

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня магістр**  
(бакалавр / магістр)  
зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)  
освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: «Підвищення енергонезалежності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету за рахунок впровадження альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-32 Олицького Віталія Сергійовича  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Віталій ОЛИЦЬКИЙ  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доц. к.т.н. Сергій АНТОНЕНКО  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми – 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри СОТНИК Микола

« \_\_\_\_\_ »  
20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача \_\_\_\_\_ Олицького Віталія Сергійовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Підвищення енергонезалежності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету за рахунок впровадження альтернативного енергозабезпечення»

затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » 2024 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 08.12.2024 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 – Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (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. Висновки).

Розділ 2 – Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (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. Висновки).

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)

Загальні висновки.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 21.10 до 17.11.2024	
2	Захист переддипломної практики	до 20.11.2024	
3	Виконання 1-го розділу	до 17.11.2024	
4	Виконання 2-го розділу	до 27.11.2024	
5	Виконання 3-го розділу	до 05.12.2024	
6	Представлення виконаної роботи	до 08.12.2024	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 14.12.2024	
8	Проведення захисту роботи	з 16.12 до 20.12.2024	

5 Дата видачі завдання 21.10.2024 р

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 59 сторінок, 16 рисунків, 12 таблиць, 1 додаток, 23 літературних джерела.

*Метою роботи* є розробка заходів для альтернативного енергозабезпечення легкоатлетичного манежу СумДУ.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану будівлі;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраних напрямів модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозбережних заходів.

*Предметом дослідження* є енергетичні процеси в системах енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ.

*Об'єкт дослідження*: будівля легкоатлетичного манежу СумДУ.

*Ключові слова*: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ОБСТЕЖЕННЯ, ПРОЦЕС, ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, НЕБЕЗПЕЧНИЙ ФАКТОР.

*Тема роботи* – **«Підвищення енергонезалежності будівлі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету за рахунок впровадження альтернативного енергозабезпечення»**

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

#### РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	10
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта .....	10
1.3.1 Система тепlopостачання .....	10
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	13
1.3.4 Система вентиляції .....	13
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв .....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	16
1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань.....	17
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	18
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	19
1.6.1 Аналіз обсягів споживання природного газу.....	19
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії .....	20
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води .....	22
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	23
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	23
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	25
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	26
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	26
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	26
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	33
1.9 Висновки за розділом.....	36
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	37

2.1	Опис можливих енергозберезних заходів.....	37
2.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберезних заходів.....	40
2.2.1	Встановлення сонячних панелей .....	40
2.2.2	Розрахунок теплового навантаження на тепловий насос, що забезпечить корпус гарячим водопостачанням .....	43
2.2.3	Розрахунок буріння свердловини для холодної води .....	46
2.3	Висновки за розділом.....	48
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	49
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	49
3.2	Розрахунок освітлення евакуаційних шляхів.....	52
	ВИСНОВКИ.....	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	55
	ДОДАТОК А .....	58
	ДОДАТОК Б.....	59

## ВСТУП

На даний час енергопостачання здійснюється в основному з невідновлюваних джерел, більшість з яких зосереджена в декількох географічних районах. Це робить світові енергетичні системи вразливими до короткострокових потрясінь (наприклад, суперечок з постачальниками енергії), але в довгостроковій перспективі призводить до дисбалансу попиту і пропозиції, тому Міжнародне енергетичне агентство вважає, що енергоефективність «є дуже важливим інструментом зниження навантаження на ланцюжок поставок енергії» [1].

Крім того, очевидні негативні екологічні наслідки від збільшення споживання енергії. На думку багатьох експертів енергоефективність є не тільки одним з найефективніших, але й одним з найдешевших засобів зменшення викидів парникових газів, а отже збереження довкілля, підвищення здоров'я та якості життя людей [1].

Більш ощадливе енергоспоживання напряду або опосередковано сприятиме досягненню більшості цілей сталого розвитку ООН до 2030 року, зобов'язання щодо досягнення яких в тому числі взяла на себе Україна [1].

Україна щорічно споживає близько 92 млн тон нафтового еквіваленту енергії (тне) та має одну з найбільш енергоємних та енергозалежних економік в світі [1]. Значний обсяг енергоресурсів є імпортованим – третина первинної енергії імпортується, крім того вони неефективно використовуються, що в цілому загрожує національним інтересам та національній безпеці країни. Якщо українська економіка мала б енергоємність на середньосвітовому рівні це дозволило б скоротити споживання енергії приблизно на 50 млн тне [1].

Однією з ключових перешкод для ширшого впровадження рішень з енергоефективності є високі початкові витрати, а також тривалий період окупності, що може стримувати домогосподарства від інвестування [2].

Одним із перспективних механізмів подолання цієї проблеми може стати «зелена іпотека на відбудову» – пропонування домовласникам вигідних умов фінансування енергоефективного будівництва чи реконструкції. Зелена іпотека на

відбудову може бути пристосована до специфічних потреб України через пропонування гнучких умов виплати та потенційну інтеграцію субсидій чи грантів для бідних домогосподарств у постраждалих регіонах. На відміну від традиційних іпотечних кредитів, ці позики враховують довгострокову економію енергії завдяки підвищенню енергоефективності [2].

**Об'єктом енергетичного обстеження** є будівля легкоатлетичного манежу СумДУ.

**Призначенням даного енергетичного аудиту** є оцінка рівня ефективності та реального стану систем енергопостачання будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ та розробка альтернативного енергозабезпечення.

**Методом дослідження** є обстеження поточного стану будівлі за допомогою приладів вимірювання та оцінка енергетичних даних.



# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Легкоатлетичний манеж Сумського державного університету – сучасний спортивний комплекс, який відповідає всім сучасним вимогам для проведення змагань найвищого рівня – від спортивно-видовищних і культурно-масових заходів до чемпіонатів України та Європи.

Будівля знаходиться за адресою: м. Суми, пр-т Свободи, 38.

Офіційне відкриття відбулося в 2002 році.

Дана будівля загальною площею 7062 м<sup>2</sup>, має шість поверхів. Головний фасад зорієнтований на схід.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі Легкоатлетичного манежу

Технічні характеристики будівлі згідно взятої інформації на об'єкті енергетичного обстеження:

- рік побудови 2002 р.;
- кількість поверхів 6 поверхів;
- опалювальна площа 11269 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм 123395,4 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 137106 м<sup>3</sup>.

У закладі працює 35 працівників.

При обстеженні було встановлено, що забезпечення будинку тепловою енергією здійснюється від автономної системи опалення, встановлений газовий котел.

Водопостачання та водовідведення в будівлі – централізоване.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно, встановлені електричні водопідігрівачі.

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Під час енергетичного обстеження було встановлено, що конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будівлі наступне.

1) Зовнішні стіни виконані з червоної цегли на цементно-піщаному розчині 500 мм, оштукатурені з середини цементним розчином 10 мм.

2) Фундамент будинку виконаний із залізобетонних конструкцій 600 мм, які одночасно є огорожувальними конструкціями опалювального підвалу із підлогою із бетонної плити товщиною 380 мм по поверхні землі, покритою кахлем або лінолеумом.

3) Покрівля плоска виконана із залізобетонної плити 220 мм та покрита шаром руберойду 5 мм.

4) Вікна в приміщеннях будинку металопластикові з подвійним склопакетом.

## 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

### 1.3.1 Система теплопостачання

Обстежуваний об'єкт має автономну систему опалення. В окремому приміщенні встановлений газовий котел типу марки Buderus Logano GE434 (рис. 1.2) [3]. Цей котел має високоефективну систему процесу горіння та утилізації тепла димових газів у регенеративному теплообміннику та не потребує обслуговуючого персоналу.

Робочий тиск теплоносія, МПа	0,2
------------------------------	-----

Система опалення в приміщенні – однотрубна з верхнім розведенням теплоносія. Рух гарячого теплоносія відбувається завдяки роботі циркуляційного насосу, який встановлено на подаючому трубопроводі системи опалення.

Як опалювальні прилади використовуються сталеві опалювальні панелі типу Radik, що розташовані під вікнами в кожному приміщенні та мають різну кількість секцій, залежно від розрахункової теплової потужності. Всі нагрівальні прилади обладнуються автоматичними терморегуляторами.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд котла Buderus Logano GE434 [3]

Технічні характеристики котла наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики котла Buderus Logano GE434 [3]

Параметр	Характеристика
Вид палива	Природний газ
ККД котла, %	92
Теплоносій	Вода рН7
Температура теплоносія, С	60-80

Номінальна теплова потужність,кВт	375
Діаметр димоходу, мм	400
Маса котла, кг	1718

Продовження таблиці 1.1

Трубопроводи системи опалення виготовлені із сталевих труб. Теплова ізоляція труб виконана з мінераловатних виробів з покривним шаром із рулонного склопластику.

### 1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 762. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-116, що знаходиться неподалік від будівлі (Додаток А). Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

Основне електроспоживаюче обладнання наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основне електроспоживаюче обладнання будівлі

Назва	Кількість, шт.	Одинична потужність, Вт	Загальна потужність, Вт	Коефіцієнт використання
Комп'ютер	10	500	5000	0,8
Люмінісцентні лампи	900	18	16200	0,5
Аудіосистема	2	800	1600	0,6
Телевізор	2	130	260	1,0
Система вентиляції	1	2250	2250	0,5
Кондиціонер	2	2500	5000	0,7
Мікрохвильова піч	5	1000	5000	0,3
Електрочайник	5	2200	11000	0,2
Електробойлер	10	2000	20000	0,6

### 1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 723.

Вода до будівлі подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони пр. Свободи. Тиск води на вході в будівлю  $P_{\text{хв}}=0,45$  МПа. Водовідведення в будівлі— централізоване (Додаток А).

Трубопроводи холодної води – металеві. В деяких санвузлах замінені на пластикові.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

### 1.3.4 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної та штучної вентиляції. Видалення вентилязованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях.

Система штучного кондиціонування є працездатною та вмикається періодично у теплий (літній) та прохолодний (осінь та весна) періоди під час проходження масових спортивних заходів.

### 1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання природного газу здійснюється за допомогою газового лічильника марки METRIX G40, (рис 1.3), термін повірки - 8 червня 2017 р.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

Періодично відбувається обслуговування працівниками АТ «Газорозподільні мережі» лічильника та комплектуючих.



Рисунок 1.3 – Газовий лічильник марки METRIX G40 [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника газу [4]

Назва параметру	Значення параметру
Тип	Мембранний
Номінальний діаметр, мм	65
Максимальний тиск, МПа	0,1
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	10 років

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу NIK 2303L (рис. 1.4), термін повірки - 22 серпня 2021 р. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.

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

Періодично відбувається зняття показників лічильника представниками енергопостачальної компанії.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики лічильника NIK 2303L [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	380 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 GROSS MNK-UA DN 25 (рис. 1.5), термін повірки – 18 червня 2022 р. Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

Періодично відбувається зняття показників лічильника представниками енергопостачальної компанії.



Рисунок 1.5 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Технічні характеристики лічильника GROSS MNK-UA DN 25 [6]

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
Тип встановлення	4 роки
Міжпівірочний інтервал	Горизонтальний

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 16.11.2024 року тарифи на електричну енергію, природний газ та воду складають з ПДВ (згідно наданих даних):

природний газ – 16,55 грн/м<sup>3</sup>.

водопостачання – 15,98 грн/м<sup>3</sup>;

водовідведення – 16,67 грн/м<sup>3</sup>;

електрична енергія – 6,16 грн / кВт·год.



## 1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Під час енергетичного обстеження в будівлі були використані такі прилади для вимірювань:

- пірометр;
- далекомір;
- універсальний вимірювач.

Пірометр використовувався для вимірювань температури поверхонь безконтактним способом (рис 1.6).



Рисунок 1.6 – Неконтактний пірометр [7]

Fluke 64 MAX - це інфрачервоний пірометр, який вимірює температуру поверхні в діапазоні від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+700^{\circ}\text{C}$ . Випромінювальну здатність можна регулювати від 0,1 до 1, що робить його придатним для будь-яких матеріалів, а оптична роздільна здатність 10:1 дозволяє проводити вимірювання на безпечних відстанях [7].

Для вимірювання геометричних розмірів приміщення використовувалась лазерна рулетка (рис. 1.7).

Результати вимірювань наведено в додатку Б.



Рисунок 1.7 – Лазерна рулетка [8]

Для виміру вологості повітря використовувався універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 (рис 1.8).



Рисунок 1.8 - Універсальний вимірювач вологості [9]

### 1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 14.11.2024 р. Температура зовнішнього повітря на момент обстеження складала: 1°C.

Вимірювані параметри в будівлі склали:

1) середня температура повітря по приміщенню склала  $T_{в} = 18-21$  °С, що відповідає санітарним вимогам [10].

2) температура теплоносія в системі опалення  $T_1 = 55$ ;  $T_2 = 42$ °С.

3) відносна вологість повітря – 52%, що відповідає вимогам норм і правил [10].

## 1.6 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води

### 1.6.1 Аналіз споживання природного газу

Обсяги споживання природного газу будівлею по місяцях за 2020, 2021 і 2022 наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.9.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання природного газу за 2021-2023 роки

Місяці	Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>		
	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	21,2	20,7	19,8
Лютий	19,9	15,3	17,4
Березень	18,4	4,1	15,6
Квітень	8,9	-	5,8
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	7,6	6,5	7,2
Листопад	14,8	13,7	14,6

Грудень	21,2	19,6	20,7
<b>Всього</b>	<b>112</b>	<b>79,9</b>	<b>101,1</b>

Продовження таблиці 1.6

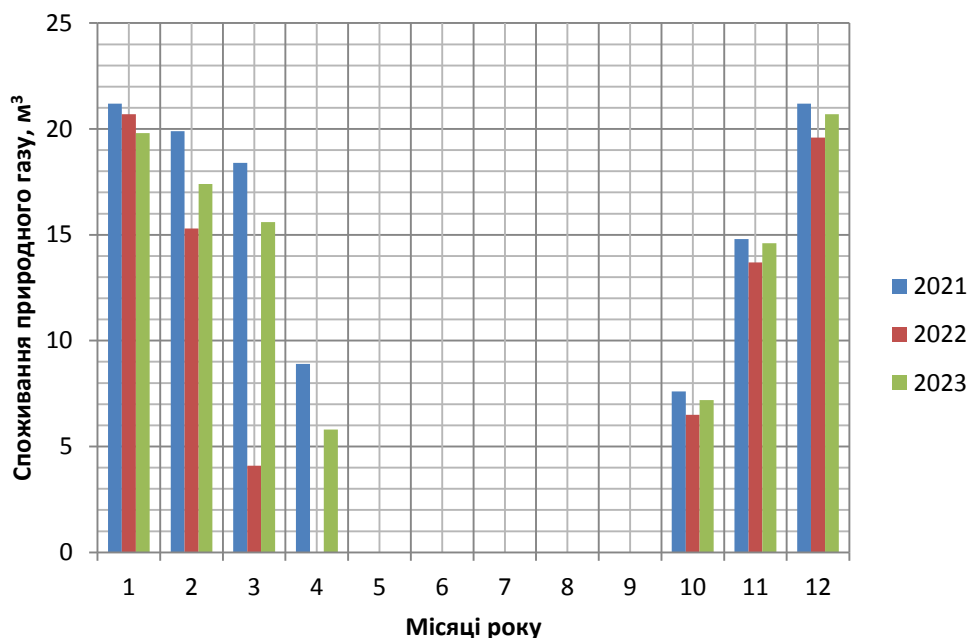


Рисунок 1.9 – Діаграма споживання природного газу за 2021-2023 роки

Як видно з діаграми, споживання природного газу будівлею зростає під час опалювального періоду.

Найбільшу кількість природного газу будівля споживає взимку, оскільки це найхолодніший період року.

В 2022 році споживання було найменшим ніж в попередні роки. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну. Заклад майже не працював.

### 1.6.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею по місяцях за 2021, 2022 і 2022 роки наведено в таблиці 1.7, та на рисунку 1.10.

Таблиця 1.7 – Обсяги споживання електричної енергії за 2021 – 2023 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	20175	21470	20874
Лютий	19250	17620	18756
Березень	20270	3250	18965
Квітень	8860	2680	10320
Травень	7660	3140	6975
Червень	6700	3210	8456
Липень	3420	2580	3562
Серпень	2250	2520	2950
Вересень	3350	3458	3142
Жовтень	7525	7620	6987
Листопад	20120	18560	17965
Грудень	22654	23680	21365
<b>Всього</b>	<b>142234</b>	<b>109788</b>	<b>140317</b>

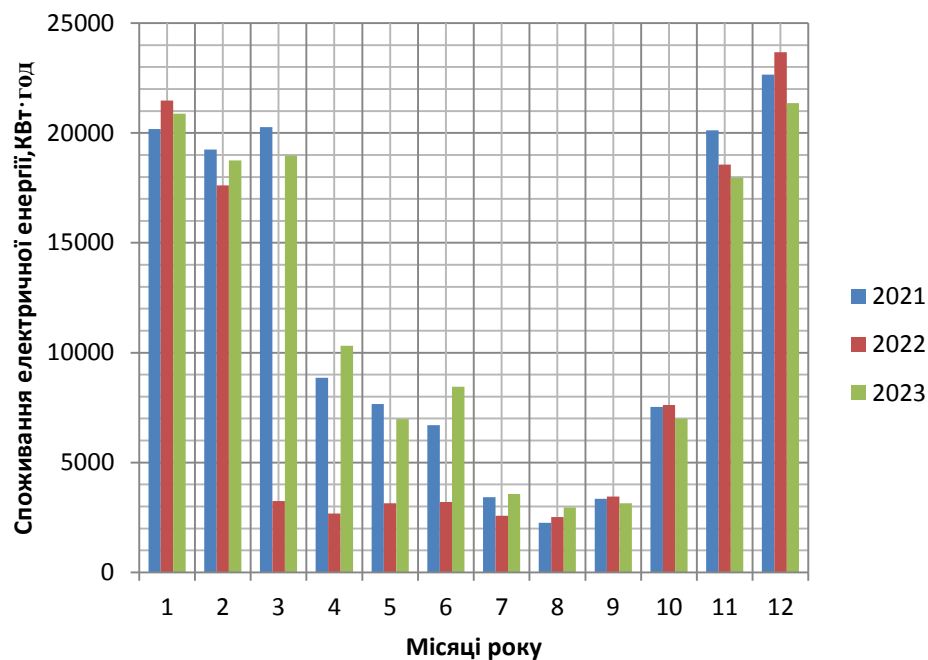


Рисунок 1.10 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

З діаграми видно, що найбільше електричної енергії споживається в зимовий період. У літній період природного освітлення вистачає для забезпечення нормального освітлення будівлі. Тому в цей період споживання зменшується.

В 2022 році споживання електричної енергії найменше в порівнянні з минулими роками. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну.

### 1.6.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею по місяцях за 2021, 2022 і 2023 роки наведено в таблиці 1.8, та на рисунку 1.11.

Таблиця 1.8 – Обсяги споживання холодної води за 2021 – 2023 роки

Місяці	Споживання холодної води, м <sup>3</sup>		
	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Січень	295	260	305
Лютий	285	140	295
Березень	280	15	270

Квітень	190	10	265
Травень	150	45	140
Червень	220	55	190
Липень	160	90	150
Серпень	110	110	100
Вересень	150	90	98
Жовтень	200	85	152
Листопад	320	135	256
Грудень	295	150	260
<b>Всього</b>	<b>2655</b>	<b>1185</b>	<b>2481</b>

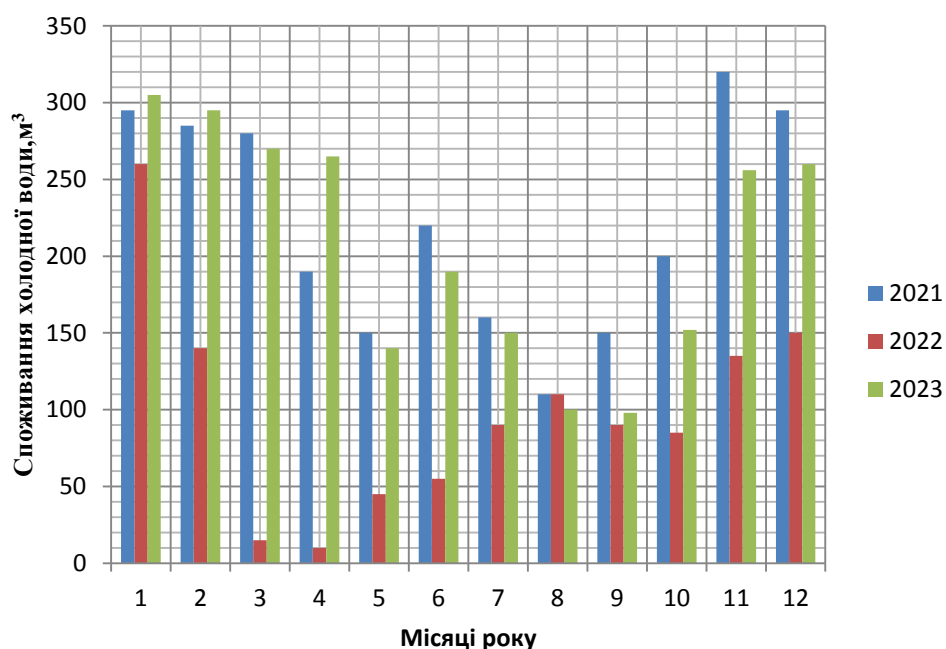


Рисунок 1.11 – Діаграма споживання холодної води за 2021-2023 роки

Споживання води нерівномірне протягом року. Перепади у споживанні води пов'язані з тим, що у літній період в будівлі відсутні культурно-масові заходи.

В 2022 році споживання води найменше в порівнянні з минулими роками. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ в Україну. Відвідування студентів та співробітників будівлі було мінімальним.

## 1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

### 1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

Виконаємо порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії з державними нормами в контексті енергоефективності будівель.

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 [11]:

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

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 [11]:

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

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> [11].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [11]:

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



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

- за 2021 рік –  $Q_{\text{оп}} = 851,2$  Гкал;
- за 2022 рік –  $Q_{\text{оп}} = 607,2$  Гкал.
- За 2023 рік -  $Q_{\text{оп}} = 863,7$  Гкал;

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2021 рік –  $EP = 0,01$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2022 рік –  $EP = 0,01$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2023 рік –  $EP = 0,01$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить –  $EP = 0,01$  Гкал/м<sup>3</sup>.

На підставі результатів порівняння фактичних і нормованих показників споживання теплової енергії можна зробити наступні висновки: для відповідності сучасним вимогам енергоефективності необхідно враховувати такий стан всіх технічних і конструктивних елементів, які визначають енергоефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі.

Однак, беручи до уваги результати енергетичного обстеження, слід зазначити, що через умови дотримання встановлених в будівлі обмежень споживання природного газу теплоносій не нагрівається, а приміщення об'єкта опалюються нерівномірно, що призводить до використання додаткових джерел тепла, в результаті чого загальна вартість оплати енергопостачання будинку збільшується. У цій ситуації циркулює тиск теплоносія в опалювальному пристрої будівлі переривається, і рух теплоносія в крайніх частинах системи теплопровідності може бути відсутнім і т. д.

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

$$\text{- 2021 рік: } \frac{142234 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 12,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{109788 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 9,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{140317 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{11269 \text{ м}^2} = 12,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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 та відвідувачів у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [13]. Норма витрат води для даного типу будівлі на одну людину становить – 50 л/добу. Згідно наданої інформації в середньому в будівлі перебуває близько 300 чоловік на добу.

$$\text{- 2021 рік } \left( \frac{2655000 \text{ л}}{300 \text{ людей}} \right) / 365 \text{ днів} = 24,2 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left( \frac{1185000 \text{ л}}{300 \text{ людей}} \right) / 365 \text{ днів} = 10,8 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2023 рік } \left( \frac{2481000 \text{ л}}{300 \text{ людей}} \right) / 365 \text{ днів} = 22,3 \text{ л/добу}.$$

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

## 1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки для оцінки енергетичного стану будівлі виконано згідно методики [14].

### 1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних 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 [14].

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

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (1.4)$$

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

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

Мінімально допустиме значення,  $R_{q \text{ min}}$ , опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних 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:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (1.5)$$

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

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К) [14];

$n$  – 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 (1.4) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (1.6)$$

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 (1.2), м<sup>2</sup>·К/Вт.

#### Розрахунок тепловтрат

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень згідно [14]:

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_o + \sum Q_{инф} + \sum Q_6, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

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.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги) [14]:

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_e - t_s) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

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

$R_{\Sigma пр}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м<sup>2</sup>·°C/Вт [14];

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

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [14].

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню [14]:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{под}, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

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

$\Sigma Q_{стл}$  – 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.

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.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^o = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.10)$$

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

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [14].

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

$$\Sigma Q_{ндл}^o = 0,13 \cdot Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (1.11)$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_e^o + \Sigma Q_{ндл}^o, \text{ Вт} \quad (1.12)$$

де:  $\Sigma Q_{op}^0$  – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\Sigma Q_{\sigma}^0$  – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\Sigma Q_{подл}^0$  – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з.р}) \cdot n_{\sigma}, \text{ Вт} \quad (1.13)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг $\cdot$ °С [14];

$t_{в}$ ,  $t_{з.р}$  - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

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

$n_{\sigma}$  – кількість однотипних вікон.

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 [14]:

$$G_{сп} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (1.14)$$

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

$k_q$  – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [11];

$g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с $^2$  [11];

$v$  – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с; II-а кліматична зона – 2,1 м/с) [11];

$\Delta\rho$  – різниця густин повітряних мас ( $\Delta\rho = \rho - \rho_c$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_c$  – середня густина повітряних мас, кг/м<sup>3</sup> (при нормальних умовах  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>) [14]:

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{cp.on})]} \quad (1.15)$$

де  $t_{cp.on}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою [14]:

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (1.16)$$

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

$c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [14];

$t_g$  і  $t_{z.p}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$k_g$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей [14]

$$Q_{z.d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{z.d} \cdot c \cdot (t_g - t_z), \quad (1.17)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;



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

$G_{з,д}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год [14]:

$$G_{з,д} = b_{н,д} \cdot L_{н,д} \cdot v_{ср,н,д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.18)$$

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

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

$v_{ср,н,д}$  – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається 0,8 м/с), м/с [14];

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{ср}^{инф} + Q_{з,д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_в = 0,28 \cdot V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_в - t_{з,р}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг $\cdot^{\circ}\text{C}$  [14];

$t_в$  і  $t_{з,р}$  – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$  [14];

$V_{п}$  – внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$  [14];

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho=1,3$  кг/м $^3$  [14];

$n_k$  – кратність повітрообміну приміщення, год $^{-1}$  (за умовою завдання);

$k_V$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається  $k_V=0,85$ ) [14].

### 1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей згідно методики [14]:

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

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

$n_l$  – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування [14]:

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (1.22)$$

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

$k_{II}$  – коефіцієнт завантаження;

$\eta$  – ККД електроустаткування;

$k_T$  – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

$k_c$  – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення [14]:

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (1.23)$$

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.

## Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{о.п}, \text{ Вт} \quad (1.24)$$

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 ( $k_{о.п}=0,6$ ) [14].

Сумарні теплонадходження [14]:

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (1.25)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі [14]:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (1.26)$$

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

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

Вихідні дані та результати розрахунку наведені в таблицях 1.9,1.10.

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [15]

Таблиця 1.9 – Значення вихідних даних

п/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Зовнішні стіни	Червона цегла на цементно-піщаному розчині	0,5	0,81	0,82	4,0
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
2	Двері	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,6
3	Дах	З/бетонна плита	0,22	2,04	2,59	7,0
		Гідроізоляція	0,003	0,17		
		Мінеральна вата (скловолокно)	0,044	0,1		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
4	Вікна	Металопластикові з подвійним склопакетом			0,73	0,9
5	Підлога	Гідроізоляція	0,003	0,17	0,25	5,0
		З/бетонна плита	0,38	2,04		
		Штукатурка цем.-піщана	0,02	0,81		
		Лінолеум	0,006	0,33		

Таблиця 1.10 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі				
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{втр}, Вт$	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{тн}, Вт$	Величина теплової потужності $\Delta Q, Вт$	Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт
Будівля легкоатлетичного манежу СумДУ	361395,3	48517	<b>312878,3</b>	<b>667820,4</b>

## 1.9 Висновки до розділу

- Огороджувальні конструкції будівлі без пошкоджень та дефектів.
- Будівля автономно забезпечується тепловою енергією для опалення та централізовано холодною водою, водовідведенням та електричною енергією.
- На об'єкті ведеться облік споживання енергоресурсів. Здійснено опис вузлів обліку енергетичних ресурсів та їхні технічні характеристики.
- Зібрано дані щодо споживання енергетичних ресурсів за останні три роки.
- Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.
- Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 312878,3 Вт.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Альтернативне енергозабезпечення вимагає впровадження комплексних енергозберігаючих заходів, які зменшують споживання енергії та підвищують ефективність її використання.

Перелік можливих заходів для обстежуваної будівлі.

#### **1) Встановлення сонячних панелей для забезпечення будівлі електричною енергією.**

Встановлення сонячних модулів у бюджетних установах – це важливий крок для підвищення енергоефективності та зменшення витрат на електроенергію. Сонячна енергія є відновлюваним джерелом, що може забезпечити стабільне електропостачання, зменшити залежність від традиційних енергетичних джерел і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Впровадження таких рішень може стати вигідною інвестицією, особливо з огляду на постійне зростання тарифів на енергію.

Початкові витрати на встановлення сонячних модулів можуть бути високими, за рахунок економії на рахунках за електроенергію система зазвичай окуповується протягом 5-10 років. Для бюджетних установ важливо враховувати довгострокові переваги.

Після встановлення система дозволяє зменшити споживання електроенергії з центральної мережі або повністю забезпечити потреби установи.

Використання відновлюваної енергії зменшує викиди CO<sub>2</sub> та інші забруднення.

Сонячні панелі забезпечують енергетичну незалежність, що дозволяє уникнути наслідків подальшого зростання цін на енергоносії.

## 2) Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі.

Тепловий насос – це злегка перетворений холодильник. В обох є випарник, компресор, конденсатор і дроселюючий пристрій. Цикл роботи в холодильника та насоса абсолютно однаковий, відрізняються тільки параметри настроювання. Навіть зовні, по розмірах і формі, вони схожі один на одного.

Холодильник працює, викачуючи тепло назовні, тепловий насос працює за таким же принципом тільки навпаки - він нагнітає тепло з вулиці або із ґрунту у Вашу вітальню. У холодильнику майже не відчувається тепло продуктів, яке, в остаточному підсумку, виділяється у вигляді досить гарячого потоку повітря, що відходить від трубчастої панелі конденсатора ("радіатор" на задній стінці). Тому, якщо з холодильника витягти випарну камеру (із трубами) і закопати в землю, ми й одержимо тепловий насос, що буде обігрівати приміщення теплим повітрям. А якщо конденсатор холодильника обмивати водою, то її, нагріту, можна використати в радіаторах опалення або у теплій підлозі.

Принцип дії теплового насосу заснований на циклі Карно, добре відомому зі шкільного курсу фізики. Принципова схема теплового насосу зображена на малюнку 2.1.

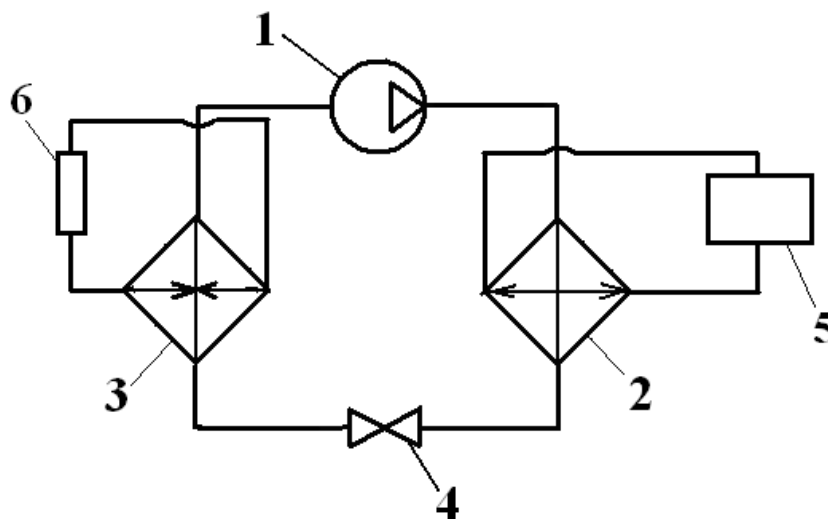


Рисунок 2.1 - Принципова схема теплового насоса

1 - компресор; 2 - теплообмінник-конденсатор; 3 - теплообмінник-випарник; 4 - регулятор потоку; 5 - споживач теплової енергії; 6 - джерело низькопотенційної теплової енергії.

Основними складовими частинами внутрішнього контуру теплових насосів є:

1. Конденсатор
2. Капіляр
3. Випарник
4. Компресор, що одержує енергію від електричної мережі.

### **3) Буріння свердловини для забезпечення будівлі власним водопостачанням.**

Для забезпечення легкоатлетичного манежу власною холодною водою за допомогою буріння свердловини потрібно врахувати наступні аспекти.

1) Гідрогеологічні дослідження. Необхідно провести вивчення підземних вод для визначення глибини та якості води. Дослідження визначить, чи є запаси води стабільними для постійного використання.

2) Буріння свердловини.

3) Тип свердловини:

- Піщана (глибина до 30 м, обмежений ресурс).
- Артезіанська (глибина 50-200 м, велика продуктивність).

4) Обладнання

- Насос (глибинний або поверхневий).
- Система очищення (залежно від складу води).

5) Резервуар для зберігання.

6) Ліцензування. Для використання артезіанської води потрібно отримати дозвіл від органів водокористування.

#### **Переваги автономного водопостачання наступні.**

- Зменшення витрат на комунальні послуги.
- Стабільне забезпечення водою: Незалежність від перебоїв централізованого водопостачання.



- Контроль якості води: Можливість встановлення сучасних систем фільтрації.

- Екологічність: Можливість використання стійких джерел.

## 2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

### 2.2.1 Встановлення сонячних панелей

Легкоатлетичний манеж – місце для проведення спортивно-масових заходів. Для належного функціонування даної будівлі необхідне освітлення, особливо в зимовий період.

Пропоную встановити сонячні батареї для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення.

Методика розрахунку наведена в [17].

Для забезпечення системи освітлення потрібно приблизно 90 кВт електричної енергії.

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20% [17].

$$W_3^{зар} = 90 \cdot 1,2 = 108 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$

Обираємо сонячні панелі RISEN 585 В (рис.2.1) [15].



Рисунок 2.2 – Вигляд сонячної панелі [17]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,585 = 0,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періоду відповідно [16];

0,585 – потужність однієї панелі, кВт/год [17]

Необхідна кількість панелей згідно [16]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.2)$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{108}{0,3} = 360 \text{ панелей}.$$

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення необхідно встановити 360 панелей.

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [16]:

$$Q = \frac{Q_3 \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.3)$$

де  $t$  – час, на який потрібно зарезервувати електричну енергію, год;

$V$  - напруга, В;

$k$  – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{108 \cdot 6}{12 \cdot 0,7} = 75 \text{ А} \cdot \text{год}.$$

Обираємо 1 акумулятор LX12-80MG - 12В - 75 А/ч [].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи доставку та монтаж з додатковими матеріалами ( 40 % від вартості панелей) складає приблизно  $K = 2671200$  грн [15].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Споживання електричної енергії за рік освітленням:

$$C = 90 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 30 \text{ днів} \cdot 12 \cdot = 32400 \text{ кВт} \cdot \text{год} \text{ за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 32400 = 200880 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2671200}{200880} = 13,3 \text{ роки.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [19].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	Вигоди $D$ (дохід), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV, грн</b>
0	-2671200	-2671200		1		
1	0	200800	-2470400	0,909	182545	-2488655
2	0	200800	-2269600	0,826	165950	-2322704
3	0	200800	-2068800	0,751	150864	-2171840

4	0	200800	-1868000	0,683	137149	-2034691
5	0	200800	-1667200	0,621	124681	-1910010
6	0	200800	-1466400	0,564	113346	-1796664
7	0	200800	-1265600	0,513	103042	-1693622
8	0	200800	-1064800	0,467	93675	-1599947
9	0	200800	-864000	0,424	85159	-1514788
10	0	200800	-663200	0,386	77417	-1437371
..	..	..	..	..	..	..
25	0	331436,3	4308344,5	0,092	30590	-465443

Продовження таблиці 2.1

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе більше  $PP = 25$  років.

2.2.2 Розрахунок теплового навантаження на тепловий насос, що забезпечить корпус гарячим водопостачанням.

Пропонується для забезпечення будівлею гарячою водою встановити тепловий насос

Середня кількість відвідувачів  $n=300$  чол. в день.

Норма на одного відвідувача  $v=50$  л/чол.

В будівлі встановлено 10 електричних водопідігрівачів загальною потужністю 20 кВт.

Витрата коштів манежом на підігрів води на рік, грн:

$$C_{\text{год}}^{\text{баз}} = N_{\text{год}} \cdot \tau_{\text{год}} \cdot t \cdot c_{e,e}, \quad (2.4)$$

де  $\tau_{\text{год}}$  -кількість робочих днів в рік;

$N$  – потужність водопідігрівачів;

$t$  – час роботи підігріву;

$c_{e,e}$  – ціна за 1 кВт·год електричної енергії;

$$C_1 = 20 \cdot 300 \cdot 11 \cdot 6,2 = 409200 \text{ грн},$$

Пропонується встановити тепловий насос типу DM Terra SW Max 70 (HGL) [20].

Технічна характеристика теплового насоса наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика теплового насоса

Марка	DM Terra SW Max 70 (HGL)
Температура на виході гарячої води max	55 0C
Потужність віддачі при температурі 0/35 0C	25.5 кВт
Потужність споживання при температурі 0/35 0C	6.3 кВт
Потужність віддачі при температурі 0/50 0C	24.8 кВт
Потужність споживання при температурі 0/50 0C	8.7 кВт
Витрата через опалювальний трубопровід номінальний	0.74 л/с
Допустима наружна втрата тиску системи опалення max, при номінальній витраті	38 кПа
Витрата через ґрунтовий контур номінальний	1.44 л/с
Допустима наружна втрата тиску через ґрунтовий контур max, при номінальній витраті	70 кПа
Електричне з'єднання	400 В
Компресор Scroll	1 шт
Хладагент R-407C	4.2 кг
З'єднання опалювального трубопроводу Дн (Cu)	35 мм
З'єднання ґрунтового трубопроводу Дн (Cu)	42 мм
Вага	210 кг
Центр регулювання	600 Rego
Довжина	700 мм
Ширина	750 мм
висота	1500мм
Вартість	807770 грн

Витрата коштів манежом на підігрів води на рік після встановлення теплового насоса, грн:

$$C_2 = N_{\text{тн}} \cdot \tau_{\text{ГОД}} \cdot t \cdot c_{\text{ел.ен}}, \quad (2.5)$$

$Q$  – потужність, що споживається вибраним ТН;

$$C_2 = 8.7 \cdot 11 \cdot 300 \cdot 6,2 = 178002 \text{ грн}$$

Фактична економія в рік:

$$\Delta Z_B = C_1 - C_2 = 409200 - 178002 = 231198 \text{ грн.}$$

Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{807770}{231198} = 3,5 \text{ роки.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [19].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції $I$ (капітальні витрати), грн	Вигоди $D$ (дохід), грн	чистий грошовий потік, $P_t$ , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV, грн</b>
0	-807770	-807770		1		
1	0	231198	-576572	0,909	210180	-597590
2	0	231198	-345374	0,826	191073	-406517
3	0	231198	-114176	0,751	173702	-232815
4	0	231198	117022	0,683	157911	-74903
5	0	231198	348220	0,621	143556	68652
6	0	231198	579418	0,564	130505	199158
7	0	231198	810616	0,513	118641	317799
8	0	231198	1041814	0,467	107856	425654
9	0	231198	1273012	0,424	98051	523705

Дисконтований термін окупності згідно [19]:

$$PP = 4 + \frac{807770 - 732867}{143556} = 4,5 \text{ роки.}$$

### 2.2.3 Розрахунок буріння свердловини для холодної води

З метою підвищення енергонезалежності будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ та забезпечення власною холодною водою пропонується виконати буріння свердловини. Даний захід дозволить забезпечити будівлю якісним водопостачанням та відмовитись від послуг централізованого водопостачання.

Капітальні витрати наведені в таблиці 2.4 згідно [21].

Таблиця 2.4 – Капітальні витрати на впровадження даного заходу [21]

<b>ПОСЛУГА</b>	<b>ТЕРМІН</b>	<b>ЦІНА</b>
Розробка проекту артезіанської свердловини	25 днів	10000 грн
Розробка проекту тампонажу артезіанської свердловини	25 днів	7000 грн
Розробка проекту	30 днів	4000 грн
Розробка паспорта на свердловину	10 днів	2000 грн
Отримання дозволу на спеціальне водокористування	80 днів	3000 грн
Основні та допоміжні матеріали: 1) глибинний насос; 2) гідроаккумулятор " 3) термомуфта; 4) антивібраційний шланг; 5) манометр; 6) реле тиску; 7) муфта; 8) цемент; 9) канат нержавіючий; 10) затискачі до тросу; 11) зворотній клапан 12) люк садовий;	7 днів	100000 грн

13) кульковий кран; 14) стрічка пакувальна; 15) трубопроводи для подачі холодної води по будівлі.		
<b>Загальні витрати</b>		<b>126000 грн</b>

Річна економія коштів при відмові від централізованого холодного водопостачання (водовідведення залишається):

$$\Delta E = 2481 \cdot 15,98 = 39646,4 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{126000}{39646,4} = 3,2 \text{ роки.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [19].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції <i>I</i> (капітальні витрати), грн	Вигоди <i>D</i> (дохід), грн	чистий грошовий потік, <i>Pt</i> , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	<b>NPV,</b> <b>грн</b>
0	-126000	-126000		1		
1	0	39646	-86354	0,909	36042	-89958
2	0	39646	-46708	0,826	32765	-57193
3	0	39646	-7062	0,751	29787	-27406
4	0	39646	32584	0,683	27079	-328
5	0	39646	72230	0,621	24617	24290
6	0	39646	111876	0,564	22379	46669
7	0	39646	151522	0,513	20345	67013
8	0	39646	191168	0,467	18495	85508
9	0	39646	230814	0,424	16814	102322



Дисконтований термін окупності згідно [19]:

$$PP = 4 + \frac{126000 - 125672}{24617} = 4,1 \text{ роки.}$$

### 2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозбережних заходів та виконано їхній розрахунковий аналіз. Знайдено простий та дисконтований термін окупності кожного заходу.

Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить підвищити енергоефективність систем енергозабезпечення будівлі.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

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

В досліджуваній будівлі Легкоатлетичного Манежу СумДУ» на працівників та відвідувачів впливають небезпечні та шкідливі фактори, які можна поділити на чотири групи [22]:

- 1) фізичні;
- 2) хімічні;
- 3) біологічні;
- 4) психофізіологічні.

#### 3.1.1 Аналіз фізичних небезпечних та шкідливих факторів

##### Незадовільний стан будівельних конструкцій

До небезпечних факторів в даному випадку відносяться:

- 1) пошкоджені підлоги, сходи, стіни або стелі можуть спричинити травми;
- 2) неправильна організація входів та евакуаційних виходів може ускладнити евакуацію під час надзвичайних ситуацій.
- 3) Слизькі або нерівні покриття можуть стати причиною падінь.
- 4) Переповнений манеж або неправильне розташування зон для тренувань підвищують ризик зіткнень.

Для унеможливлення прояву даного фактору необхідно дотримуватись належного стану будівельних конструкцій, робити ремонти в разі виявлення пошкоджень.

##### Освітлення робочої зони

1) Погане освітлення може призвести до падінь або травм, особливо в місцях проведення змагань.

2) Сліпуче світло від ламп також може викликати дискомфорт у працівників і відвідувачів.

Для унеможливлення даного фактору необхідно дотримуватись рекомендацій згідно [23].

З метою забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено такі заходи

1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) застосування загального штучного освітлення в темну пору доби.

## Шум

Шум в будівлі може бути викликаний роботою побутової техніки. Шкідливого впливу на працівників та відвідувачів він не несе.

## Мікроклімат в приміщенні

Під мікрокліматом приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища приміщень, який визначається діючими на організм працюючих поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря.

При обстеженні було встановлено що мікроклімат в приміщенні відповідає нормам.

## Електрична безпека

Перевантаження мережі, короткі замикання або несправність електричного обладнання можуть призвести до ураження електричним струмом чи пожежі.

Відкриті або незахищені дроти становлять ризик для працівників і відвідувачів.

Працівникам необхідно дотримуватись правил електробезпеки та поводження з електричними приладами.

### 3.1.2 Аналіз хімічних небезпечних та шкідливих факторів

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу на організм людини поділяються на:

- токсичні;
- дратівливі;
- канцерогенні.

Хімічні речовини проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки.

Біологічні небезпечні та шкідливі фактори включають такі біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми – бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші і продукти їх життєдіяльності.

Психологічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу поділяються на фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перенавантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перенавантаження).

### 3.1.3 Аналіз шкідливих біологічних факторів

В процесі роботи у працівників відбувається контакт із бактеріями та пліснявою. Вологі поверхні, недостатнє прибирання можуть сприяти розвитку грибків і бактерій.

Для унеможливлення даного фактору необхідно дотримуватись санітарії, вчасно робити вологе прибирання.

### 3.2 Розрахунок освітлення евакуаційних шляхів

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному вимкненні робочого освітлення. Виконаємо розрахунок аварійного освітлення для будівлі легкоатлетичного манежу

Вихідні дані:

Вид джерела світла, ЛР

Система освітлення, загальна

Кількість світильників, 20 шт.

Кількість ламп у світильнику, 2 шт.

Потужність однієї лампи 60 Вт

Для оцінки ефективності аварійного освітлення приміщення необхідно порівняти значення фактичного і нормованого освітлення.

Нормоване значення ( $E_n=0,5$  лк) згідно [23].

Значення розрахункової освітленості, лм, при використанні ламп розжарення може бути розраховане за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку по формулі:

$$F_l = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta_m \cdot N \cdot \eta} \quad (3.1)$$

Звідки знаходимо:

$$E_\phi = \frac{F_l \cdot \eta_m \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} \quad (3.2),$$

де  $F_l$  - світловий потік лампи, лм.

Лампі потужністю 60 Вт відповідає  $F_l=1450$  лм.;

$\eta_m$  - коефіцієнт використання світлового потоку. Для світильників, які використовуються в громадських будинках для традиційних розмірів приміщення

і колірної обробки, коефіцієнт використання може змінювати значення в межах  $\eta_m = 0,4 - 0,6$ ;

$N$  - кількість світильників, шт.,  $N=20$  шт.

Світильники необхідно розташувати рівномірно по площі приміщення, по сторонах квадрата, дотримуючись таких умов:

сторона квадрата  $L=1,4 H_p$ ,

де  $H_p$  - висота підвісу світильника над робочою площею, що визначається як різниця між висотою приміщення і стандартною висотою робочої площі, що дорівнює 0,8 м, а також висотою свисання світильника від стелі  $h_{св}=0,4$ м.

$H_p=3,2-0,8-0,4=2$  (м);

$L=1,4 \cdot 2=2,8$  (м).

Відстань від світильників до стіни вибирається зі значень  $l=0,3 - 0,5L$ ;

$n=2$  шт. - кількість ламп у світильнику;

$S$  - площа приміщення,  $m^2$ .

$S=40 \cdot 50= 2000 m^2$ .

$k=1,5 - 2$  - коефіцієнт запасу;

$z=1,2$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Звідки

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot \eta_m \cdot N \cdot m}{S \cdot k \cdot z} = \frac{1450 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 1}{2000 \cdot 1,7 \cdot 1,2} = 3,6(\text{лк})$$

$E_{\phi} > E_n$ , отже освітлення ефективне.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було о проведено частковий енергетичний аудит будівлі, вивчено проектну документацію та здійснено аналіз використання енергоносіїв.

Виконано опис вузлів обліку енергетичних ресурсів, приладів для проведення вимірювань та результати інструментального обстеження.

Наведено положення методики розрахункового аналізу системи енергопостачання та представлення результатів розрахунку основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис енергозбережних заходів та здійснено їхній фінансовий аналіз.

З метою підвищення рівня енергоефективності та забезпечення енергонезалежності будівлі пропоную запровадити наступні енергозбережні заходи:

- встановлення сонячних панелей;
- встановлення теплового насосу;
- буріння свердловини для холодного водопостачання.

Виконано розрахунки фінансової економії від впровадження енергозбережних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить підвищити енергоефективність систем енергозабезпечення будівлі.

У розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» розглядалося питання «Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження та розрахунок аварійного освітлення».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Все про енергоефективність в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eeplatform.org.ua/vse-pro-energoefektivnist-v-ukrayini/>
2. Розробка енергетичних сертифікатів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.kmu.gov.ua/news/rozrobka-energetichnih-sertifikativ-budivel-dozvolit-ekonomiti-10-energoresursiv-v-ukrayini-shorichno-lev-parchaladze>
3. Газовий котел [електронний ресурс] Режим посилання: [https://ek.ua/ua/ek-item.php?resolved\\_name\\_=BUDERUS-LOGANO-GE434-375&view\\_=tbl](https://ek.ua/ua/ek-item.php?resolved_name_=BUDERUS-LOGANO-GE434-375&view_=tbl)
4. Газовий лічильник [електронний ресурс] Режим посилання: [https://vestm.com.ua/uk/gazifikacyia/schetchiki-gazovye/sn/sn\\_g40\\_dn40.html](https://vestm.com.ua/uk/gazifikacyia/schetchiki-gazovye/sn/sn_g40_dn40.html)
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: [https://amperok.com.ua/lichilnik\\_nik\\_2102\\_02\\_m1\\_220v?gclid=Cj0KCQjwpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw\\_wcB](https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB)
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
7. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: [https://3sf.com.ua/ua/pribori/izmerenie-temperatury/pirometry/p%D1%96rometr-fluke-64-max/?gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0Gsh4Wk4CTmBvsYTcpnCNLdleHWoDRqZNNw-eFFpYIW4inNtSEVnHhoCVaQQAuD\\_BwE](https://3sf.com.ua/ua/pribori/izmerenie-temperatury/pirometry/p%D1%96rometr-fluke-64-max/?gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0Gsh4Wk4CTmBvsYTcpnCNLdleHWoDRqZNNw-eFFpYIW4inNtSEVnHhoCVaQQAuD_BwE)
8. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://geomarket.in.ua/ua/leica-disto-d1>
9. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-H1. <https://himtest-ukraina.com.ua/p388795147-pribor-dlya-izmereniya.html>
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.

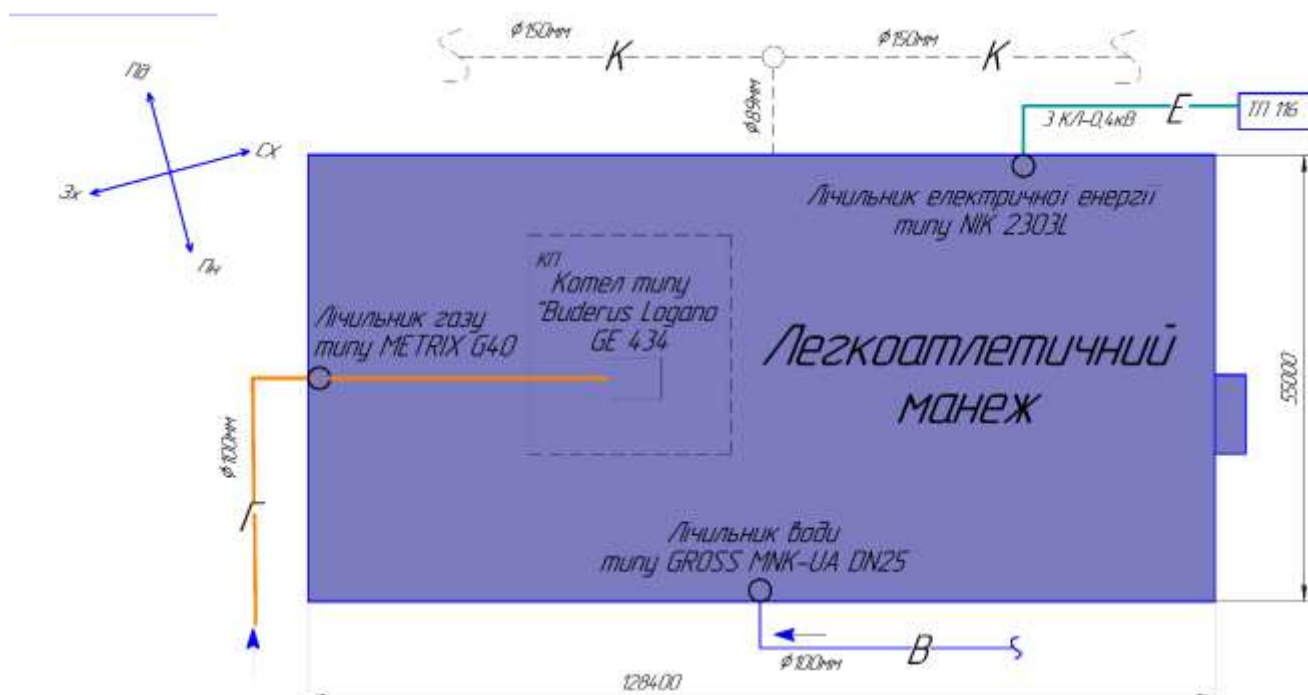


11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
12. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
13. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mtve.kp.km.ua/normi-vitrat-vodi-ta-normi-vodospozhyvannya/>
14. 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
15. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>
16. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».
17. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: [https://solar-markets.com.ua/soniachna-panel-risen-energy-rsm110-8-550-bmdg/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiApNW6BhD5ARIsACmEbkUu1GzSLeHa1e\\_NuOY18NKgFiUcHJtVj8WoF27XZDtwFOKNV9tLAz4aAoqW\\_EALw\\_wcB](https://solar-markets.com.ua/soniachna-panel-risen-energy-rsm110-8-550-bmdg/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiApNW6BhD5ARIsACmEbkUu1GzSLeHa1e_NuOY18NKgFiUcHJtVj8WoF27XZDtwFOKNV9tLAz4aAoqW_EALw_wcB)
18. Акумулятор [електронний ресурс] Режим посилання: [https://leo-shop.com.ua/helevyi-akkumuliator-250-amper-12v-250ah-dlia-kotla-jarrett-akkumuliatornaia-batareia-dlia-solnechnykh-panelei-ybp/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiArva5BhBiEiwA-oTnXdkoH4HjVUhOR9g0gcttEG9YcI\\_ASrMubfMBTtfEj0X1Z1n5Y4OykBoCt88QAvD\\_BwE](https://leo-shop.com.ua/helevyi-akkumuliator-250-amper-12v-250ah-dlia-kotla-jarrett-akkumuliatornaia-batareia-dlia-solnechnykh-panelei-ybp/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiArva5BhBiEiwA-oTnXdkoH4HjVUhOR9g0gcttEG9YcI_ASrMubfMBTtfEj0X1Z1n5Y4OykBoCt88QAvD_BwE)
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.

20. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://idm.ua/product-idm-terra-sw-max-70-hgl/>
21. Методи аналізу виробничого травматизму і профзахворюваності [електронний ресурс] Режим посилання: <https://buklib.net/books/27555/>
22. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с
23. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України,2019 – 180 с.

# ДОДАТОК А

## Енерготехнологічна схема будівлі



Умовні позначення:  
КП – котельне приміщення;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
В – холодне водопостачання;  
К – водовідведення;  
Е – електропостачання;  
Г – газопостачання.

## ДОДАТОК Б

### Площі огорожувальних конструкцій

Огорожувальна конструкція	Площа, м <sup>2</sup>
Зовнішні стіни	2231
Дах над адміністративною частиною будівлі	1200
Дах над спортивною частиною будівлі (манеж)	5862
Вікна з ПВХ-профілем	1110
Підлога над неопалювальним підвалом	7062
Центральні входні двері	19
Запасні двері	4