

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

Новак Олександр Юрійович

ТЕМА: «Підвищення енергоефективності функціонування систем  
енергозабезпечення будівель корпусів ЛА та ЛБ.»

Кваліфікаційна робота магістра  
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Сотник М.І.**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

**д.т.н каф.ПГМ**

\_\_\_\_\_ (наукове звання та наукова ступінь)



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			

6 Дата видачі завдання 1.11.2020 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 01.11 до 28.11.2021	
2	Захист переддипломної практики	до 05.12.2021	
3	Виконання 1-го розділу	до 21.11.2021	
4	Виконання 2-го розділу	до 30.11.2021	
5	Виконання 3-го розділу	до 11.12.2021	
6	Представлення виконаної роботи	до 13.12.2021	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.21	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12 до 30.12.2021	

Студент-магістр

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник випускної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

### Умовні позначення

$T$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$L$  – довжина, м.

$H$  – висота, м;

$B$  – ширина, м

### Індекси та скорочення

$\delta$  – товщина огорожуючої конструкції, м;

$n$  – кількість шарів в конструкції;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження освітлення

$n_l$  – кількість однотипних джерел освітлення.

$\emptyset$  – діаметр.

### Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 60 сторінок, 10 рисунків, 13 таблиць, 2 додатки, 25 літературних джерел.

*Метою роботи:* розробка заходів з підвищення енергоефективності систем 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 огорожуючих 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 корпусів ЛА та ЛБ Сумського державного університету, за адресою вул.Римського-Корсакова,2.

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

*Ключові слова:* ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНаДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ, СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ, ЕВАКУАЦІЯ.

*Тема роботи* – **«Підвищення енергоефективності функціонування систем енергозабезпечення будівель корпусів ЛА та ЛБ».**

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ...	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта..	12
1.3.1 Система теплопостачання.....	12
1.3.2 Система електропостачання.....	13
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	13
1.3.4 Система вентиляції.....	13
1.3.5 Система обліку ресурсів.....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	16
1.4 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	17
1.5 Аналіз обсягів споживання електричної енергії.....	18
1.6 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	20
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	21
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	21
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	23
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	23
1.8 Методи та сутність енергетичного аудиту.....	24
1.9 Висновки до розділу.....	27
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ .....	28
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	28
2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі .....	30
2.3 Розрахунок теплонадходжень.....	33
2.4 Розрахунок теплової потужності .....	33
2.5 Утеплення зовнішніх стін будівлі .....	33
2.6 Встановлення сучасних енергозберігаючих вікон .....	40

2.7 Встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю.....	42
2.8 Модернізація системи опалення з гідравлічним балансуванням.....	44
2.9 Заміна існуючих люмінесцентних ламп та ламп розжарювання на світлодіодні.....	45
2.10 Висновки до розділу.....	47
<b>3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>48</b>
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження ...	48
3.2 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!».....	51
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>54</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>56</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>60</b>

## ВСТУП

У всьому світі, на даний час, питання енергозбереження постає дедалі актуальнішим [1]. Це не лише економічна вигода для споживачів та зменшення навантаження на електричні мережі, а також, що надзвичайно важливо, збереження довкілля для наших нащадків [1].

Україна, яка споживає у загальному балансі більше 60–70 % імпортованих енергоресурсів, є однією з енергозалежних країн Європи [1]. І цьому сприяє не тільки їх відсутність, а й неефективне використання, що загрожує національним інтересам та національній безпеці країни. Тому вирішення питань енергозбереження та енергоефективності є одним з першочергових в умовах енергетичної кризи в країні [2].

В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками [2]. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому нічого не змінюється [2]. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках [2].

Енергоефективність означає раціональне використання енергетичних ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технології та дотриманні вимог до навколишнього середовища [2].

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котелень [2].

Кожний уряд незалежної України одним з головних пріоритетів у своїй діяльності визначав необхідність розв'язання проблем підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства [2]. У своїх програмах



дій вони намічали шляхи розв'язання цих проблем, розробляли відповідні державні програми, визначали комплекс заходів, які сприяли їх реалізації [2].

На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепломодернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [2].

Метою дослідження в даній роботі 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 огорожуючих 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 корпусів ЛА та ЛБ СумДУ за адресою вул. Римського-Корсакова, 2 та їхні системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній 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 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля корпусів ЛА та ЛБ Сумського державного університету, яка розташована за адресою: м.Суми, вул. Римського-Корсакова, 2 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд фасаду будівлі

Корпуси ЛА та ЛБ представляють собою будівлю призначену для проведення навчального процесу. Точне розташування будівлі наведено в додатку А.

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації:

- рік побудови 1972 р.;
- кількість поверхів 2 поверхи;
- площа забудови 3585 м<sup>2</sup>;
- опалювальна площа 6930 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм будівлі 20800 м<sup>3</sup>;

Склад людей: одночасно в будівлі знаходиться близько 350 осіб.

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-пт, вихідні – сб-нд.

Робочий день у будівлі: 08<sup>00</sup>-17<sup>30</sup>.

Обідня перерва: 12<sup>00</sup>-12<sup>45</sup>.

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи опалення.

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

Гаряче водопостачання в будівлі відсутнє.

## 1.2 Опис дійсного стану будівлі

Основним конструктивним елементом зовнішніх стін є силікатна цегла що поштукатурена зсередини і ззовні. З точки зору теплових властивостей стін, в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, встановленими українськими нормами. На зовнішніх стінах не виявлені ушкодження на конструкційному матеріалі та штукатурці. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (проведення теплоізоляції) на зовнішніх стінах не проводилися раніше.

Наявні вікна і двері мають дерев'яну раму з подвійним заскленням, ПВХ раму з подвійним заскленням. З точки зору теплових властивостей вікон і дверей в існуючій ситуації вони не відповідають мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (заміна вікон та / або дверей) проводилися раніше в 2009-2012. Виконано заміну частини вікон на сучасні енергозберігаючі в аудиторії № 107 корпусу ЛА.

Дах досліджуваної будівлі – представлений холодним горищем. Будівля облаштована технічним поверхом. Горище не обігривається, тому воно є частиною неопалювальної площі будівель. З точки зору теплових властивостей даху на даний момент, він не відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українськими нормативними документами. Конструкція даху без видимих пошкоджень. Енергоефективні заходи із додатковою теплоізоляцією на поверхні даху / горища не проводилися раніше.

При обстеженні було виявлено певну нерівномірність обігріву робочих кабінетів, в деяких приміщеннях спостерігався недогрів, а в деяких навпаки перегрів, що в свою чергу має вплив на працездатність людей

Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані та має прийнятні теплові властивості. З точки зору теплових властивостей підлоги, на даний момент вона відповідає мінімальним вимогам, що встановлені українським законодавством. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підлоги не проводилися раніше.

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

#### 1.3.1 Система тепlopостачання

Обстежуваний об'єкт має централізовану систему тепlopостачання. Договір на тепlopостачання укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Гарячий теплоносій – вода. Дані будівлі обладнані двотрубною вертикальною системою опалення з нижнім розподілом теплоносія. При двотрубній системі теплоносій подається по одній трубі, а відводиться по другій. Основною перевагою двотрубної системи є те, що надходження води відбувається з максимальною температурою до кожного нагрівального приладу. Недоліком такої системи є значна витрата труб та фасонних частин. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади.

Будівля має два теплових пункти в якій встановлені елеваторні вузли. Від елеваторного вузла корпусу ЛА опалюється частина приміщень та навчальних аудиторій корпусу ЛБ. Від елеваторного вузла корпусу ЛБ опалюється частина приміщень де розташована кафедра Прикладної гідроаеромеханіки.

Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені переважно з сталі. Труби в неопалювальних приміщеннях і теплових пунктах частково ізолювані власними силами. Опалювальні прилади – чавунні. Регулювання подачі теплоносія відбувається в ручному режимі.

### 1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-237, що знаходиться на території університету. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

### 1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання корпусів здійснюється згідно договору з КП «Міськводоканал» СМР. Вода надходить до будівлі по зовнішнім мережам водопроводів зі сторони вул. Охтирська. Зовнішні мережі водопроводу виконані із сталевих водопровідних труб  $\varnothing$  100 мм. Тиск зовнішньої водопровідної мережі –  $P_{\text{хв}}=0,25\text{МПа}$ . Водовідведення в будівлі ЛА та ЛБ корпусу – централізоване.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі корпусу.

### 1.3.4 Система вентиляції

У будівлях встановлена механічна система вентиляції. Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та витягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю.. Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційна установка в задовільному стані. В санітарних приміщеннях (туалетах) - встановлена витяжна система вентиляції.

### 1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу «Pollusom E», (рис 1.2), термін повірки - 14 липня 2020 р.

Встановлений в тепловому пункті корпусу ЛБ перед елеваторним вузлом. Тепловий лічильник корпусу ЛА встановлений в підвалі будівлі корпусу Ц. Даний

тепловий лічильник враховує спожиту теплову енергію будівель корпусів Ц,Г,ЕТ та будівлі бібліотеки. Тому вирахувати кількість спожитої теплової енергії окремо корпусом ЛА не має змоги.



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	3 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Облік споживання електричної енергії здійснюється двома лічильниками активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.3), термін повірки - 25 червня 2019 р. Лічильники знаходяться в електрощитових будівлі.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЭ-1.02/2Т [4]

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), термін повірки – 14 серпня 2019 р. Встановлений в приміщенні на вводі до будівлі.





Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50[5]

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 10.12.2021 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 2142,93 грн/Гкал;

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

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

електрична енергія – 5,3 грн / кВт·год.

#### 1.4 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії ЛБ корпусом по місяцях за 2018, 2019 і 2020 наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2018-2020 роки

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	55,1	52,7	49,4
Лютий	52,5	49,6	45,2
Березень	41,4	37,4	35,1
Квітень	28,3	25,1	23,7
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	20,7	18,4	15,9
Листопад	19,9	19,4	16,7
Грудень	18,2	17,4	15,4
<b>Всього</b>	<b>236,1</b>	<b>220</b>	<b>201,4</b>

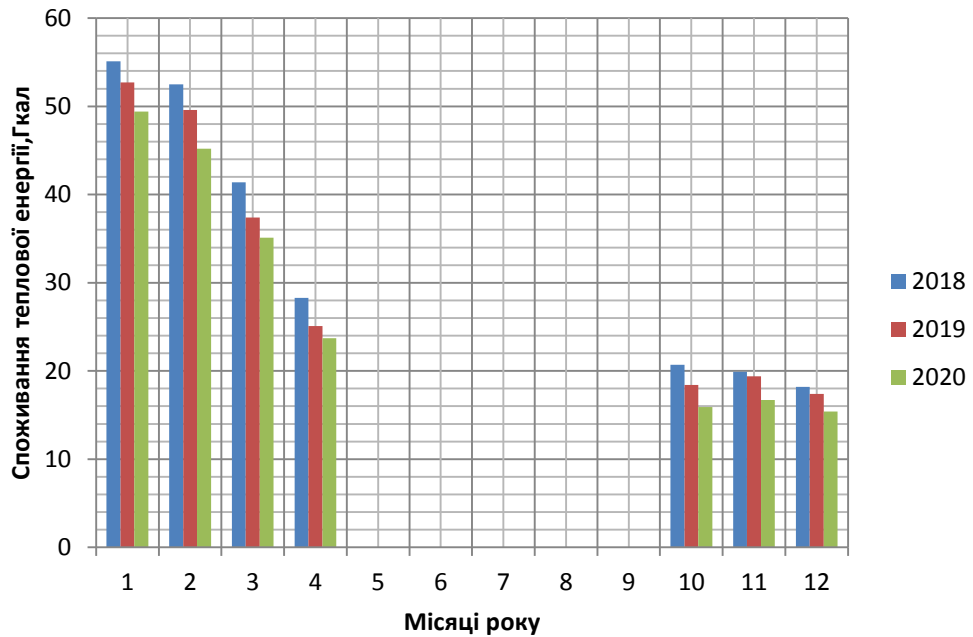


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2018-2020 роки

Як видно з діаграм, споживання теплової енергії корпусом ЛБ зростає під час опалювального періоду. В інший час теплове навантаження будівлі знижується за рахунок зменшення теплопостачання, а в літній період відсутнє зовсім.

Найбільшу кількість теплової енергії будівля споживає взимку, оскільки це найхолодніший період року.

### 1.5 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2018, 2019 і 2020 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2020 – 2021 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	2849	3021	3015
Лютий	2601	2994	3024

Продовження таблиці 1.5

Березень	2160	2456	2974
Квітень	1881	1984	1965
Травень	1310	1450	1442
Червень	1306	1354	1254
Липень	1316	1354	1298
Серпень	1357	1312	1289
Вересень	1354	1348	1310
Жовтень	1870	1845	1841
Листопад	2570	2354	2154
Грудень	2910	2940	2978
<b>Всього</b>	<b>23484</b>	<b>24412</b>	<b>24544</b>

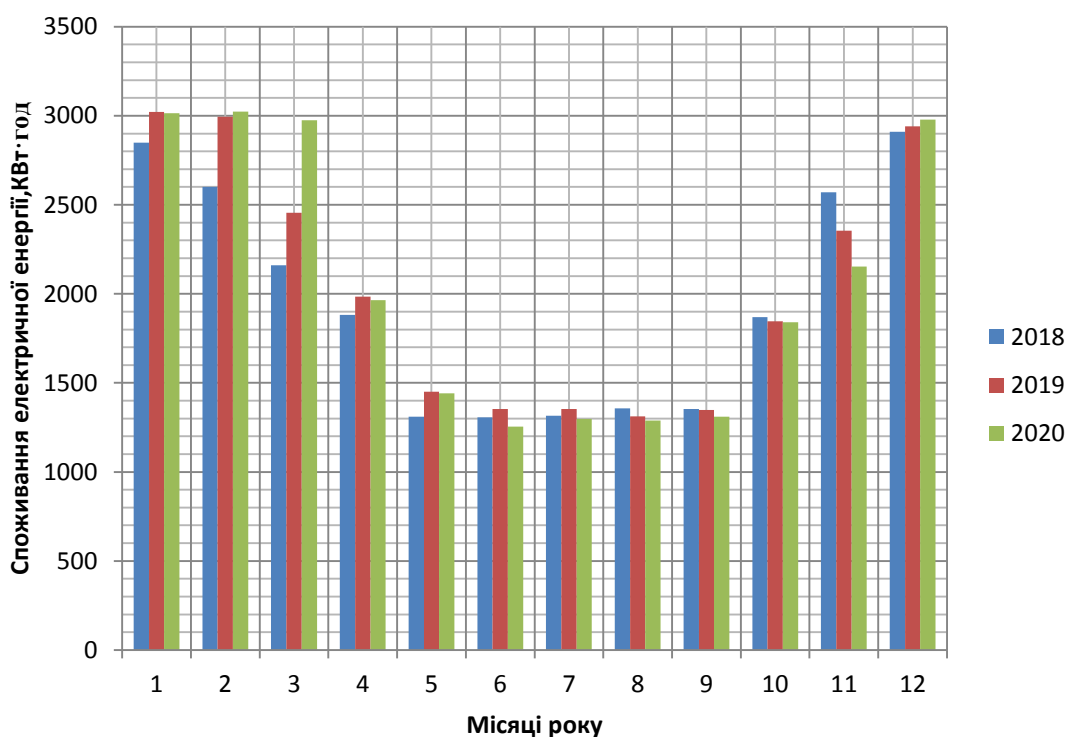


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2018-2020 роки

Річне споживання електричної енергії нерівномірне протягом року, оскільки взимку та восени тривалість світлового дня менше і на освітлення

використовується більше часу. Споживання по місяцях майже не змінюється, що свідчить про роботу електричного обладнання в сталому режимі.

#### 1.6 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2018, 2019 і 2020 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2018 – 2020 роки

Місяці	Споживання холодної води, м <sup>3</sup>		
	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Січень	43	50	53
Лютий	40	52	60
Березень	37	48	51
Квітень	32	33	32
Травень	23	22,3	21
Червень	22	21,7	23
Липень	18	17	18
Серпень	26	26	27
Вересень	35	43	38
Жовтень	35	39	41
Листопад	40	45	35
Грудень	32	37	42
<b>Всього</b>	<b>383</b>	<b>434</b>	<b>441</b>

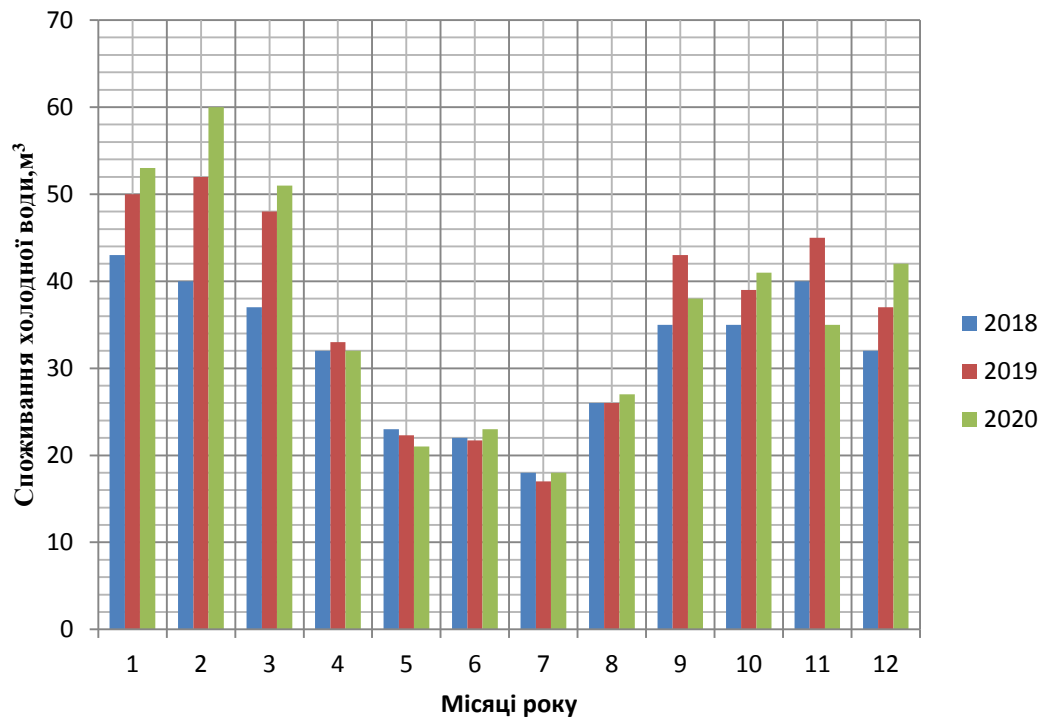


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2018-2020 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з тим, що у літній період значна кількість працівників йде у відпустку і у будівлі відсутній навчальний процес.

## 1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

### 1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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.

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 [6]:

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

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 [6]:

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

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> [6].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [6]:

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

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

- за 2017 рік –  $Q_{оп} = 236,1$  Гкал;
- за 2018 рік –  $Q_{оп} = 220$  Гкал;
- за 2019 рік –  $Q_{оп} = 201,4$  Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік –  $EP = 0,033$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2018 рік –  $EP = 0,032$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2019 рік –  $EP = 0,029$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить –  $EP = 0,031$  Гкал/м<sup>3</sup>.

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

### 1.7.2 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 [7] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м<sup>2</sup> корисної площі.

$$\text{- 2018 рік: } \frac{24484 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{24412 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2020 рік: } \frac{24544 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{2480,4 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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

### 1.7.3 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 [8]. Норма витрат холодної води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2018 рік } \left( \frac{383000 \text{ л}}{300} \right) / 280 \text{ днів} = 4,6 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2019 рік } \left( \frac{434000 \text{ л}}{348 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 5,2 \text{ л/добу};$$



- 2020 рік ( $\frac{441000\text{л}}{300}$ )/280днів = 5,3 л/добу.

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

Для наочності і пошуку можливих джерел економії фінансових коштів наведемо діаграму вартості спожитих електричної енергії, теплової енергії та води за 2020 рік. Дана діаграма зображена на рисунку 1.8

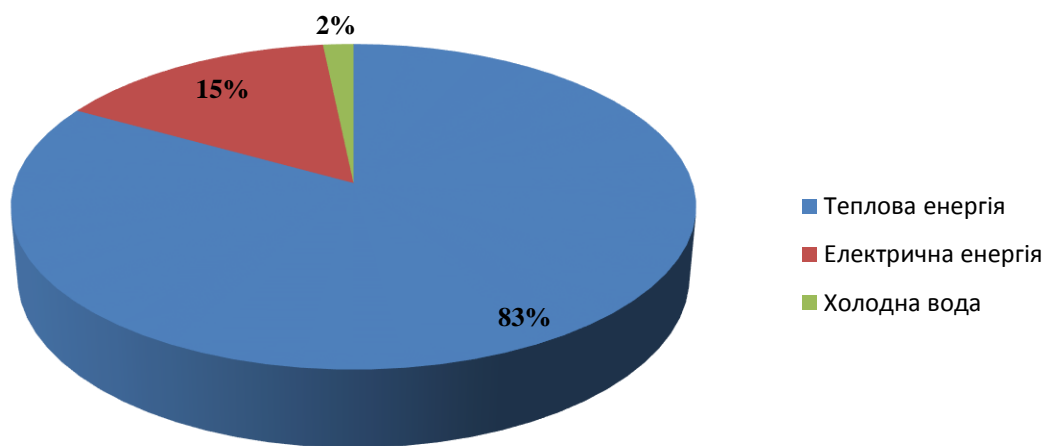


Рисунок 1.8 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2020 рік

Проаналізувавши зображену діаграму ми бачимо, що найбільше коштів сплачується за теплову енергію.

### 1.8 Методи та сутність енергетичного аудиту

Процес енергетичного аудиту передбачає скоординовані зусилля між усіма членами аудиторської групи, що складається з архітекторів, інженерів-механіків, інженерів-електриків та інженерів-екологів, а також інших експертів, необхідних для того, щоб належним чином визначити можливості вдосконалення та виявити основні недоліки будівлі, що інспектується [9].

Встановлення відповідної комунікації між бенефіціарами та командою енергоаудиторів є надзвичайно важливим, тому енергоаудитор має попередньо встановити контакт із бенефіціаром [9]. Енергоаудитор також надішле запит з метою отримати інформацію про будівлю, яка необхідна для швидкого запуску енергетичного аудиту. Така інформація може включати (але не обмежується) [9]:

- документацію щодо комплексу будівель (з точки зору розташування будівель усередині комплексу, підключення до мереж теплопостачання та інших комунікацій) [9];

- будівельну документацію (плани різних елементів будівлі (будівель), пов'язані з будівельними характеристиками, схеми та плани систем опалення в кожній будівлі, схеми та плани електричних систем, інші плани та схеми) [9];

- дані про споживання енергії та ресурсів (у формі рахунків, витягів із системи енергоменеджменту за минулі періоди, інші джерела) [9];

- інформацію, що стосується характеру та умов використання кожної будівлі, а також призначення будівлі [9];

- контактні дані підрозділу університету, який може надати необхідну для проведення енергетичного аудиту інформацію [9];

- інформацію щодо технічного обслуговування та управління будівлею;

- інформацію про будь-які раніше впроваджені заходи або програми з підвищення енергоефективності [9];

- інформацію про будь-які критичні питання, що підлягають вирішенню в рамках енергетичного аудиту, а також інформацію, що стосується будь-яких можливих запитів бенефіціара в рамках енергетичного аудиту [9].

Ефективне планування – необхідний етап здійснення енергоаудиту. Ключовим на цьому етапі є визначення обсягу, меж та цілей аудиту, що здійснюється разом із клієнтом [10]. Енергоаудити, що здійснюватимуться в межах першого етапу проекту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», повинні мати достатній рівень деталізації, аби чітко визначити сфери неефективного використання енергії та послужити основою для відбору заходів, які зрештою реалізовуватимуться на підприємствах [10]. Обсяг аудиту має бути достатнім з огляду на це завдання. Контрольні списки, інструменти та методи

аналізу, викладені у наступних розділах, мають надати аудиторам можливість здійснити аудит у таких обсягах [10].

У рамках енергоаудиту за стандартом ISO 50002 слід розглянути всі суттєві споживачі енергії. Стандарти ISO 50001 чи ISO 50002 не надають критеріїв визначення «суттєвого» обсягу споживання, але існуючі практики рекомендують розглядати всіх споживачів, сумарне споживання певного типу енергії яких становить не менше ніж 80% загального обсягу [10]. Остаточне рішення щодо переліку повинно бути узгоджено із компанією – суб'єктом аудиту. Дрібних споживачів, споживання яких разом не досягає відмітки 10% (або 20%), розглядати не потрібно [10]. Для більшості галузей промисловості до переліку основних споживачів потраплять як специфічні для даної сфери технології, так і універсальні об'єкти [10]. Однак, за бажанням клієнта, аудитор може зосередити увагу на специфічних процесах і сферах діяльності і, відповідно, дослідити їх більш детально (що не означає, що рештою питань можна знехтувати). Це може принести свої плоди; наприклад, у випадку, коли вже відомо про можливість значного скорочення витрат енергії у певних процесах, чи вже заплановані зміни у технологічних процесах та підприємство вже запланувало інвестиції, і аудит може підтвердити їхню доцільність. Детальність аудиту також враховують при визначенні його обсягу [10].

Якщо проведення аудиту планується не у відповідності до стандарту ISO 50002, тоді обсяг можна визначати довільно [10]. Можливо, клієнта цікавитиме аудит системи опалення чи оцінка енергоефективності одного цеху. Важливо, щоб обсяг робіт було погоджено на стадії планування. Також на стадії планування погоджують межі аудиту [10]. Він може проводитися на всіх об'єктах і майданчиках підприємства, на одній локації, в межах одного цеху чи навіть одного виробничого процесу [10]. Якщо аудит проводиться відповідно до ISO 50002 чи EN 16247, його межі мають бути задокументовані та відповідати певним фізичним параметрам. У деяких випадках виключення окремих об'єктів є доцільним з огляду на те, що вони, наприклад, не містять суттєвих споживачів енергії, нещодавно проходили аудит чи найближчим часом перестануть використовуватися [10].

Головна ціль енергоаудиту – оцінити можливості підприємства у плані економії енергоносіїв. Інші цілі можуть включати [10]:

- отримання сертифікату відповідності вимогам міжнародних стандартів;
- оновлення даних попереднього аудиту, підтвердження можливостей економії [10];
- отримання інформації про нові технології;
- залучення незалежних експертів для переконання тих працівників підприємства, що сумніваються в доцільності заходів підвищення енергоефективності [10].

### 1.9 Висновки до розділу

Під час огляду будівлі пошкоджень огорожувальних конструкцій виявлено не було.

Ведеться облік всіх спожитих енергоресурсів.

Після порівняння характеристики систем енергопостачання будівлі та проведеного техніко-економічного аналізу споживання енергоносіїв, найбільші грошові затрати припадають на оплату теплової енергії.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

Розрахунок теплової потужності будівлі виконано згідно методики [11].

### 2.1 Розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій

Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни згідно методики [11].

Термічний опір зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma \text{ пр ст}} = 1,13 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору з нормованим [6]

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 1,13 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \text{ min}} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Так як фактичне значення опору менше ніж нормоване, тому рекомендується утеплити стіни для збільшення термічного опору, та зменшення тепловтрат.

Розрахунок термічного опору стелі [11]:

$$R_{\Sigma \text{ пр ст}} = 1,63 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору з нормованим [6] :

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 1,63 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \text{ min}} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору менше ніж нормоване, тому рекомендується утеплити стелю для збільшення термічного опору, та зменшення тепловтрат.

Розрахунок термічного опору дверей згідно методики [11]:

$$R_{\Sigma \text{пр дв}} = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору менше ніж нормоване згідно вимог [6].

Термічний опір вікон згідно методики [11]:

$$R_{\Sigma \text{пр вкн}} = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Фактичне значення опору менше ніж нормоване згідно вимог [6].

Розрахунок термічного опору підлоги згідно методики [11]:

Термічний опір підлоги:

$$R_{\Sigma \text{пр пдл}} = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Фактичні та мінімальні значення термічного опору по кожній з огорджуючих конструкцій приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку термічних опорів огорджуючих конструкцій

Огороджувача конструкція	$R_{\Sigma \text{пр}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
Стіни	1,13	3,3

Продовження таблиці 2.1

Стеля		1,63	4,95
Підлога		1,68	
Вікна	Дерев'яні	0,42	0,75
Двері	ПВХ	0,51	0,6

2.2 Розрахунок тепловтрат будівлі:

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги) згідно методики [11]:

Тепловтрати через зовнішні стіни:

$$Q_{0_{з.с.}} = \frac{1988}{1,13} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 79168,1 \text{Вт.}$$

Тепловтрати через стелю:

$$Q_{0_{ст}} = \frac{3585}{1,63} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 98972,4 \text{Вт.}$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{0_{ок}} = \frac{869}{0,42} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 93107,1 \text{Вт.}$$

Тепловтрати через двері:

$$Q_{0_{дв}} = \frac{47,7}{0,51} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 4208,8 \text{Вт.}$$

Тепловтрати через підлогу:

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{3585}{1,68} \cdot (20 - 5) \cdot 1 = 32008,9 \text{ Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції становлять:

$$\sum Q_0 = 79168,1 + 98972,4 + 93107,1 + 4208,8 + 32008,9 = 307465,3 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції згідно методики [11]:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків розраховуємо за методикою [11]:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{д}} = 79168,1 \cdot 0,13 = 10291,8 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей:

$$Q_{\text{д}}^{\text{д}} = 4208,8 \cdot 3 = 12626,4 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення:

$$Q_{\text{в}}^{\text{д}} = 0,02 \cdot 79168,1 = 1583,4 \text{ Вт}.$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції становить:

$$\sum Q_{\text{д}} = 10291,8 + 12626,4 + 1583,4 = 24501,6 \text{ Вт}.$$

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря згідно методики [11]:



Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи розраховуються згідно методики [11]:

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 869 \cdot 1,005 \cdot (20 + 25) = 66024,9 \text{ Вт},$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи:

$$Q_{з.д}^{инф} = 0,28 \cdot 259 \cdot 1,005 \cdot (20 + 25) = 3279,7 \text{ Вт},$$

$$G_{з.д} = 0,005 \cdot ((2 + 1,3) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 + 0,005 \cdot ((2,7 + 1,8) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 +$$

де

$$+ 0,005 \cdot (1,25 + 2) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600 = 259 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення становлять:

$$\sum Q_{втр} = 307465,3 + 24501,6 + 66024,9 + 3279,7 = 401271,5 \text{ Вт}.$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 2.1

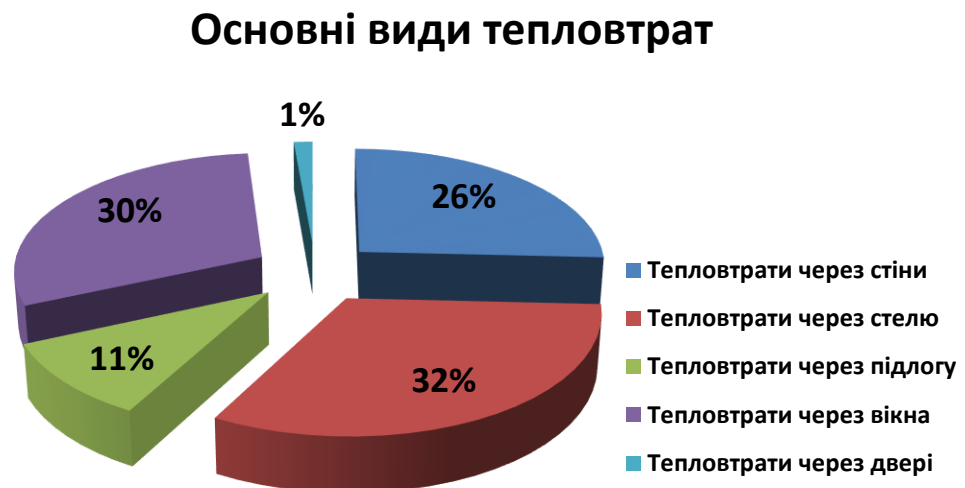


Рисунок 2.1 – Основні види тепловтрат в будівлі

## 2.4 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей:

$$Q_l = 350 \cdot 103 = 36050 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від працюючого електроустаткування, зокрема комп'ютерів, кондиціонерів та іншої побутової техніки:

$$Q_{el} = 35310 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 4766,9 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{осв} = 100 \cdot 60 \cdot 0,95 \cdot 0,9 + 18 \cdot 850 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 14092 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{mn} = 36050 + 4766,9 + 14092 = 54908,9 \text{ Вт.}$$

Теплову потужність всієї будівлі знайдемо згідно методики [11]:

$$\Delta Q = 401271,5 - 54908,9 = 346362,6 \text{ Вт.}$$

## 2.5 Утеплення зовнішніх стін будівлі

Стіни будівлі в задовільному стані. Проте, так як будівля збудована в 1972 коли раціональне використання енергоресурсів не було на порядку денному, теплозахисні властивості стін на даний момент дуже низькі: в середньому, коефіцієнт теплопередачі 1,13 Вт/м<sup>2</sup>К. Теплоізоляцію зовнішніх стін пропонується виконати мінеральною ватою [12].

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{\text{ум.оз.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\Sigma\text{ППсм}}) \cdot \lambda_{\text{ум}} \quad (2.1)$$

де  $\lambda_{\text{ум}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  – теплопровідність ізолюючого матеріалу [11].

$R_{q\text{min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [6].

$$\delta_{\text{ум.см}} = (3,3 - 1,13) \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 100 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по формулі:

$$Q_{\text{оз.к}}^{i3} = \frac{F_{\text{оз.к}}}{R_{q\text{min}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{см}}^{i3} = \frac{1988}{3,3} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 27109,1 \text{ Вт.}$$

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

$$\Delta Q_{\text{оз.к}} = Q_{\text{оз.к}} - Q_{\text{оз.к}}^{i3} \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{\text{см}} = 79168,1 - 27109,1 = 52059 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь стіни за опалювальний період (для м. Суми складає 187 діб) по формулі [11]:

$$Q_{ог.к}^{пik} = \Delta Q_{ог.к} \cdot \frac{(t_г - t_{cp.on})}{(t_г - t_з)} \cdot 24 \cdot n_{оп} , \quad (2.4)$$

$$Q_{cm}^{пik} = 52,1 \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 111196,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 95,6 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 95,6 \cdot 2142,93 = 204864,1 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Рона» вартість 1 м<sup>2</sup> плити мінераловатної товщиною 100 мм складає 130 грн [13]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 370 грн/м<sup>2</sup>. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

$$K = F_{ог.к} \cdot (C_{тов} + C_{роб}) \quad (2.5)$$

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

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

$$K = 1988 \cdot (130 + 370) = 994000 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} \quad (2.6)$$

$$T_{ок} = \frac{994000}{204864,1} = 4,9 \text{ років.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

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  $K = 994000$  грн.

Після утеплення зовнішніх стін економія тепловтрат у грошовому еквіваленті становитиме 204864,1 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [14].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2.7)$$

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 2.2. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 2.2 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	Вигоди $D$ (дохід), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-994000	-994000		1		
1	0	204864,1	-789135,9	0,909	186240	-807760
2	0	204864,1	-584271,8	0,826	169309	-638451
3	0	204864,1	-379407,7	0,751	153917	-484533
4	0	204864,1	-174543,6	0,683	139925	-344608
5	0	204864,1	30320,5	0,621	127204	-217404
6	0	204864,1	235184,6	0,564	115640	-101763
7	0	204864,1	440048,7	0,513	105128	3364
8	0	204864,1	644912,8	0,467	95571	98935
9	0	204864,1	849776,9	0,424	86882	185817
10	0	204864,1	1054641	0,386	78984	264801
11	0	204864,1	1259505,1	0,350	71804	336605
12	0	204864,1	1464369,2	0,319	65276	401881
13	0	204864,1	1669233,3	0,290	59342	461223
14	0	204864,1	1874097,4	0,263	53947	515170
15	0	204864,1	2078961,5	0,239	49043	564213
16	0	204864,1	2283825,6	0,218	44584	608797

17	0	204864,1	2488689,7	0,198	40531	649328
18	0	204864,1	2693553,8	0,180	36847	686175
19	0	204864,1	2898417,9	0,164	33497	719672
20	0	204864,1	3103282	0,149	30452	750124
21	0	204864,1	3308146,1	0,135	27683	777807
22	0	204864,1	3513010,2	0,123	25167	802974
23	0	204864,1	3717874,3	0,112	22879	825853
24	0	204864,1	3922738,4	0,102	20799	846651
25	0	204864,1	4127602,5	0,092	18908	865560
	<b>IRR</b>	<b>20%</b>			<b>1859560</b>	

$$NPV = 1859560 - 994000 = 856560 \text{ грн}$$

Результат розрахунку  $NPV$  є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту [14]. У даному випадку  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 2.2 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 4 роки, а з урахуванням дисконтної ставки – за 6 років. Чистий дохід проекту становить 1859560 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 856560 грн.

Індекс дохідності  $PI$  розраховуємо :

$$PI = \frac{1859560}{994000} = 1,9$$

Оскільки  $PI > 1$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). Із великою вірогідністю проект може бути реалізовано [14].

Розрахунок *IRR* у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 2.3) [14].

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A25 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 – 36 %.

Таблиця 2.3 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	Q
1	2
2	-994000
3	204864,1
4	204864,1
...	...
24	204864,1
25	204864,1
Формула	= <i>IRR</i> (Q8 : Q25)
Результат	20 %

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

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 6 + \frac{994000 - 892237}{105128} = 7 \text{ років}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.



Таблиця 2.4 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	994000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	204864,1
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	856560
3.3	Індекс дохідності	1,9
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	20
3.5	Дисконтований термін окупності, років	7

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки  $NPV > 0$ . Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим).

## 2.6 Встановлення сучасних енергозберігаючих вікон

Метою цього енергоефективного заходу є заміна існуючих старих вікон на нові - із значно кращими тепловластивостями. Вікна встановлюємо металопластикові, двохкамерні фірми «REHAU» [15].

Вартість конструкції, включаючи доставку та монтаж, наступна [15]:

- для вікна розміром 1800×2100 мм – 5490 грн;
- для вікна розміром 2000×2500 мм – 6480 грн;

$$K_{\text{вкн}} = 75 \cdot 5490 + 38 \cdot 6480 = 657990 \text{ грн.}$$

Тепловтрати до заміни вікон на металопластикові наступні:

$$Q_{\text{вкн}} = 93107,1 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати після заміни вікон на металопластикові з нормованим опором теплопередачі:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{нст}} = \frac{869}{0,75} \cdot (20 + 25) = 52140 \text{ Вт.}$$

Різниця тепловтрат до і після заміни вікон складе:

$$\Delta Q = 93107,1 - 52140 = 40967,1 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через вікна за рік:

$$Q_{\text{втр}}^{\text{рік}} = 41 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 = 87506 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 75,3 \text{ Гкал.}$$

Економія від заміни вікон в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 75,3 \cdot 2142,93 = 161360,1 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Термін окупності складе:

$$T = \frac{657990}{161360,1} = 4,1 \text{ років.}$$

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.5. Результати занесемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	657990
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	161360,1
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	806682
3.3	Індекс дохідності	2,2
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	24
3.5	Дисконтований термін окупності, років	5,5

### 2.7 Встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю

На даний час температура теплопостачання та обсяг потоку теплоносія регулюються вручну. Трубопроводи теплової мережі безпосередньо підключені до опалювальної системи будівлі. Отже, теплоносій з центральної мережі проходить через всю опалювальну систему споживача, що означає, що система опалення будівлі гідравлічно пов'язана з постачальником. Тиск в системі, а також температура теплоносія регулюється централізовано.

Через відсутність автоматичного регулювання температури подачі теплоносія та неможливість регулювати витрати теплоносія система працює неефективно. Таким чином, встановлення індивідуального теплового пункту з

автоматичним регулюванням температури є одним з основних заходів з підвищення енергоефективності [16].

Ця система дозволяє адаптувати споживання тепла будівлею до її поточного фактичного рівня споживання залежно від зовнішньої температури повітря. Завдяки ньому з'явиться можливість забезпечити регулювання подачі теплової енергії в автоматичному режимі. В будівлі рекомендується встановити новий індивідуальний тепловий пункт ( рис 2.2) [16].



Рисунок 2.2 – Індивідуальний тепловий пункт [16]

Тепловий пункт повинен включати:

- циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
- датчики температури подавального та зворотного трубопроводів системи опалення,
  - датчик та контролер зовнішньої температури,
  - датчики тисків та контролер об'ємного потоку,
  - клапани, необхідні для нормальної роботи (закриваючі, запобіжні),
  - фільтри та сепаратори бруду (де це можливо).

Вказаний блок зовнішнього регулювання температури дозволяє виконувати різні режими роботи, наприклад що дозволяє керувати системою різними температурними режимами для денних та нічних годин, відповідно, будні та вихідні дні.

Приміщення, в якому бу́же встановлений індивідуальний тепловий пункт, повинен бути легко доступними, а також мати доступ до води, каналізаційної мережі та електропостачання.

Вартість індивідуального теплового пункту, включаючи транспортування, монтаж пусконаладжувальні роботи, обслуговування складають близько 900000 грн.

## 2.8 Модернізація системи опалення з гідравлічним балансуванням

Ще однією проблемою, пов'язаною з тепlopостачанням, є стан труб та радіаторів системи опалення, які частково зношені, піддані корозії, а також мають значно звужений поперечний переріз через наявність накипу, що призводить до зменшення теплотворності радіаторів і в той же час до збільшеного гідравлічного опору у трубах системи опалення.

Всі ці проблеми призводять до витoku води, і, як наслідок, - падіння тиску у теплових мережах під час експлуатації. Тому цей захід не обов'язково є чистим заходом з підвищення енергоефективності.

Він складається з комплексу заходів, таких як [17]:

- ізоляція теплових розподільних труб,
- гідравлічне балансування (встановлення балансувальних клапанів),
- заміна радіаторів,
- встановлення термостатичних регуляторів;
- заміна більшої частини теплових розподільних труб.

Капітальні витрати для впровадження даного заходу наведено в таблиці 2.7

Таблиця 2.6 – Капітальні витрати на впровадження заходу з модернізації системи опалення [17]

Тип обладнання	Ціна за од.	Кількість	Загалом,
----------------	-------------	-----------	----------

	грн		грн
Радіатори, термостатичні клапани (крани та приєднання)	3000	500 шт.	150000
Демонтаж старої системи опалення	300000	1	300000
Встановлення нової системи опалення (роботи)	700000	1	700000
Трубопровідна арматура та труби	500	1500 м	250000
Балансування системи	550	10 шт	5500
Утеплення трубопроводів в неопалювальних приміщеннях	50	400 м	50000
Всього			1455500

2.9 Заміна існуючих люмінесцентних ламп та ламп розжарювання 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 та люмінесцентні лампи на нові світлодіодні.

Кількість ламп люмінісцентних які необхідно замінити складає 910 штук. Ціна однієї світлодіодної лампи складає 55 грн [18].

Капітальні затрати на встановлення ламп складуть:

$$K = 910 \cdot 52 = 47320 \text{ грн.}$$

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

Лампи люмінесцентні 18 Вт:

$$C_1 = 0,018 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 850 \text{ штук} = 30600 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

Лампи розжарювання 100 Вт:

$$C_2 = 0,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 60 \text{ штук} = 12000 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

Світлодіодна лампа 8 Вт (з низьким світловим потоком):

$$C_3 = 0,008 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 8 \text{ годин} \times 250 \text{ днів} \cdot 910 \text{ штук} = 14560 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

Економія в споживанні електричної енергії після встановлення світлодіодних ламп складає

$$C = (C_1 + C_2) - C_3 = (30600 + 12000) - 14560 = 28040 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 5,3 \cdot 28040 = 148612 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{47320}{148612} = 0,3 \text{ року}$$

## 2.10 Висновки до розділу

Опір теплопередачі огорожуючих конструкцій не відповідає сучасним нормам. Виконано розрахунок теплової потужності будівлі. З метою підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозберігаючих заходів. Розраховано простий та дисконтований термін окупності енергозберігаючих заходів.



## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [19]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори [19].

Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

#### Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [20] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною безпекою», оскільки в них розміщені персональні комп'ютери, кондиціонери та інша побутова техніка [20].

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 та студентами [20].

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі наявні [20]:

- заземлення всіх установок [20];
- застосовується прихована електропроводка [20];
- маркіровані роз'єми і розетки [20];
- аварійні рубильники виключення всього електроживлення [20].

#### Мікроклімат в приміщенні

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками [21]:

- 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 [21].

В таблиці 3.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень [21].

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 параметри мікроклімату в приміщеннях задовільні [21].

#### 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 [22].

Природне освітлення здійснюється через вікна в приміщеннях. Штучне освітлення приміщень здійснюється люмінесцентними лампами та лампами розжарювання [22].

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

Освітленість робочої поверхні має відповідати нормам встановленим ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [22] 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 [23].

## 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 [24].

Приміщення будівлі оснащено первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними вогнегасниками. Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [24] будівля відноситься до категорії В пожежної безпеки приміщень. Пожежні крани встановлені в коридорах, на майданчиках сходових кліток, коло входів. Щити протипожежного захисту оснащені ручними вогнегасниками. Для гасіння пожеж в замкнутах об'ємах, якими і є приміщення, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища спалаху [24].

Первинними засобами пожежогасіння слугують ручні вогнегасники типу: ОУ-6 і ОУ-8 [24].

В додатку Б наведено схему забезпечення вимушеної евакуації людей з будівлі.

### 3.2 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»

З метою привернення уваги населення до початку передачі термінової інформації територіальними органами цивільного захисту включаються сирени, наявні на відповідній території, а також у запису мережею телебачення і радіомовлення, що означає подачу попереджувального сигналу оповіщення «УВАГА ВСІМ!» [25].

Почувши такий сигнал, негайно увімкніть радіоприймач або телевізор і слухайте повідомлення управління з питань надзвичайних ситуацій [25]. На кожний вид надзвичайної ситуації підготовлені варіанти текстових повідомлень [25]. Після подачі звукового сигналу сирени передається мовна інформація про надзвичайну ситуацію [25].

Вислухавши повідомлення, кожен громадянин повинен діяти без паніки відповідно до отриманих вказівок [25]. У повідомленні міститься інформація про надзвичайну ситуацію, місце і час її виникнення; територію (район, масиви, вулиці, будинки тощо), яка потрапляє в осередки (зони) ураження; порядок дій при надзвичайних ситуаціях та іншу інформацію [25].

Кожний громадянин, який перебуває на роботі, повинен виконувати всі розпорядження керівника суб'єкта господарювання і діяти відповідно до вказівок органів управління цивільного захисту [25].

Якщо сигнал «Увага всім!» застав в університеті [25]:

- припиняються заняття [25];
- студенти ,по можливості, отримують засоби індивідуального захисту;
- студенти під керівництвом викладачів, кураторів(старостів) груп організовано йдуть у захисну споруду (сховище) або у вказане місце.

Евакуація - організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення [25] .

В разі виникнення надзвичайної ситуації рішення про проведення евакуації приймають на [25]:

- місцевому рівні - орган місцевого самоврядування;
- рівні конкретного суб'єкта господарювання - його керівник (рівні університету – ректор).

Загальні заходи [25]:

- оповіщення постійного складу університету та студентів за допомогою встановленого сигналу;

- проведення організованого виведення з університету за раніше розробленими схемами по поверхах із використанням запасних виходів, за необхідністю – вікон першого поверху [25];

- збір навчальних груп та постійного складу в установлених безпечних місцях;

- проведення рятувальних робіт у разі виявлення людей у задимлених та загазованих приміщеннях, а також небезпеки обвалу конструкцій [25];

- підготовка місць збору уражених та надання першої медичної допомоги;

- визначення послідовності винесення матеріальних цінностей навчального закладу та їх охорони в місцях зосередження [25].

Евакуація студентів у безпечні райони в разі загрози радіоактивного забруднення місцевості, затоплення та впливу на організм НХР [25]:

- отримати від органів місцевого самоврядування (управління НС МВК) розпорядження щодо проведення евакуації в безпечні райони. У виняткових випадках у разі отримання інформації з об'єкта, де сталася аварія, прийняття самостійних рішень [25];

- уточнення (визначення) часу накриття університету зараженою(радіоактивною) хмарою, затоплення водою та можливості проведення евакуації; прийняття самостійного рішення щодо евакуації [25];

- збір комісії з НС та орієнтування членів комісії відповідно до обставин;

- інформування студентів, постійного складу та їх виведення з навчальних корпусів під керівництвом викладачів, кураторів(старостів) груп обумовлені місця збору [25];

- висилання розвідувальної групи з числа постійної складу під керівництвом командира НФ для регулювання руху на маршруті, прийому та розміщення людей в районі (пункті) тимчасового розміщення [25];

- формування піших груп(колон). Виходячи з наявності засобів надання першої медичної допомоги та забезпечення безпеки руху в групу доцільно включати до двох навчальних груп. Під час подання автотранспорту посадку евакуйованих організують викладачі або куратори груп [25];

- відключення електропостачання, води, закривання вікон і дверей навчального закладу. Організація руху з дотриманням дисципліни маршруту, темпу та дистанції, надання взаємодопомоги [25];

- організація медичного обстеження та відпочинку студентів та співробітників університету у пунктах тимчасового розміщення [25];

після отримання даних про безпеку в районі університету та на маршруті - організоване повернення, розпуск студентів та постійного складу підомівках [25].

## ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання будівлі корпусів ЛА та ЛБ Сумського державного університету, який знаходяться за адресою м.Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

У розділі «ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан огорожуючих конструкцій будівлі, розглянуто обсяги споживання теплової енергії, води та електричної енергії та виконано техніко-економічний аналіз енергоносіїв. Розглянуто питання проведення енергетичного аудиту.

У розділі «ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ» виконано розрахунок енергетичного балансу будівлі. Проведені розрахунки теплової потужності будівлі, та визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Визначено основні види тепловтрат та теплонадходжень в будівлі. Теплова потужність будівлі склала  $\Delta Q = 346362,2 \text{ Вт}$ .

Запропоновані наступні заходи для підвищення енергоефективності об'єкту:

1) Утеплення зовнішніх стін будівлі:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають:  $K = 994000$  грн;
- економія в грошовому еквіваленті:  $\Delta E = 204864,1$  грн;
- термін окупності  $T_{ок} = 4,9$  років;
- дисконтова ний термін окупності  $PP = 7$  років.

2) Встановлення сучасних енергозберігаючих вікон:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають:  $K = 657990$  грн;
- економія в грошовому еквіваленті:  $\Delta E = 161360,1$  грн;
- термін окупності  $T_{ок} = 4,1$  роки;
- дисконтова ний термін окупності  $PP = 5,5$  роки.

3) Встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають:  $K = 900000$  грн.

4) Модернізація системи опалення з гідравлічним балансуванням

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають:  $K = 1455500$  грн.

5) Заміна існуючих люмінесцентних ламп та ламп розжарювання на світлодіодні:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають:  $K = 47320$  грн;

- економія в грошовому еквіваленті:  $\Delta E = 148612$  грн;

- термін окупності  $T_{ок} = 0,3$  роки;

В розділі ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ розглянуто питання:

1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.

2) Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!».



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заходи з енергозбереження в сфері електропостачання [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.roe.vsei.ua/zahody-z-energozberezhennya-u-sferi-elektropostachannya/pressrelease/>
2. Енергоефективність в Україні: [електронний ресурс] Режим посилання: [http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350](http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350)
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
5. 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>
6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
7. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/REG4396.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG4396.html)
8. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua>
9. Комплексна термомодернізація [електронний ресурс] Режим посилання: <https://proektdoma.in.ua/proekt-proektuvannja-termomodernizacii>
10. Посібник з енергоаудиту [електронний ресурс] Режим посилання: <http://https://uamar.org.ua/storage/Посібник%20з%20енергоаудиту.pdf>
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. Теплоізоляційні матеріали [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bm.kiev.ua/utepliteli/minvata/izover-kt-40-50mm-details.html>
13. Магазин Рона електронний ресурс] Режим посилання: <https://rona.ua/shop/>
14. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.
15. Вікна «REHAU» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.rehau.com/ua-uk/vikonni-systemy>
16. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termoprom.com.ua/uk/individual-heat-pointsl>
17. Модернізація системи опалення [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefund.org.ua/modernizaciya-sistemi-opalennya-u-bagatokvartirnikh-budinkakh-ekonomiya-ta-bezpeka>
18. Світлодіодні лампи [електронний ресурс] Режим посилання: <https://stream-market.com.ua/lampochki?gclid=Cj0>
19. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>
20. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с.
21. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», Київ, 1999 р. – 36 с.
22. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.
23. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.
24. 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)

25. 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

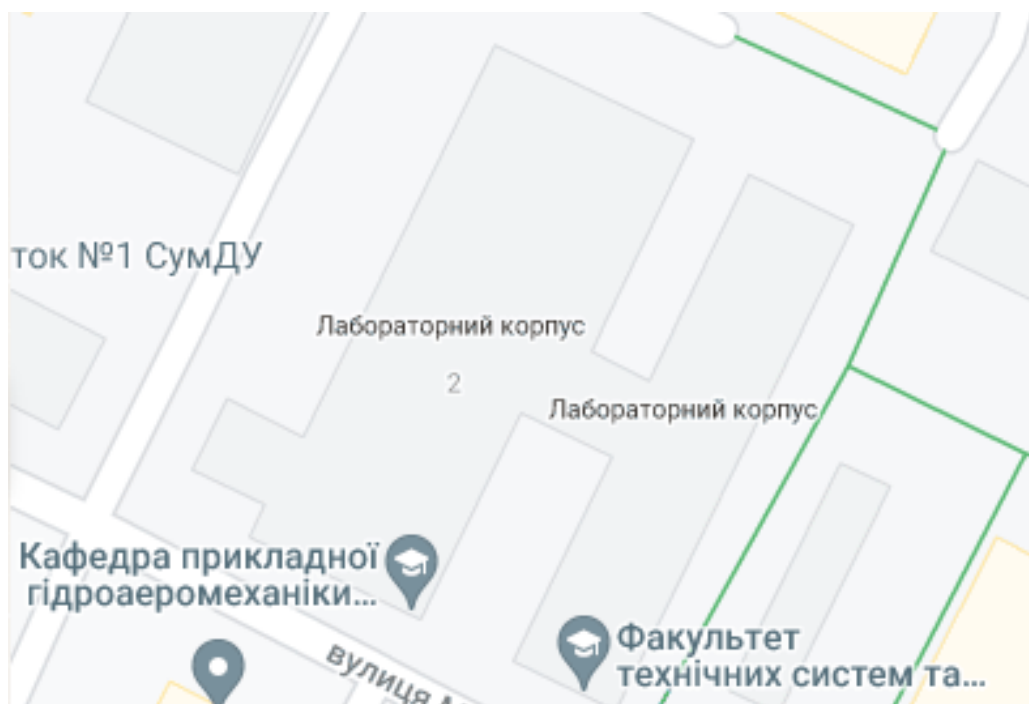


Рисунок А1- Фото зі спутника будівлі корпусів ЛА і ЛБ

## ДОДАТОК Б



Рисунок Б1 – План евакуації