будівель бюджетних організацій, з одного боку, обумовлена соціальною значущістю цих об'єктів, з іншого боку, марнотратне споживання енергії та відсутність системного підходу до реалізації енергозберігаючих заходів є одними з основних причин дефіциту

бюджетів усіх рівнів. Зважаючи на те, що останнім часом нові об'єкти бюджетної сфери в експлуатацію майже не вводяться, основні резерви енергозбереження знаходяться у сфері вдосконалення енергоспоживання раніше побудованих будівель бюджетних установ і економія паливно-енергетичних ресурсів в закладах бюджетної сфери зростає пропорційно виділенню на ці цілі коштів. На жаль, до останнього часу, незважаючи на потенційні резерви в сфері підвищення енергоефективності будівель, проекти енергозбереження в бюджетній сфері обмежувалися лише встановленням приладів обліку ПЕР.

Означені заходи, певною мірою, дозволяють знизити експлуатаційні витрати на енергоресурси, але не призводять до підвищення енергоефективності будівель [10].

Будівлі навчальних закладів, є найбільшими споживачами енергоносіїв та мають високу потенційну економічну ефективність впровадження енергозберігаючих заходів [10]. З метою забезпечення скорочення споживання енергоресурсів за умов дотримання санітарно-гігієнічних норм і підвищення рівня комфорту в будівлях навчальних закладів необхідно широко впроваджувати енергоефективні технології та обладнання. Першим мікроприємством яке необхідно виконати перед початком модернізації це проведення енергоефективного аудиту шляхом енергетичної паспортизації навчальних будівель [10].

Як показав вітчизняний і закордонний досвід після проведення аудиту в бюджетних закладах, необхідно провести наступні енергоощадні заходи [10]:

- утеплення зовнішніх стін, підвальних приміщень, горищ, покрівель та фундаментів;
- заміна вікон та зовнішніх дверей на металопластикові з подвійним склопакетом;
- відновлення теплової ізоляції трубопроводів;
- встановлення тепловідбивних екранів між стінами приміщень і радіаторами;
- облаштування індивідуального теплового пункту зі встановленням системи регулювання споживання теплової енергії в залежності від температури зовнішнього повітря;

- заходи із санації інженерних мереж;
- реконструкція старих неефективних систем опалення;
- оснащення всіх будівель економними світло-діодними системами освітлення.

За оцінками як вітчизняних, так і закордонних експертів, потенціал економії електроенергії в будівлях і спорудах дорівнює 50 – 65%, а теплової енергії – близько 50% [10].

Втрати теплової енергії будинком, а також потенціал енергозбереження сьогодні має такий розподіл [10]:

- зовнішні стіни – 40% (потенціал економії – 70%);
- вікна, двері – 25% (потенціал економії – 50%);
- вентиляція – 15% (потенціал економії – 65%);
- гаряча вода – 10% (потенціал економії – 30%);
- дах, підлога – 8% (потенціал економії – 50%);
- трубопроводи, арматура – 2% (потенціал економії – 35%) [10].

Як видно, втрати тепла в основному відбуваються через вікна, стіни, горища, підлогу та за рахунок вентиляції. Використання принципів енергоефективності означає робити більше при менших витратах енергії.

Виконання програми енергоефективності будівель навчальних закладів є реалізація комплексу заходів із термомодернізації будівель та альтернативного енергозабезпечення [10].

Саме рішення такого варіанту з поєднання системи енергозабезпечення з використанням енергоактивного огороження та енергії альтернативних джерел може бути базовим. Воно характеризується комплексним вирішенням декількох задач: використанням енергії сонячного випромінювання; акумулюванням тепла в сезонному ґрунтовому акумуляторі; організації відбору тепла від зовнішнього та викидного повітря; рекуперації тепла в припливно-викидній системі вентиляції.

Рекомендований перелік енергоефективного обладнання при проведенні робіт з термомодернізації системи опалення та системи освітлення [10]:

- теплові насоси; - сонячні колектори для виробництва теплової енергії та підігріву води;
- котли з використанням будь-яких видів палива та енергії (за винятком природного газу);
- радіатори опалення з терморегуляторами;
- рекуператори тепла вентиляційного повітря;
- обладнання та матеріали для облаштування індивідуальних теплових пунктів;
- регулятори теплового потоку за погодними умовами та відповідне додаткове обладнання і матеріали до них [10].

Безліч міжнародних проектів, які підтримуються Європейською комісією, Програмами Tacis, Thermie, USAID та іншими організаціями, починаючи з 90-х років зробили енергоефективність впізнаваним терміном. Багато хто в економічно розвинених країнах вже знають та розглядають енергоефективність, економію енергоресурсів і скорочення викидів як очевидну умову конкурентоспроможності компаній і наявності доступного та чистого джерела енергозабезпечення у майбутньому [10].

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАЛЬШОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій  $R_{\Sigma пр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  повинний бути не менше за вимагаємих значень  $R_{q \text{ min}}$ , які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [11].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}} \quad (2.1)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{q \text{ min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Мінімально допустиме значення,  $R_{q \text{ min}}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.2)$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К);

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

Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma np}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.3)$$

де  $\alpha_6$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, Вт/(м · К);

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м<sup>2</sup> · К/Вт;  
[11]

## 2.2 Розрахунок тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

### 2.2.1 Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\sum Q_{emp} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{inf} + \sum Q_s, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

де  $\Sigma Q_0$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\Sigma Q_d$  – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{inf}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\Sigma Q_v$  – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

2.2.1 Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{opr}}{R_{\Sigma pr}} \cdot (t_e - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

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

$R_{\Sigma pr}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$t_e, t_{3,p}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

2.2.2 Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{cm} + \Sigma Q_{cml} + \Sigma Q_{vkn} + \Sigma Q_{z,d} + \Sigma Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

де  $\Sigma Q_{cm}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

$\Sigma Q_{cml}$  – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

$\Sigma Q_{вкн}$  – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, Вт;

$\Sigma Q_{з.д}$  – сумарні втрати теплоти через ворота, обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\Sigma Q_{ндл}$  – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

### 2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

#### 2.3.1 Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^d = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де  $\Sigma Q_{cm}$  – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу ( $\beta_{op}=0,13$ ) [11].

#### 2.3.2 Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$\Sigma Q_{ндл}^d = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де  $Q_{ндл}$  – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

#### 2.3.3 Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції



$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{op}^{\partial} + \sum Q_{a}^{\partial} + \sum Q_{ndl}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

де:  $\sum Q_{op}^{\partial}$  – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_{a}^{\partial}$  – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\sum Q_{ndl}^{\partial}$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

## 2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

### 2.4.1 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з.р}) \cdot n_{в}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

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

$t_{в}$ ,  $t_{з.р}$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{С}$ ;

$G_{н.вкн}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

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

$n_{в}$  – кількість одностипних вікон.

### 2.4.2 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням:

$$G_{вд} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

де  $B$  і  $H$  – ширина та висота дверей відповідно, м;

$k_q$  – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей  $0,8$ );

$g$  – прискорення вільного падіння,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$v$  – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона –  $2 \text{ м/с}$ ; II-а кліматична зона –  $2,1 \text{ м/с}$ ) [6];

$\Delta\rho$  – різниця густин повітряних мас ( $\Delta\rho = \rho - \rho_c$ ),  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_c$  – середня густина повітряних мас,  $\text{кг/м}^3$  (при нормальних умовах  $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$ ):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_e + t_{cp.on})]} \quad (2.12)$$

де  $t_{cp.on}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{вр}^{inf} = G_{вр} \cdot c \cdot (t_e - t_{з.p}) \cdot k_e, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де  $G_{вр}$  – масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота,  $\text{кг/с}$ ;

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

$t_e$  і  $t_{з.p}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$k_e$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

2.4.3 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{з.д}^{inf} = 0,28 \cdot G_{з.д} \cdot c \cdot (t_e - t_з), \quad (2.14)$$

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

$t_{в}$ ,  $t_{з,р}$  – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$G_{з,д}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота,  $\text{кг/год}$ :

$$G_{з,д} = b_{н,д} \cdot L_{н,д} \cdot v_{ср,н,д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

де  $b_{н,д}$  – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (приймається  $5 \text{ мм}$ ),  $\text{м}$ ;

$L_{н,д}$  – довжина нещільності (береться загальний периметр воріт),  $\text{м}$ ;

$v_{ср,н,д}$  – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається  $0,8 \text{ м/с}$ ),  $\text{м/с}$  [11];

$m_n$  – маса  $1 \text{ м}^3$  повітря (для практичних розрахунків беруть  $m_n = 1,3 \text{ кг}$ )[11].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{ср}^{инф} + Q_{з,д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

## 2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_в = 0,28 \cdot V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_в - t_{з,р}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

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

$t_в$  і  $t_{з,р}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$V_{II}$  – внутрішній об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho=1,3$  кг/м<sup>3</sup>

$n_k$  – кратність повітрообміну приміщення, год<sup>-1</sup> (за умовою завдання);

$k_V$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається  $k_V=0,85$ ).

## 2.6 Розрахунок теплонадходжень

### 2.6.1 Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де  $q_l$  – явні теплонадходження від людей, Вт;

$n_l$  – кількість людей.

### 2.6.2 Теплонадходження від працюючого електрообладнання

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

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

$k_{II}$  – коефіцієнт завантаження;

$\eta$  – ККД електрообладнання;

$k_T$  – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

$k_c$  – коефіцієнт попиту на електроенергію;

### 2.6.3 Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

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

$k_{осв}$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_l$  – кількість однотипних джерел освітлення.

#### 2.6.4 Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{о.п}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

де  $q_c, q_T$  – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м<sup>2</sup> скління, освітленого сонцем і перебуваючого 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>;

$k_{о.п}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ( $k_{о.п}=0,6$ ).

#### 2.6.5 Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

#### 2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma_{np}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q_{\min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,85	0,81	0,85	3,3
		Декоративна штукатурка	0,05	0,81		
2	Дах	Дерев'яний каркас	0,200	2,04	2,05	5,35
		Керамзит	0,15	0,12		
		Листи оцинкованої сталі	0,1	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–	0,54	0,75
		Дерев'яні	0,09	1,25	0,23	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,34	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		
		Лінолеум	0,005	0,35		

Отримані результати ( $R_{\Sigma_{np}} \ll R_{q_{\min}}$ ) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [9, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення	20
Температура в підвальному приміщенні	8
Температура зовнішнього повітря	-25
Загальна площа зовнішніх стін	4186
Загальна площа поверхня даху	1569,9
Загальна площа вікон пластикових	19,2

Загальна площа вікон дерев'яних	179,2
Загальна площа дверей	13,2
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям	1569,9
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження	8
Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005
Внутрішній об'єм приміщення	16237
Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3
коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
кратність повітрообміну приміщення	0,8
Кількість людей в приміщенні	635
Явні теплонадходження від людей	103
Номінальна потужність електроустаткування	16000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення	20
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	685
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління освітленого сонцем	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління перебуваючого в тіні	100
Площа заповнення світлових прорізів	99,2
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	99,2
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

<b>Розрахункові дані</b>	<b>Значення параметру</b>
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	0,85
Приведений опір теплопередачі для стелі	2,05
Приведений опір теплопередачі для дверей	0,5
Приведений опір теплопередачі для вікон з дерева	0,23
Приведений опір теплопередачі для вікон з пластика	0,54
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,4

Продовження таблиці 2.3

Втрати теплоти через стіни,Вт	206837,6
Втрати теплоти через дерев'яні вікна,Вт	32723,48
Втрати теплоти через стелю,Вт	32163,8
Втрати теплоти через металопластикові вікна,Вт	1493,333
Втрати теплоти через підлогу,Вт	47097
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	1815,368
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	169641,2
Сумарні тепловтрати,Вт	491771,9
Теплонадходження від людей, Вт	65405
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	4432,8
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	3288
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	20832
Сумарні теплонадходження,Вт	93957,8
<b>Теплова потужність будівлі,Вт</b>	<b>397814,1</b>
<b>Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, Вт</b>	<b>849051,9</b>

## 2.8 Утеплення зовнішніх огорожуючи конструкцій (стіни)

Додаткове утеплення стін спеціальними матеріалами здатне значно скоротити витрати теплової енергії і відповідно зменшити потужність опалення та платню за спожиту теплову енергію.

Для утеплення стін будівлі пропонується використати мінераловатні плити. Теплопровідність панелі  $\lambda = 0,04 \text{ Вт/мК}$  [13].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ут.ог.к}} = (R_{q \min} - R_{\sum \text{IPcm}}) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (2.24)$$

де  $\lambda_{\text{ут}} = 0,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – теплопровідність ізолюючого матеріалу [13].

$R_{q \min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  [7].

$$\delta_{\text{ут.ст}} = (3,3 - 0,85) \cdot 0,1 = \text{м.}$$



Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{оз.к}^{із} = \frac{F_{оз.к}}{R_{q\min}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (2.24)$$

$$Q_{см}^{із} = \frac{4186}{3,3} \cdot (20 - (-25)) \cdot 1 = 57081,2 \text{ Вт}.$$

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі:

$$\Delta Q_{оз.к} = Q_{оз.к} - Q_{оз.к}^{із} \quad (2.25)$$

$$\Delta Q_{см} = 206837,6 - 57081,8 = 149755,8 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [14]:

$$Q_{оз.к}^{рік} = \Delta Q_{оз.к} \cdot \frac{(t_в - t_{ср.оп})}{(t_в - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} , \quad (2.26)$$

$$Q_{см}^{рік} = 149,8 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 319717,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 274 \text{ Гкал}.$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 274 \cdot 1211,3 = 333055 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м<sup>2</sup> плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 90 грн [15]. Вартість робіт по встановленню плит складає 200 грн/м<sup>2</sup>. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (2.27)$$

де  $C_{тов}$  – вартість одиниці продукції, грн.,

$C_{робіт}$  - вартість робіт на монтаж одиниці продукції, грн.

$$K = 4186 \cdot (90 + 200) = 1213940 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (2.28)$$

$$T_{ок} = \frac{1213940}{333055} = 3,6 \text{ роки.}$$

## 2.9 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон

В будівлі на даний момент встановлені дерев'яні вікна. Дані вікна були встановлені давно, і вже морально застарілі. Рекомендується замінити старі вікна на сучасні.

Вікна встановлюємо металопластикові, двохкамерні фірми «Газда» [16]. Кількість вікон, що потребує заміни складає 64 штуки. Загальна площа вікон, що потребують заміни складає 179,2 м<sup>2</sup>.

Вартість конструкції, включаючи доставку та монтаж, наступна:

– для вікна розміром 1500×1800 мм – 6500 грн.

$$K_{\text{вкн}} = 64 \cdot 6500 = 416000 \text{ грн.}$$

Тепловтрати до заміни вікон на металопластикові наступні:

$$Q_{\text{вкн}} = 32723,48 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати після заміни вікон на металопластикові з нормованим опором теплопередачі:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{плст}} = \frac{179,5}{0,75} \cdot (20 - (-25)) = 10770 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати на інфільтрацію відсутні.

Різниця тепловтрат до і після заміни вікон складе:

$$\Delta Q = 32723,48 - 10770 = 21953,5 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через вікна за рік:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{рік}} = 21953,5 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 46855,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.}$$

Економію втрат теплоти за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою :

$$B = 46855,2 \cdot 0,00086 = 40,2 \text{ ГКал} / \text{рік.}$$

Економія від заміни вікон в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 40,2 \cdot 1211,3 = 48809,9 \text{ грн / рік.}$$

Термін окупності складе:

$$T = \frac{416000}{48809,9} = 8,5 \text{ років.}$$

## 2.10 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Світлодіодні лампи це принципово нові електричні джерела світла, в яких використовуються потужні світловипромінюючі діоди високої ефективності. Світлодіодні лампи володіють високими технічними і споживчими характеристиками, зручні в експлуатації і можуть застосовуватися в освітлювальних приладах замість ламп розжарювання, галогенних і енергозберігаючих ламп.

Пропонується замінити старі лампи розжарення на нові світлодіодні.

Кількість ламп люмінесцентних які необхідно замінити складає 220 штук.

Ціна однієї світлодіодної лампи складає 52 грн [17].

Капітальні затрати на встановлення ламп складуть:

$$K = 220 \cdot 52 = 11440 \text{ грн.}$$

Для початку обчислимо споживання електроенергії за рік для обох типів ламп за умови, що лампи горять 8 годин на добу:

Лампи люмінесцентні: 20 Вт:

$$C_1 = 0,02 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 220 \text{ штук} = 8800 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

Світлодіодна лампа 6 Вт (з низьким світловим потоком):

$$C_2 = 0,006 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 220 \text{ штук} = 2640 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік.}$$

Економія в споживанні електричної енергії після встановлення світлодіодних ламп складає

$$C = C_1 - C_2 = 8800 - 2640 = 6160 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 2,72 \cdot 6160 = 16755,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{11440}{16755,2} = 0,7 \text{ року.}$$

## 2.11 Встановлення насадки-аератора на крани для холодної води

З метою зменшення споживання води під час миття рук, брудного посуду та інших побутових потреб пропонується встановити допоміжні насадки-аератора на крани.

В будівлі встановлено сучасні крани в кількості 20 штук без насадок.

Ціна однієї насадки складає 89 грн [18].

Капітальні затрати на придбання складуть:

$$K = 20 \cdot 89 = 1780 \text{ грн.}$$

Економія споживання води після встановлення насадки складає близько 50% [20]. Тоді економія в споживанні води складе (за 2019 рік було спожито 786 м<sup>3</sup>):

$$E = 786 \cdot 0,5 = 393 \text{ м}^3.$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 393 \cdot (9,792 + 9,624) = 7630,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{1780}{7630,5} = 0,2 \text{ року.}$$

## 2.12 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення

Результатом роботи правильно збалансованої системи опалення є перерозподіл теплоносія по всіх ділянках системи так, щоб крізь кожен опалювальний прилад проходила необхідна розрахункова кількість теплоносія.

Для балансування системи опалення рекомендується встановити автоматичні балансувальні клапани (динамічні регулятори) [19].

Для балансування системи необхідно встановити 50 клапанів. Вартість 1 клапана складає 375 грн [19]. Вартість встановлення 150 грн.

Витрати на придбання та встановлення складуть:

$$K = 50 \cdot (150 + 375) = 26250 \text{ грн.}$$

Енергоспоживання збалансованої системи опалення знижується на величину до 10% [19] завдяки рівномірному розподілу теплового носія по стоякам внутрішньобудинкової системи опалення.

$$C = 402,74 \cdot 0,1 \approx 40,3 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 40,3 \cdot 1211,3 = 48815,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{26250}{48815,4} = 0,5 \text{ року.}$$

### 2.13 Встановлення рекуператора теплоти

Будівлю обладнано системою природної вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері.

Для зменшення втрат тепла через вентиляцію пропонується встановити механічну припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла. Цей захід не тільки зекономить кошти на оплату теплової енергії, але й за використану електричну енергію, так як зменшетеся використання кондиціонерів.

Пропонується встановити рекуператор Venst — це приточно-витяжна прямоточна система вентиляція (приток і витяжка відбуваються одночасно без змішування повітряних потоків). Корпус вентиляційної системи виконано з харчового АВС пластику. В якості рекуператора повітря використовується високоефективний мідний теплообмінник. Система видаляє з приміщення

повітря, яке забруднено мікрочасточками пилу та диму і забезпечує приток свіжого і чистого повітря ззовні [20].



Рисунок 2.1 – Рекуператор теплоти [20]

Виробником рекомендується встановити 10 рекуператорів Venst.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора Venst:

$$\Delta Q_{6,6} = \eta \cdot Q_{6,6} = 0,2 \cdot 169641,2 = 33928,2 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через витяжну вентиляцію за рік:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{рік}} = 33928,2 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 72412,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.}$$

Економію втрат теплоти за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу знаходимо за формулою :

$$B = 72412,7 \cdot 0,00086 = 62,2 \text{ ГКал} / \text{рік.}$$

Економія в грошовому еквіваленті:



$$\Delta E = 62,2 \cdot 1211,3 = 75342,9 \text{ грн} / \text{ рік}.$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 7000 грн [20], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 20% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{\text{тов}} + C_{\text{роб}}) = 10 \cdot (7000 + 0,2 \cdot 7000) = 105000 \text{ грн}.$$

Термін окупності складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{105000}{75342,9} = 1,4 \text{ року}.$$

Зменшення теплової потужності будівлі в залежності від впровадження енергозберігаючих заходів показано на графіку (Додаток А).

#### 2.14 Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами

Валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів визначаються на основі постійних вимірювань концентрацій забруднюючих речовин у димових газах котлів, а за відсутності лічильників — на основі розрахункових методів за даними про витрати та склад використаного палива і характеристики котлів та газоочисних установок [21].

Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу при спалюванні природного газу наведено в [21].

Розрахунок проведемо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

Вихідні дані наведено в таблиці 2.4.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку

<b>Вихідні дані для розрахунку</b>	<b>Значення параметру</b>
Теплотворна здатність природного газу, кКал	7600
ККД котла, %	0,85
Нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг	45,75
Густина природного газу, кг/м <sup>3</sup>	0,723
Показник емісії забруднюючих речовин:	
Оксиду азоту, г/ГДж	64,311
Оксиду вуглецю, г/ГДж	248,75
Діоксид вуглецю, г/ГДж	58748,13
Оксиду діазоту, г/ГДж	0,1
Метан, г/ГДж	1
Споживання теплової енергії будівлею, Гкал	402,74
Економія в споживанні теплової енергії після впровадження енергозберігаючих заходів, Гкал	142,7

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу

<b>До впровадження енергозберігаючих заходів</b>	<b>Значення параметру</b>
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення, м <sup>3</sup>	62343,65325
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення, т	45,0744613
Валовий викид оксидів азоту	0,002898784
Валовий викид оксидів вуглецю	0,011212272
Валовий викид діоксиду вуглецю	2,648040312
Валовий викид оксиду діазоту	4,50745E-06
Валовий викид метану	4,50745E-05
<b>Після впровадження енергозберігаючих заходів</b>	
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення, м <sup>3</sup>	22089,78328
Кількість витрачено природного газу для потреб опалення, т	15,97091331
Валовий викид оксидів азоту	0,001027105
Валовий викид оксидів вуглецю	0,003972765
Валовий викид діоксиду вуглецю	0,938261292
Валовий викид оксиду діазоту	1,59709E-06
Валовий викид метану	1,59709E-05

Даний розрахунок показує, що розроблені енергозберігаючі заходи зменшують валові викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу.

2.15 Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів

2.15.1 Утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни)

Методика розрахунку наведено в [22].

Цей проект спрямований на зменшення витрат теплової енергії, шляхом утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій - стін.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз утеплення стін будинку.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати  $K = 1213940$  грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 333055 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [22].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (5.1)$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році  $t$ ;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Для подальшого аналізу складемо таблицю 2.6. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 2.6 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати)	Вигоди $D$ (дохід)	чистий грошовий потік, $P_t$	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV
0	-1213940	-1213940		1		
1	0	333055	-880885	0,909	302777	-911163
2	0	333055	-547830	0,826	275252	-635911
3	0	333055	-214775	0,751	250229	-385682
4	0	333055	118280	0,683	227481	-158200
5	0	333055	451335	0,621	206801	48600
6	0	333055	784390	0,564	188001	236601
7	0	333055	1117445	0,513	170910	407511
8	0	333055	1450500	0,467	155373	562884
9	0	333055	1783555	0,424	141248	704132
10	0	333055	2116610	0,386	128407	832539
11	0	333055	2449665	0,350	116734	949273
12	0	333055	2782720	0,319	106122	1055394
13	0	333055	3115775	0,290	96474	1151868
14	0	333055	3448830	0,263	87704	1239572
15	0	333055	3781885	0,239	79731	1319303
16	0	333055	4114940	0,218	72482	1391785
17	0	333055	4447995	0,198	65893	1457678
18	0	333055	4781050	0,180	59903	1517581
19	0	333055	5114105	0,164	54457	1572038
20	0	333055	5447160	0,149	49507	1621545
21	0	333055	5780215	0,135	45006	1666551
22	0	333055	6113270	0,123	40914	1707465

Продовження таблиці 2.6

23	0	333055	6446325	0,112	37195	1744660
24	0	333055	6779380	0,102	33814	1778474
25	0	333055	7112435	0,092	30740	1809214
	<b>IRR</b>	<b>27%</b>			<b>3023154</b>	

$$NPV = 3023154 - 1213940 = 1809214 \text{ грн}$$

Результат розрахунку  $NPV$  є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 2.6 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 3 роки, а з урахуванням дисконтної ставки – за 4 роки. Чистий дохід проекту становить 3023154 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 1809214 грн.

Індекс дохідності  $PI$  розраховуємо :

$$PI = \frac{3023154}{1809214} = 1,7$$

Оскільки  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). Із великою вірогідністю проект може бути реалізовано.

Розрахунок  $IRR$  у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 2.7).

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A425 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу =  $IRR(Q8 : Q48)$ .
4. Отримуємо результат – 27 %.

Таблиця 2.7 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	Q
1	2
2	-1213940
3	333055
4	333055
...	...
24	333055
25	333055
Формула	= IRR(Q8 : Q25)
Результат	27 %

$IRR > r$ , тобто *IRR* перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 4 + \frac{1213940 - 1165340}{206801} = 4,23 \text{ року}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	1213940
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	-

Продовження таблиці 2.8

3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	333055
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1809214
3.3	Індекс дохідності	1,7
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	27
3.5	Дисконтований термін окупності, років	4,23

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки  $NPV > 0$ . Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є інвестиційно привабливим і може сприяти збільшенню капіталу підприємства та його ринкової вартості. Проект може бути реалізований із великою вірогідністю.

### 2.15.2 Встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.15.1. Результати занесемо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		

Продовження таблиці 2.9

3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	48809,9
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	271918
3.3	Індекс дохідності	2,5
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	11
3.5	Дисконтований термін окупності, років	11,6

2.15.3 Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.15.1. Результати занесемо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	11440
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія електричної енергії після впровадження заходу, кВт·год	6160
3.2	Вартість електричної енергії, грн/кВт·год	2,72
3.3	Річна економія	16755,2
3.4	Рентабельність заходу, %	4
3.5	Термін окупності, років	0,7



#### 2.15.4 Встановлення насадки-аератора на крани холодної води

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.15.1. Результати занесемо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	1780
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія води після впровадження заходу, м <sup>3</sup>	393
3.2	Вартість холодної води, грн/м <sup>3</sup>	19,416
3.3	Річна економія	7630,5
3.4	Рентабельність заходу, %	6
3.5	Термін окупності, років	0,2

#### 2.15.5 Налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.15.1. Результати занесемо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	26250
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Річна економія теплової енергії після впровадження заходу, Гкал	40,3
3.2	Вартість теплової енергії, грн/Гкал	1211,3
3.3	Річна економія	48815,4
3.4	Рентабельність заходу, %	8
3.5	Термін окупності, років	0,5

#### 2.15.6 Встановлення рекуператора теплоти

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.15.1. Результати занесемо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	105000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	75342,9

Продовження таблиці 2.13

3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	683891
3.3	Індекс дохідності	3,2
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	42
3.5	Дисконтований термін окупності, років	2

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

Під час роботи на об'єкті на енергменеджера можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів [23].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [24]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

3.1.1 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

### Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [25] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною безпекою», оскільки в них розміщені персональні комп'ютери, кондиціонери.

У приміщеннях відсутні відкриті струмопровідні частини. Ураження електричним струмом можливо тільки у разі несправності апаратури і живлячих кабелів. Вся електропроводка проводиться в захищених від людини місцях, що виключає можливість пошкодження її ізоляції працівниками.

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі наявні:

- заземлення всіх установок з опором не більш 4 Ом;

- застосовується прихована електропроводка в захищаючих від механічних пошкоджень трубах;
- маркіровані роз'єми і розетки;
- аварійні рубильники виключення всього електроживлення.

## Пожежна безпека

Пожежу супроводжують такі небезпечні фактори: відкритий вогонь та іскри, висока температура повітря, предметів, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалення, пошкодження будинків та споруд, вибух.

Приміщення будівлі оснащено первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними вогнегасниками. Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [26] будівля відноситься до категорії В пожежної безпеки приміщень. Пожежні крани встановлені в коридорах, на майданчиках сходових кліток, коло входів. Щити протипожежного захисту повинні оснащені ручними вогнегасниками. Для гасіння пожеж в замкнених об'ємах, якими і є приміщення, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища спалаху.

Первинними засобами пожежогасіння можуть слугувати ручні вогнегасники типу: ОУ-6 і ОУ-8.

## Мікроклімат в приміщенні

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря,
- швидкість руху повітря,

В приміщенні проводяться роботи легкої категорії (Ia). Тобто майже всі роботи виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним напруженням.

В таблиці 3.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень.

Таблиця 3.1 – Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень для легкої категорії робіт (Ia).

Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична
Холодний	20-22	20-21	40-60	58	≥ 0,1	0,02-0,18
Теплий	23-25		40-60		≥ 0,2	

Аналізуючи дані, можна сказати що температура, вологість в приміщеннях задовільна.

#### Освітлення робочої зони

Освітлення робочого місця – найважливіший чинник створення нормальних умов праці. У даній будівлі застосовується комбіноване освітлення, яке складається із загального та місцевого. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори (вікна) в приміщеннях. Штучне освітлення приміщень здійснюється люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Коефіцієнт природнього освітлення (при боковому освітленні) в приміщенні для зорової роботи IV (в) точності має становити  $e_H = 1,5 \%$ .

Освітленість робочої поверхні має відповідати нормам встановленим ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [27] для зорової роботи IV в точності і становити 300 лк.

## Шум

У приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої основним джерелом шуму є вентилятори охолодження блоків апаратури, а також кондиціонери. Шум вентиляторів є середньочастотним. Рівень шуму в приміщеннях для теоретичних робіт і обробки даних, а також для операторів ЕОМ повинен бути не більше 50 дБА [28].

### 3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації електроустановок здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів. Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом [29].

Роботи в діючих електроустановках з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувані: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в електроустановці, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга і вхід в приміщення сусідньої електроустановки, котра знаходиться під напругою, закритий. До робіт,

виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах [29].

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше встановленої і не вимагається вжиття технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню. При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться [29]:

- оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерви під час роботи;
- переводи на інше робоче місце.

Наряд-допуск — це завдання на безпечне виконання роботи, оформлене на спеціальному бланку встановленої форми. Він визначає зміст, місце виконання роботи, час її початку та закінчення, умови її безпечного виконання, склад бригади та осіб, відповідальних за безпечне виконання роботи. Відповідальними за безпечне виконання робіт є: особа, що видала наряд; котра дає розпорядження; особа, що допускає до роботи; керівник роботи; виконавець роботи; спостережник; член бригади.

Всі роботи, котрі виконуються в електроустановках без наряду [29],

- за розпорядженням осіб, уповноважених на це, з оформленням в оперативному журналі;
- в порядку поточної експлуатації з подальшим записом в оперативному журналі.



Розпорядження – це завдання на виконання роботи, що визначає її зміст, місце, час, заходи безпеки. Воно має разовий характер, видається на один вид роботи і діє протягом однієї зміни [29].

За розпорядженням можуть виконуватись [29]:

- позапланові роботи, викликані виробничою необхідністю, тривалістю до 1 год.;
- роботи без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою, тривалістю не більше однієї зміни;
- роботи зі зняттям напруги з електроустановок напругою до 1000 В тривалістю не більше однієї зміни.

Поточна експлуатація – це проведення оперативним персоналом самостійно на закріпленій за ним ділянці протягом однієї зміни робіт за спеціальним переліком.

До організаційних заходів в цьому випадку відноситься складання, відповідальним за електрогосподарство, переліку робіт стосовно конкретних умов.

До технічних заходів, що забезпечують безпеку робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться [29]:

- необхідні вимкнення та вжиття заходів, котрі запобігають подачі напруги до місця роботи внаслідок помилкового або довільного ввімкнення комутаційної апаратури;
- вивішування на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комунікаційної апаратури (автомати, рубильники, вимикачі) забороняючих плакатів;
- перевірка відсутності напруги на струмоведучих частинах;
- накладання заземлення;
- вивішування попереджувальних та приписувальних плакатів, огороження, при необхідності, робочих місць та струмоведучих частин, які залишилися під напругою [23].

### 3.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу

Евакуація – це організований вивід (вивіз) населення (у тому числі і персоналу суб'єктів господарської діяльності) із осередків ураження внаслідок аварій, катастроф і стихійного лиха та зон радіаційного забруднення місцевості і хімічного зараження та катастрофічного затоплення.

Згідно з [30] при загрозі хімічного ураження оповіщаються всі працівники та студенти, які знаходяться на території підприємства. Вентиляційні установки та кондиціонери терміново виключаються, закриваються вікна, двері, квартирки, приміщення герметизуються. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації. Працівникам та студентам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно вживаються заходи із забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками. Відповідальні за забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище), за забезпечення працівників та студентів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище) [30].

При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники та студенти, хімічно небезпечної речовини працівники та студенти повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити із зони необхідно тільки у засобах індивідуального захисту та рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру [30].

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники та студенти зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації. Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки та організацію дій учасників навчально-виховного процесу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище) [30].

При радіоактивному забрудненні території навчального закладу або при загрозі забруднення всі працівники та студенти повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається по радіо та телебаченню після попереджувального сигналу «Увага всім», за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті

та суворо виконувати рекомендації із захисту від радіоактивного зараження. Скорочується до мінімуму вхід у будівлю та вихід з неї. Контроль за дотриманням режиму поведінки й роботи працівників та студентів, який дозволяє максимально понизити наслідки радіоактивного опромінення, покладається на (посада, прізвище) [30].

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих працівники та студенти по розпорядженню адміністрації повинен зупинити навчання, виконати необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення до безпечного місця найбільш цінних матеріальних засобів. Контроль за обстановкою на території навчального закладу при стихійних лихах і за вжитими заходами захисту персоналу покладається на (посада, прізвище). Якщо з'явилися постраждалі, їм надається перша медична допомога із залученням санітарних дружин або постів ВКІ, вживаються заходи з госпіталізації постраждалих до медичних закладів [30]. Працівник (посада, прізвище) постійно слідкує за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку в місті та доводить її до адміністрації й персоналу навчального закладу.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства та до правоохоронних органів і діяти згідно з розпорядженнями та рекомендаціями [30].

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі основна увага була приділена підвищенню ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів за останні три роки, режимів споживання енергетичного обладнання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження., оскільки після ознайомлення з динамікою споживання ПЕР на об'єкті дослідження, став очевидним факт, що найбільше коштів витрачається на оплату теплової енергії на потреби опалення.

В ході виконання магістерської роботи було виконано:

1) аналіз річного споживання електричної енергії, теплової енергії холодної та гарячої води.

2) обстеження енергетичних систем і системи водопостачання та водовідведення об'єкта. Розглянуті типи приладів обліку всіх спожитих енергетичних ресурсів.

3) розрахунок теплових втрат та теплових надходжень в будівлі. В результаті розрахунків було знайдено значення теплової потужності будівлі, яка склала  $\Delta Q = 397814,1 \text{Вт}$ .

4) запропоновані наступні заходи з модернізації енергетичних систем:

- утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни) ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1213940 грн; економія в грошовому еквіваленті – 333055 грн; термін окупності заходу – 3,6 років);

- встановлення сучасних екологічних та енергозберігаючих вікон ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 416006 грн; економія в грошовому еквіваленті – 48809,9 грн; термін окупності заходу – 8,5 років);

- заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 11440 грн; економія в грошовому еквіваленті – 16755,2 грн; термін окупності заходу – 0,7 року);

- встановлення насадки-аератора на крани холодної води ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1780 грн; економія в грошовому еквіваленті – 7630,5 грн; термін окупності заходу – 0,2 року);

- налагоджування гідравлічного режиму внутрішньої системи опалення ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 26250 грн; економія в грошовому еквіваленті – 48815,4 грн; термін окупності заходу – 0,5 року);

- встановлення рекуператора теплоти ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 105000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 75342,9 грн; термін окупності заходу – 1,4 року).

5) визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами;

б) розраховано чистий дисконтований дохід та дисконтований термін окупності енергозберігаючих заходів.

Сума капітальних вкладень значна, але поступове впровадження даних заходів призведе до значної економії енергетичних ресурсів та плати за їх використання.

У розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних розглянуто три питання:

1. аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті;

2. правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою;

3. порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз ефективності споживання енергетичних ресурсів в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: [http://market-infr.od.ua/journals/2018/17\\_2018\\_ukr/11.pdf](http://market-infr.od.ua/journals/2018/17_2018_ukr/11.pdf)
2. Енергетична галузь України. Підсумки 2016 року [електронний ресурс] Режим посилання: [http://razumkov.org.ua/uploads/article/2017\\_ENERGY-FINAL.pdf](http://razumkov.org.ua/uploads/article/2017_ENERGY-FINAL.pdf)
3. Проблеми підвищення енергоефективності та енергозбереження України [електронний ресурс] Режим посилання: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/viewFile/7244/8119>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://in-prem.com.ua/ru/teplovychislitel-pollutherm>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua>
10. "Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві", випуск 7, 2017 [електронний ресурс] Режим посилання:
11. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення

енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

12. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання:

13. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>

14. 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.

15. Магазин Рона [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://rona.ua/shop/>

16. Металопластикові вікна [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://gazda.ua/okna/>

17. Світлодіодні лампи [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://epicentrk.ua/shop/sumy/svetodiodnye-lampy-led//>

18. Насадка на кран для води [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://epicentrk.ua/shop/sumy/svetodiodnye-lampy-led/>

19. Балансувальні клапани [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://www.leon.ua/ua/news/456.html>

20. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання:  
<https://vents.ua/catalog>

21. Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами: [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>

22. Економіка та організація виробництва: Підручник / За ред. В.Г. Герасимчука, А.Е. Розенплентера. - К.: Знання, 2007. - 678 с.

23. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:  
[https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik\\_nebezpechnih\\_shkidlivih\\_virobnichih\\_faktoriv](https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv)

24. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>
25. «Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості України - – Київ, 2017 р. – 600 с.
26. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60541](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541)
27. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.
28. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.
29. Організація безпечної експлуатації електроустановок [електронний ресурс] Режим посилання: <https://buklib.net/books/31471/>
30. ІНСТРУКЦІЯ щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій учасників навчально-виховного процесу [електронний ресурс] Режим посилання: [http://vki.vin.ua/download/CuvilZahust/instrukcia\\_ns.pdf](http://vki.vin.ua/download/CuvilZahust/instrukcia_ns.pdf)



## ДОДАТОК А

Теплова потужність будівлі

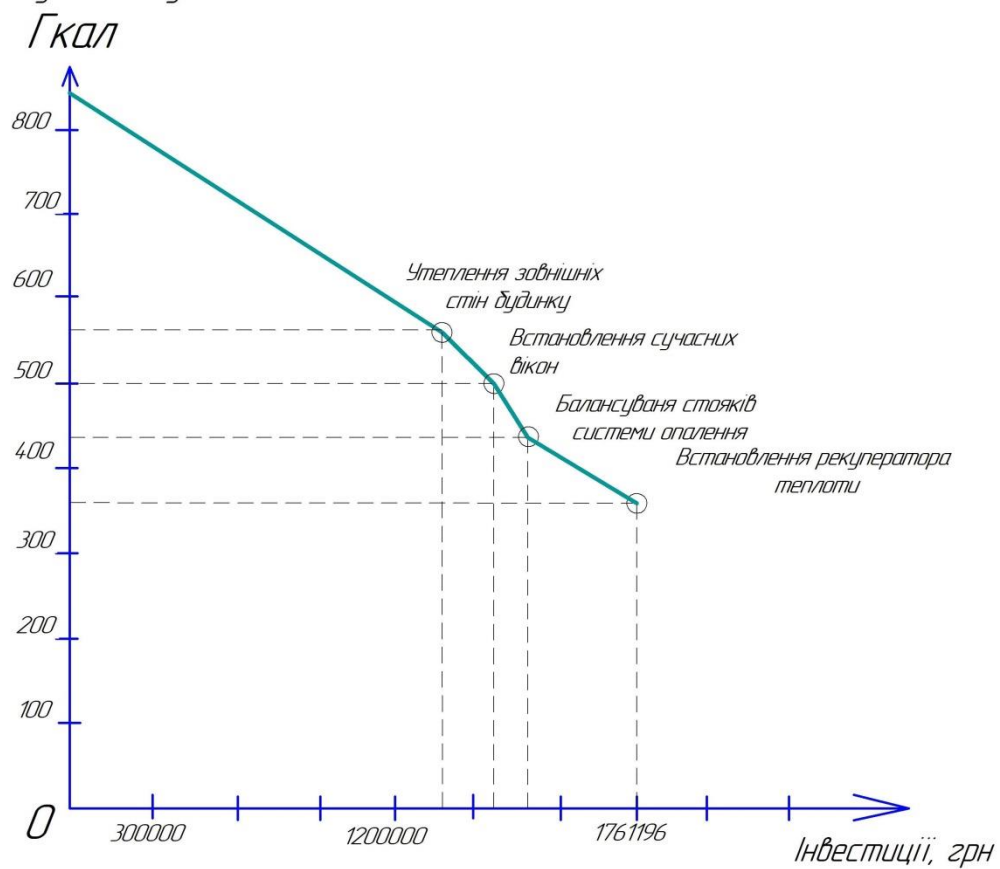


Рисунок А.1 - Зменшення теплової потужності будівлі в залежності від впровадження енергозберігаючих заходів