

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 енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі Юнаківської ЗЗСО I-III ступенів та впровадження технологій альтернативного енергозабезпечення»

Здобувачки групи ЕМ.м-21 Бойко Лілії Сергіївни  
(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)

Лілія БОЙКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

к.т.н. Сергій ХОВАНСЬКИЙ  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми – 2023



## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 06.11 до 03.12.2023	
2	Захист переддипломної практики	до 08.12.2023	
3	Виконання 1-го розділу	до 26.11.2023	
4	Виконання 2-го розділу	до 10.12.2023	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2023	
6	Представлення виконаної роботи	до 16.12.2023	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2023	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12 до 30.12.2023	

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 57 сторінок, 13 рисунків, 11 таблиць, 2 додатки, 32 літературних джерела.

*Метою роботи* є розроблення заходів для підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії та розрахувати економічну доцільність їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану будівлі та систем енергоспоживання;
- визначення ключових сфер, де можна модернізувати системи енергоспоживання;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраного напрямку модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозбережних заходів.

*Предметом дослідження* є енергетичні процеси в системах енергопостачання та енергоспоживання будівлі Юнаківського ЗЗСО I-III ступенів

*Об'єкт дослідження*: будівля Юнаківського ЗЗСО I-III ступенів

*Ключові слова*: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОРЕСУРС, ОПР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, ОХОРОНА ПРАЦІ.

*Тема роботи* – **«Підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі Юнаківської ЗЗСО I-III ступенів та впровадження технологій 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 теплопостачання .....	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування.....	12
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв .....	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	14
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	14
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	16
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	17
1.6.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії .....	17
1.6.2 Аналіз обсягів споживання води .....	19
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	20
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	20
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	21
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	21
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	21
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	28
1.9 Висновки за розділом.....	32
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	33
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	33
2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	34

2.1.2 Встановлення сонячних панелей та вітрогенератора .....	36
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів .....	38
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	38
2.2.2 Встановлення сонячної електростанції.....	41
2.2.3 Встановлення вітрової установки .....	44
2.3 Висновки за розділом.....	47
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	48
3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів.....	49
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	53
ДОДАТОК А .....	57
ДОДАТОК Б .....	58

## ВСТУП

До найактуальніших проблем сучасного суспільства належать раціональна організація енергоспоживання з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище та економне використання енергоресурсів, що розумно і в достатній мірі задовольняє технічні та побутові потреби громадян у всіх випадках і видах енергії [1].

Для України питання високого енергоспоживання в муніципальному секторі та необхідності підвищення енергоефективності є актуальним. Питання енергоефективності з часом набуває все більшого значення, оскільки розглядається як один з основних елементів загальнодержавної енергетичної політики. Безсистемна та повільна структурна перебудова економіки України, висока енергоємність основних видів продукції внаслідок технологічної відсталості, масований імпорт енергоносіїв та критична зношеність основних фондів електростанцій є основними чинниками надмірно високого рівня витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю ВВП та ВНП, що призвело країну до економічної кризи, руйнування продуктивних сил та соціальної напруги. З вищесказаного зрозуміло, що Україні необхідно терміново провести реструктуризацію промислового комплексу з метою оптимізації енергоспоживання та мінімізації імпорту енергоресурсів [1].

Так, аналіз поточного стану паливно-енергетичних ресурсів в Україні показує, що дефіцит становить близько 50%. Слід також враховувати, що енергоємність валового національного продукту України вдвічі перевищує аналогічний показник розвинених країн. Звідси можна зробити висновок, що потрібні ініціативи з енергозбереження, а не розбудова нових потужностей.

Більшість підприємств, установ та організацій в Україні мають потенціал для значної економії енергоресурсів. Основним стратегічним напрямом підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження в Україні є структурна перебудова економіки країни та створення адміністративних, регуляторних та економічних механізмів, що сприяють підвищенню

енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки України в цілому, окремих галузей, підприємств і технологічних процесів передбачає виведення з експлуатації морально застарілого та фізично зношеного обладнання, припинення виробництва неефективної (з точки зору використання енергоресурсів) продукції та впровадження сучасних конкурентоспроможних технологій, обладнання та техніки [2].

Робота виконана за рахунок бюджетних коштів МОН України, наданих на виконання науково-дослідної теми «Трансфер зелених інновацій в енергетиці України: мультиплікативна стохастична модель переходу до вуглецево-нейтральної економіки» (№ ДР 0122U000769).



# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного аудиту є будівля Юнаківського закладу загальної середньої освіти I-III ступенів. Адреса будівлі: с. Юнаківка, вул. Новоселівка,1.

Будівля введена в експлуатацію в 1997 році. Має три поверхи та неопалювальний підвал. Головний фасад зорієнтований на схід.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації на об'єкті енергоаудиту:

- опалювальна площа 3662,2 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм 11399 м<sup>3</sup>;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 12691,52 м<sup>3</sup>.

Станом на 26.11.2023 рік у закладі працює 30 працівників та навчається 220 дітей.

Графік роботи будівлі – 5-ти денний робочий тиждень. Вихідні – сб-нд.

Робочий день у будівлі розпочинається о 08<sup>00</sup>, та закінчується о 17<sup>00</sup>.

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

При обстеженні даної будівлі було встановлено, що стіни будівлі виконані з бетону та штукатурки. Дефекти зовнішніх стін включають протікання в місцях встановлення світлопрозорих конструкцій та зовнішніх дверей.

У будівлі встановлені двокамерні склопакети в металевих і пластикових рамах. Зовнішніх дефектів заповнення світлопрозорих прорізів не виявлено.

Підлога будівлі - залізобетонна конструкція, з бетонним шаром по зольному гравію та лінолеуму.

Стеля будівлі складається з шару залізобетону, утеплювача (керамзит) та рубероїду. Дефектів не виявлено.

Зовнішні двері будівлі металопластикові, односторонні, негерметичні. Теплові та повітряні завіси відсутні.

## 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

### 1.3.1 Система тепlopостачання

Система тепlopостачання закладу є автономною (Додаток А). Встановлено два твердопаливні котли типу «Буран». Дані котли встановлені в окремому приміщенні, яке відповідає нормам згідно «Правил технічної експлуатації теплових установок та мереж» [3].

Будівля має двотрубну систему опалення з нижньою розводкою. Система опалення складається з чавунних радіаторів типу МС-140. Подаючий та зворотній трубопровід системи опалення Ø 40 мм проходять через неопалюваний підвал. Для ізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях використовується мінеральна вата (рис 1.2).

Терморегулюючі клапани перед опалювальними приладами відсутні.



Рисунок 1.2 – Стан трубопроводів системи теплопостачання

В 2024 році планується проведення гідропневматичного промивання системи опалення та часткова її заміна.

### 1.3.2 Система електропостачання

Електроенергія до будівлі подається згідно договору з ТОВ «Енера-Суми» (№342 від 23.06.2020 року). Трансформаторна підстанція знаходиться за територією закладу (Додаток А). Живлення здійснюється кабелем ААБ 3х70. Дефектів виявлено не було.

### 1.3.3 Система водопостачання

Будівля має централізовану систему водопостачання та водовідведення. Здійснюється Комунальним підприємством «Світанок» на підставі Договору № 570. Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм (Додаток А). Тиск води на вході в будівлю  $P_{хв}=0,4$  МПа.

Циркуляція води відбувається від тиску в мережах. Основними споживачами води є працівники, учні та відвідувачі будівлі.

Водовідведення відбувається по металевій трубі Ø80 мм до центральної каналізаційної системи.

### 1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Будівля провітрюється природним чином за допомогою ліфтової системи, що з'єднує всі приміщення. Повітря і вуглекислий газ всмоктуються у вентиляційні шахти, піднімаються до стелі і виводяться в навколишнє середовище.

### 1.3.5 Система обліку енергетичних ресурсів

При обстеженні було встановлено, що облік споживання електроенергії на потреби внутрішнього освітлення та побутові потреби здійснюється за допомогою лічильника активної енергії типу НІК 2301 АП1В (рис 1.3), який встановлений в електрощитовій в будівлі.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника електричної енергії [4]

Параметр	Характеристика
Номінальна напруга	220 В
Клас точності	1.0
Номінальна сила струму	5А
Діапазон робочих напруг	143 В-253 В
Ступінь захисту	IP54

Облік споживання холодної води здійснюється за допомогою лічильника холодної води типу Новатор ЛК-15Х (рис 1.4), який встановлений в підвалі будинку.



Рисунок 1.4 – Лічильник обліку холодної води [5]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника холодної води [5]:

Параметр	Характеристика
Номінальна витрата	1.5 м <sup>3</sup> /час
Максимальна витрата	3.0 м <sup>3</sup> /час

## Продовження таблиці 1.2

Перехідна витрата	0,12 / 0,15 м <sup>3</sup> /час
Мінімальна витрата	0,03 / 0,06 м <sup>3</sup> /час
Максимальний робочий тиск води	1 МПа
Номінальний діаметр	G3/4-B мм

### 1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 25.11.2023 р. тарифи на енергоносії та воду становлять з ПДВ згідно наданої інформації складають:

тверде паливо (дрова) – 1750 грн/м<sup>3</sup>;

електрична енергія: 5,6 грн/ кВт·год;

водопостачання та водовідведення – 20,38 грн/м<sup>3</sup>.

### 1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Вимірювання відіграє важливу роль у зборі інформації під час енергоаудиту.

#### *1) Оцінка достовірності інформації:*

Вимірювання дозволяють перевірити точність і достовірність інформації, отриманої з документів або інших джерел. Наприклад, якщо в документації вказані енергетичні параметри обладнання, вимірювання можуть підтвердити відповідність цих параметрів реальним умовам. [6].

#### *2) Перевірка статистичних показників:*

Вимірювання можуть доповнювати або перевіряти статистичні дані про споживання енергії в об'єкті [6].

Результати вимірювань можуть допомогти в уточненні середніх значень та виявленні аномалій у споживанні енергії [6].

#### *3) Визначення фактичних характеристик обладнання:*

Вимірювання використовуються для визначення фактичних характеристик режимів роботи енергозберігаючого обладнання чи окремих споживачів енергії.

Це може включати вимірювання температур, вологості, електричної потужності та інших параметрів [6].

4) *Використання систем обліку та контролю:*

Вимірювання можуть базуватися на існуючих системах обліку та контролю, які вже встановлені на об'єкті.

Дані з цих систем можуть бути використані для аналізу та оцінки ефективності використання енергії [6].

Загалом, вимірювання є ключовою частиною енергоаудиту, оскільки вони надають точні дані, які використовуються для аналізу та розробки рекомендацій щодо оптимізації споживання енергії.

Під час енергетичного обстеження використовувались наступні прилади:

1) Неконтактний інфрачервоний пірометр МТ-4 фірми Raytek. Використовувався для вимірювань температури поверхонь безконтактним способом.



Рисунок 1.5 – Неконтактний пірометр МТ-4 фірми Raytek [7]

2) Далекомір лазерний. Бу використаний для вимірів геометричних розмірів будівлі та приміщень.



Рисунок 1.6 – Далекомір [8]

3) Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1. Використовувався для виміру вологості повітря.



Рисунок 1.7 - Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [9]

### 1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 24.11.2023 р. Температура зовнішнього повітря становила: 0°C.



Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала  $T_{в} = 20^{\circ}\text{C}$ , що відповідає санітарним вимогам [10].

2) температура теплоносія в системі опалення  $T_1 = 56^{\circ}\text{C}$ ;  $T_2 = 41^{\circ}\text{C}$  (згідно показань пірометра).

3) відносна вологість повітря – 54%, що відповідає вимогам норм і правил [10].

## 1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

На об'єкті ведеться щомісячний облік споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води. Дані записуються в спеціальний журнал обліку енергоресурсів.

### 1.6.1 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.3 та на рисунку 1.8 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії наданих на об'єкті енергетичного обстеження.

Таблиця 1.3 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	6740	5312	4952
Лютий	6776	6532	452
Березень	6812	6588	320
Квітень	3192	3208	652
Травень	3668	3596	742
Червень	3584	3416	920
Липень	2416	2892	1025

Продовження таблиці 1.3

Серпень	2732	2714	698
Вересень	2398	2324	1235
Жовтень	5284	5244	3214
Листопад	5920	5792	3658
Грудень	6140	6220	4258
<b>Всього</b>	<b>55662</b>	<b>53838</b>	<b>22126</b>

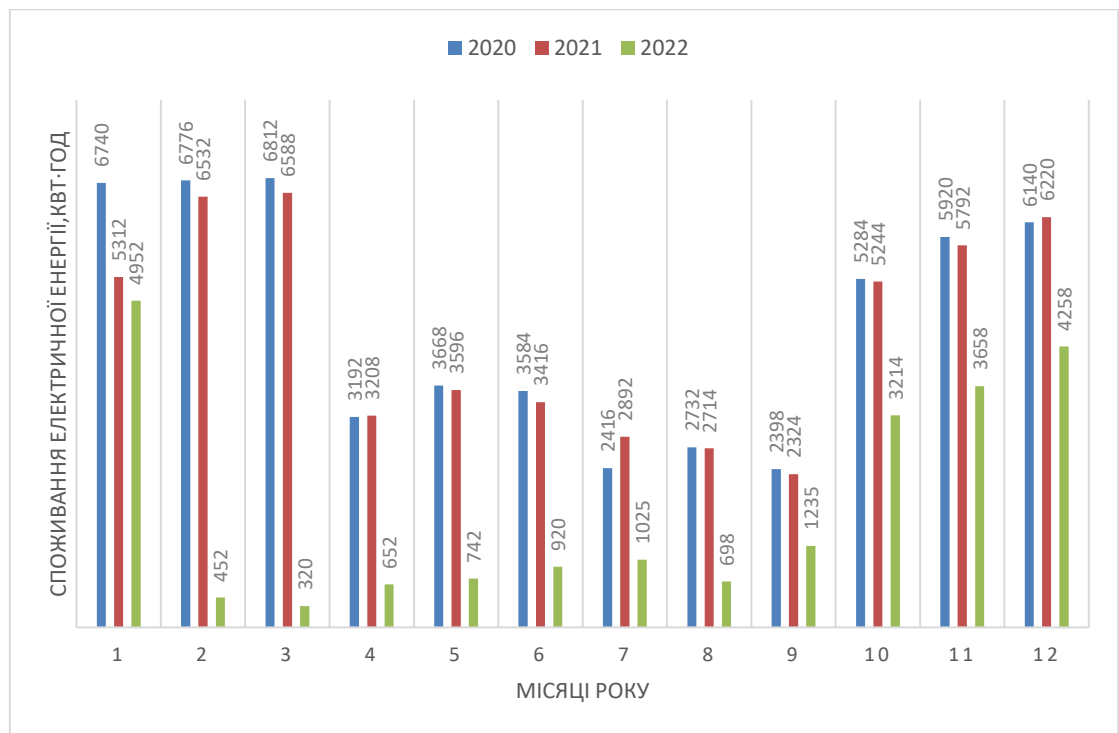


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що зростання рівня споживання електричної енергії відбувається в восени та взимку. Світловий день зменшується, більше використовується штучних джерел освітлення.

В 2020-2021 році рівень споживання майже не змінний. Це пояснюється контролем за режимами споживання електричної енергії та встановленими лімітами.

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Заклад працював в

дистанційному режимі. Кількість відвідувачів та працівників в даний період була мінімальна.

#### 1.6.2 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.9 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.4 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м <sup>3</sup>	2021 рік, м <sup>3</sup>	2022 рік, м <sup>3</sup>
Січень	129	128	92
Лютий	141	142	6
Березень	143	141	7
Квітень	141	137	13
Травень	52	49	16
Червень	50	42	22
Липень	46	45	21
Серпень	44	43	26
Вересень	128	139	88
Жовтень	129	130	78
Листопад	125	118	89
Грудень	126	126	91
<b>Всього</b>	<b>1254</b>	<b>1240</b>	<b>549</b>

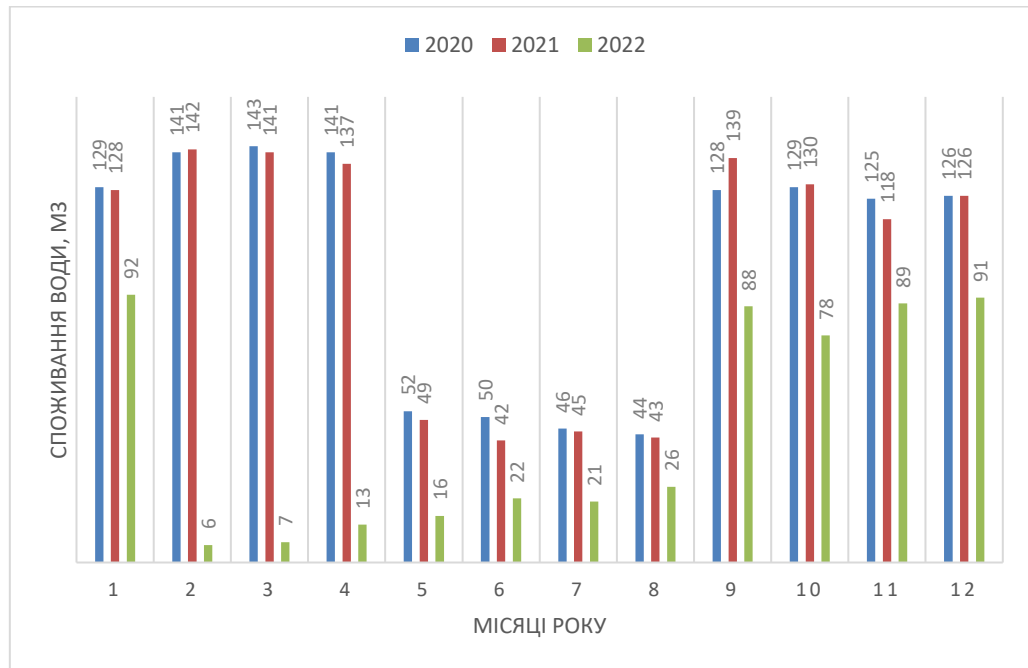


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Як видно з діаграми рівень споживання води в 2020-2021 році майже не змінний. Це пов'язано з контролем за режимом споживання та лімітами.

Найменше води споживалося в 2022 році. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Кількість відвідувачів у будівлі була мінімальною.

## 1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

### 1.7.1 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 [11] норма споживання електричної енергії для бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2020 рік: } \frac{55662 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{215 \text{ учнів}} = 258,8 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{53838 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{215 \text{ учнів}} = 250,4 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{22126 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{215 \text{ учнів}} = 102,9 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину.}$$

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

### 1.7.2 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 [12]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2020 рік } \left( \frac{1254000 \text{ л}}{215 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 20,8 \text{ л/учня};$$

$$\text{- 2021 рік } \left( \frac{1240000 \text{ л}}{215 \text{ учнів}} \right) / 280 = 20,5 \text{ л/учня};$$

$$\text{- 2022 рік } \left( \frac{549000 \text{ л}}{215 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 9,1 \text{ л/учня.}$$

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

### 1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [13].

#### 1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних 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 [13].

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

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

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:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (1.2)$$

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

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

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

Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma пр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , непрозорої огороджувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (1.2) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (1.3)$$

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

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

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

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (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 [13]:

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_6, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

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

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

$\sum Q_{\text{інф}}$  – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\sum Q_6$  – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

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 [13];

$t_в, t_{з.р}$  – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C ;

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\sum Q_0 = \sum Q_{ст} + \sum Q_{стл} + \sum Q_{вкн} + \sum Q_{з.д} + \sum Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (1.6)$$

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

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

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

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

$\sum Q_{ндл}$  – 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

$$\Sigma Q_{op}^{\partial} = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

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

$\beta_{op}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [13].

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

$$\Sigma Q_{ndl}^{\partial} = 0,13 \cdot Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_{\partial} = \Sigma Q_{op}^{\partial} + \Sigma Q_{\partial}^{\partial} + \Sigma Q_{ndl}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [13]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{\partial} - t_{з.р}) \cdot n_{\partial}, \text{ Вт} \quad (1.10)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює  $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$  [13];

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

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

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

$n_{в}$  – 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 [13]:

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (1.11)$$

де  $B$  і  $H$  – ширина та висота дверей відповідно,  $\text{м}$ ;

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

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

$v$  – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона –  $2 \text{ м/с}$ ; II-а кліматична зона –  $2,1 \text{ м/с}$ ) [13];

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

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

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{в} + t_{ср.он})]} \quad (1.12)$$

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

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

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_6 - t_{3,p}) \cdot k_6, \text{ кВт} \quad (1.13)$$

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

$c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [13];

$t_6$  і  $t_{3,p}$  - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$k_6$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{3,d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,d} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (1.14)$$

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

$t_6$ ,  $t_{3,p}$  – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

$G_{3,d}$  – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{3,d} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.15)$$

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 [13];

$m_n$  – маса 1 м<sup>3</sup> повітря (для практичних розрахунків беруть  $m_n = 1,3$  кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{\text{інф}} = Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} + Q_{\text{вр}}^{\text{інф}} + Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}}, \text{ Вт} \quad (1.16)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_e = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_e - t_{\text{з.р}}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (1.17)$$

де  $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [11];

$t_e$  і  $t_{\text{з.р}}$  - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho=1,3$  кг/м<sup>3</sup> [13];

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

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається  $k_v=0,85$ ) [13].

## 1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (1.18)$$

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

$n_l$  – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

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

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

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

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

$k_3$  – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_l$  – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{O.П}, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

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

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

$k_{O.П}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ( $k_{O.П}=0,6$ ) [13].

## Сумарні теплонадходження

$$Q_{\text{тн}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{рад}}, \text{ Вт} \quad (1.22)$$

## Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\text{втр}} - \Sigma Q_{\text{тн}}, \text{ Вт} \quad (1.23)$$

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

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

Вихідні дані та результати розрахунку наведені в таблицях 1.5, 1.6, 1.7.

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [13] (Додаток Б).

Таблиця 1.5 – Значення вихідних даних

№/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, \text{ м}$	Теплопровідність, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	Зовнішні стіни	Цегла на цементно-піщаному розчині	0,55	0,7
		Штукатурка	0,02	0,7
2	Стеля	Залізобетон	0,2	1,92
		Цементно-піщаний розчин	0,15	0,7
		Утеплювач	0,3	0,12
3	Підлога	Цементно-піщаний розчин	0,04	0,7
		Залізобетонна плита	0,22	1,92
		Лінолеум	0,004	0,38

Таблиця 1.6 - Значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q\ min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma\text{пр}}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Зовнішня стіна	4.0	1,92
Стеля:	7.0	2,45
Вікна	0.9	0,56
Двері	0.7	0,65
Підлога	5.0	1,45

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі				
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{\text{втр}}$ , Вт	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{\text{тн}}$ , Вт	Величина теплової потужності $\Delta Q$ , Вт	Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт
Навчальна будівля	418948,1	185055,8	<b>233892,3</b>	<b>498997,78</b>

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [15]:

$$\left( \frac{EP - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right) \cdot 100\%, \quad (1.24)$$

$$EP = \frac{498997,78}{11399} = 43,8 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}.$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left( \frac{43,8 - 30}{30} \right) \cdot 100\% = 46\%$$

Згідно з [15] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «Е».

### 1.9 Висновки до розділу

1) При візуальному обстеженні встановлено, що зовнішні огорожувальні конструкції будівлі без видимих дефектів.

2) Система теплопостачання в будівлі - автономна. Джерелом теплопостачання є власна котельня, де встановлено два котла типу «Буран»

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

4) В будівлі встановлені лічильники обліку енергетичних ресурсів (електричної енергії та холодної води). Лічильники повірені.

5) Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

6) За допомогою приладів (далекоміра, пірометра, універсального вимірювача) було виміряно температуру предметів в середині приміщень та геометричні розміри будівлі.

7) Виконано розрахунок опорів теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій, основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала **233892,3 Вт**.

9) Клас енергетичної ефективності будівлі – «Е».



## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, газ і атомні станції, призводять до численних серйозних проблем, таких як зміна клімату, забруднення повітря та води, проблеми з безпекою та інші екологічні та геополітичні проблеми [15].

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) є обіцяним рішенням цих проблем. Серед них [16]:

#### *Сонячна енергія [16]:*

Використання сонячних панелей для перетворення сонячної енергії на електричну.

Чиста та безпечна енергія, не викидає парникові гази та не потребує великих обсягів води.

#### *Вітрова енергія [16]:*

Використання вітряних турбін для генерації електроенергії.

Має низький вуглецевий викид та досить великий потенціал генерації.

#### *Гідроенергетика [16]:*

Використання річкових течій або водосховищ для виробництва електроенергії.

Ефективна та низькоефективна енергія з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

#### *Геотермальна енергія [16]:*

Використання тепла, яке генерується в глибинах Землі, для виробництва електроенергії.

Ефективна та стійка до погодних умов.

#### *Морська енергія [16]:*

Використання енергії припливів, хвиль або тепла океану для виробництва електроенергії.

Має великий потенціал, особливо для країн з великим узбережжям.

Перехід до відновлюваних джерел енергії допоможе зменшити викиди парникових газів, поліпшити якість повітря та води, зменшити залежність від нестабільних ресурсів і забезпечити стійкий і безпечний енергетичний майбутній [16].

Людство знаходиться на роздоріжжі у виборі способів доставки енергії в майбутньому. Залежно від того, яку енергетичну інфраструктуру ми будемо зараз, ми можемо усунути десятиліття викидів, які призводять до глобального потепління, або закласти міцну основу для майбутньої екологічно чистої енергетики та запобігти найгіршим наслідкам кліматичної кризи [17].

У всьому світі на відновлювані джерела енергії припадає близько 3,1% виробництва електроенергії, і ця частка зростає. За даними Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA), у 2022 році потужність відновлюваних джерел енергії зросла до рекордних 295 ГВт. Крім того, за даними агентства, на відновлювані джерела енергії припадає понад 80% всіх додаткових потужностей за останній рік [17].

### 2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення

Теплові насоси - це компактні опалювальні системи, призначені для автономного забезпечення опалення та гарячого водопостачання житлових і промислових будівель шляхом вилучення тепла з навколишнього середовища. Водночас такі системи можуть бути джерелом тепла для охолодження систем кондиціонування [18].

Розглянемо його ключові аспекти [18]:

#### 1. Компактність:

- Теплові насоси зазвичай виробляються у компактних розмірах, що дозволяє їх ефективно розміщувати в житлових або виробничих приміщеннях, а також за межами будівлі.

#### 2. Автономність:

- Теплові насоси забезпечують автономний обігрів та гаряче водопостачання, не потребуючи підключення до централізованої системи опалення чи гарячого водопостачання.

### *3. Відбір Тепла з Навколишнього Середовища [18]:*

- Основний принцип роботи полягає в відборі тепла з навколишнього середовища, такого як повітря, вода чи ґрунт, і використання його для нагріву приміщення чи гарячої води.

### *4. Багатофункціональність [18]:*

- Тепловий насос може використовуватися як для опалення, так і для гарячого водопостачання. Також він може використовуватися як джерело холоду для кондиціонування приміщень.

### *5. Сталевість [18]:*

- Зазвичай теплові насоси дуже надійні і можуть працювати протягом тривалого часу з мінімальним технічним обслуговуванням, що робить їх стійкими до впливу часу.

### *6. Енергоефективність [18]:*

- Оскільки теплові насоси використовують відновлювані джерела енергії, вони можуть бути енергоефективнішими порівняно з традиційними системами опалення.

### *7. Екологічна Чистота [18]:*

- Теплові насоси випускають менше викидів CO<sub>2</sub> порівняно з традиційними опалювальними системами, що робить їх екологічно чистими.

Ці характеристики роблять теплові насоси привабливими для тих, хто прагне ефективного та сталого обігріву приміщень.

Основна відмінність теплових насосів від інших джерел тепла, таких як електрика або газ, полягає в тому, що до 80% [18] енергії, яка використовується для виробництва тепла, береться з відновлюваних джерел. Теплові насоси можуть "викачувати" накопичену енергію з ґрунту, води і навіть повітря в теплу пору року [18].

Енергоефективність є однією з ключових переваг теплових насосів. Вони можуть виробляти значну кількість теплової енергії відносно невеликої кількості витраченої електроенергії. Ефективність теплового насоса визначається коефіцієнтом продуктивності (COP), який вказує, скільки одиниць теплової енергії може бути вироблено за одну одиницю витраченої електроенергії [18].

Наприклад, якщо COP теплового насоса дорівнює 4, це означає, що для кожної одиниці електроенергії, яку він споживає, він виробляє 4 одиниці теплової енергії. Таким чином, тепловий насос може бути вдекілька разів ефективнішим у виробництві тепла порівняно з іншими системами опалення, такими як електричні опалювальні пристрої чи газові котли [18].

Важливо враховувати, що COP може змінюватися залежно від режиму роботи та умов експлуатації, таких як температура навколишнього середовища та температура потрібного опалення. Однак у загальному розумінні теплові насоси є однією з найефективніших технологій для опалення та гарячого водопостачання [18].

### 2.1.2 Встановлення сонячних панелей та вітрогенератора

Використання сонячних електростанцій у комерційних будівлях, зокрема в офісах та бізнес-центрах, стає все більш поширеним та ефективним рішенням для забезпечення електроенергії. Деякі переваги використання сонячних електростанцій у комерційних об'єктах включають [19]:

*Енергонезалежність:* Сонячні електростанції дозволяють будівлям стати менш залежними від традиційних джерел енергії, таких як вугілля чи газ. Це може сприяти стійкості постачання електроенергії та зменшенню вартості електроенергії в майбутньому [18].

*Зменшення витрат:* Встановлення сонячних батарей дозволяє ефективно використовувати безкоштовну енергію від сонця для освітлення, кондиціонування та інших потреб, що може призвести до зменшення витрат на комунальні послуги [19].

*Сприяння сталому розвитку:* Застосування відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших негативних впливів на довкілля, сприяючи сталому розвитку [19].

*Продаж надлишків енергії:* Якщо сонячна електростанція генерує більше енергії, ніж споживає будівля, надлишки можуть бути продані у зовнішні мережі, що може призвести до додаткових доходів для власника будівлі [19]

*Підвищення іміджу та репутації:* Використання сонячних технологій у будівлях може покращити імідж компанії та вказати на приналежність до відповідального підходу до використання енергії та екологічної свідомості.

Інтеграція сонячних електростанцій у комерційні будівлі є перспективною та раціональною стратегією для досягнення сталого та високоефективного енергоспоживання [19].

Вітроенергетика є одним із видів відновлювальних джерел енергії і грає важливу роль у сучасній енергетичній системі, сприяючи зменшенню викидів парникових газів та залежності від традиційних джерел енергії.

Основний принцип дії вітрогенератора полягає в тому, що лопаті ротора використовують кінетичну енергію вітру для створення обертального руху. Цей рух передається генератору, який конвертує його в електричну енергію. За допомогою трансформатора електрична енергія може бути піднята до відповідного напруги для подальшого розподілу [19].

Вітрогенератори можуть бути встановлені як на суходолі, так і в морському просторі. Великі вітропарки, розташовані на платформах у відкритому морі, називають офшорними вітропарками. Вони можуть бути особливо ефективними, оскільки вітер у морі часто стабільніший і сильніший, ніж на суходолі.

Сучасні технології дозволяють вітрогенераторам працювати при різних швидкостях вітру, що розширює їхні можливості застосування в різних регіонах. Також, як ви зазначили, вони можуть бути використані для створення приватних електростанцій та продажу електроенергії за "зеленим тарифом"[19].

## 2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

### 2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Теплові насоси, які забезпечують необхідну роботу системи опалення, повинні мати достатній робочий діапазон і потужність, щоб система споживала як мінімальну, так і максимальну теплову енергію.

Метою проекту є впровадження теплового насоса для потреби системи опалення, та відмову від існуючої системи теплопостачання.

Методику розрахунку наведено в [20].

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [20]:

$$P_{on} = \frac{233892,3 \cdot 24}{(20 + 2)} = 255155 \text{ Вт.}$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора [20]:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{255155 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 6,2 \text{ м}^3 = 6200 \text{ л.}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [20]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{ТН}}{q_c} \left( \frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.1)$$

Де  $P_{ТН}$  – потужність насоса [20].

$q_c$  – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м згідно [20].

$\varphi$  - коефіцієнт перетворення ТН [20].

$$L_c = \frac{255155}{50} \left( \frac{5,01-1}{5,01} \right) = 4000.m$$

Кількість зондів вибрано  $n=100$ . Отже довжина одного зонду  $L=40$  м. Місце для розміщення – територія навколо навчального закладу.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу Romstal ecoHEAT (рис.2.1) [21] .



Рисунок 2.1 – Тепловий насос Cooper & Hunter [21]

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.2 [22].

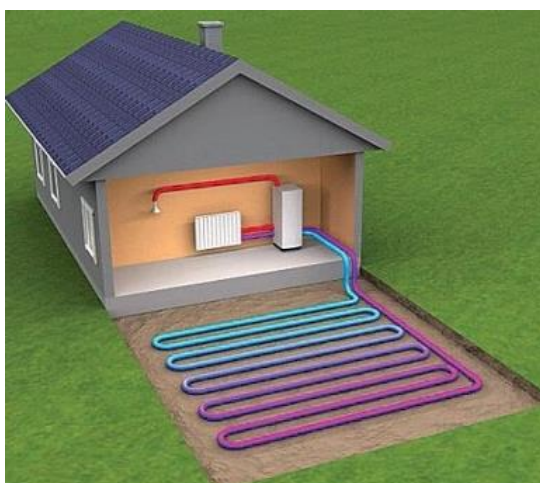


Рисунок 2.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу [22]

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусканалагоджувальні роботи, обслуговування, консультивання при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно  $K_{\text{тн}} = 710000$  грн [23].

Монтаж теплового насосу складає 35 % від його вартості [23].

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_{\text{н}} = 710000 \cdot 1,35 = 958500 \text{ грн.}$$

Для навчального закладу Юнаківського ЗЗСО I-III ступенів необхідно встановити 2 теплових насоси.

Тоді капітальні витрати складуть:  $K = 1917000$  грн.

Даний енергозберігаючий захід дасть змогу відмовитись від існуючої системи опалення, та використанні дров для обігріву приміщень. Згідно наданої інформації в 2022 році були використано  $500 \text{ м}^3$  дров.

Тоді річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 500 \cdot 1750 = 875000 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1917000}{875000} = 2,2 \text{ року.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [24].

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,</b> <b>грн</b>
0	-1917000	-1917000		1		
1	0	875000	-1042000	0,909	795455	-1121545
2	0	875000	-167000	0,826	723140	-398405
3	0	875000	708000	0,751	657400	258995
4	0	875000	1583000	0,683	597637	856632
5	0	875000	2458000	0,621	543306	1399938
6	0	875000	3333000	0,564	493915	1893853
7	0	875000	4208000	0,513	449013	2342866
8	0	875000	5083000	0,467	408194	2751060
9	0	875000	5958000	0,424	371085	3122146
10	0	875000	6833000	0,386	337350	3459496

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе  $PP = 3$  роки.

### 2.2.2 Встановлення сонячної електростанції

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення виконаємо розрахунок сонячної електростанції. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії необхідно приблизно 80 кВт/добу.

Методика розрахунку наведена в [20]

Принципова схема встановлення сонячної електростанції наведена на рисунку

### 2.3.

До складу сонячної електростанції входять:

- сонячні модулі;
- контролер;
- акумулятор;

- інвертор.

Обираємо сонячні панелі Shinefar 580 W N-TYPE (рис.2.3) [25].

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

$$W_3^{заз} = 80 \cdot 1,2 = 96 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



Рисунок 2.3 – Вигляд сонячної панелі [25]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,580 = 0,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періоду відповідно [20];

0,580 – потужність однієї панелі, кВт/год [25]

Необхідна кількість панелей згідно [20]:

$$N = \frac{W^{заз}}{W} \tag{2.2}$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{96}{0,3} = 320 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 320 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 2278x1134x35 мм [25].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [20]:

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

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

$V$  - напруга, В;

$k$  – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{96 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 140 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Обираємо 2 акумулятори LUXEON LX12-80MG - 12В - 75 А/ч [26].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи монтаж та допоміжне обладнання ( 40 % від вартості панелей) складає приблизно  $K = 2814336$  грн [25].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Враховуючи, що лампи горять 250 днів по 6 годин на добу, маємо:

$$C = 98 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 250 \text{ днів} \cdot = 24500 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 5,6 \cdot 24500 = 137200 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2814336}{137200} = 21 \text{ рік.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [24].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – 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 $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	<b>NPV, грн</b>
0	-2814336	-2814336		1		
1	0	137200	-2677136	0,909	124727	-2689609
2	0	137200	-2539936	0,826	113388	-2576220
3	0	137200	-2402736	0,751	103080	-2473140
4	0	137200	-2265536	0,683	93709	-2379430
5	0	137200	-2128336	0,621	85190	-2294240
6	0	137200	-1991136	0,564	77446	-2216794
7	0	137200	-1853936	0,513	70405	-2146389
8	0	137200	-1716736	0,467	64005	-2082384
9	0	137200	-1579536	0,424	58186	-2024198
10	0	137200	-1442336	0,386	52897	-1971301
..	..	..	..	..	..	..
30	0	137200	615664	0,092	12663	-1568966

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе більше  $PP = 30$  років.

### 2.2.3 Встановлення вітрової установки

У разі виникнення позаштатних ситуацій з експлуатацією сонячних панелей, рекомендую встановити вітрові установки для виробництва електричної енергії.

Розрахунок вітрової установки проводимо за методикою [20].

Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20%.

$$P^{заг} = 80 \cdot 1,2 = 96 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Встановимо п'ять вітрогенераторів FLAMINGO AERO WES-20 (20 кВт) з мережевим інвертором (20 кВт) (рис 2.4) [27].

Технічні характеристики даного типу вітрогенератора [27]:

Потужність: 20 кВт

Номінальна напруга: 220В (вбудований випрямляч)

Кількість лопатей: 3 шт.

Стартова швидкість: 3 м/с.

Номінальна швидкість: 10 м/с.



Рисунок 2.4 – Вітрогенератор FLAMINGO AERO WES-20 (20 кВт) з мережевим інвертором (20 кВт) [27]

Вартість п'яти вітрогенераторів, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій складає приблизно  $K = 3952450$  грн [27].

Враховуючи, що лампи горять 250 днів по 6 годин на добу, маємо:

$$C = 98 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 250 \text{ днів} \cdot 6 = 24500 \text{ кВт} \cdot \text{год} \text{ за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 5,6 \cdot 24500 = 137200 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3952450}{137200} = 29 \text{ років.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [24].

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,</b> <b>грн</b>
0	-3952450	-3952450		1		
1	0	137200	-3815250	0,909	124727	-3827723
2	0	137200	-3678050	0,826	113388	-3714334
3	0	137200	-3540850	0,751	103080	-3611254
4	0	137200	-3403650	0,683	93709	-3517544
5	0	137200	-3266450	0,621	85190	-3432354
6	0	137200	-3129250	0,564	77446	-3354908
7	0	137200	-2992050	0,513	70405	-3284503
8	0	137200	-2854850	0,467	64005	-3220498
9	0	137200	-2717650	0,424	58186	-3162312
10	0	137200	-2580450	0,386	52897	-3109415
..	..	..	..	..	..	..
30	0	137200	-522450	0,092	12663	-2707080

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе більше  $PP = 30$  років.

Терміни окупності встановлення сонячних панелей та вітрогенераторів дуже великі. Це пояснюється великими капітальними затратами на обладнання та монтаж, та малою економією коштів. Але з кожним роком тариф на електричну енергію буде зростати. Також необхідно врахувати ситуацію з обстрілами росією енергетичної сфери України. Тому встановлення даного обладнання на даний час і в майбутньому допоможе будівлі бути енергонезалежною та споживати дармову енергію Сонця та вітру.

### 2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозбережних заходів та виконано їхній розрахунковий аналіз.

Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить виконати альтернативне енергозабезпечення будівлі.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

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

Важливість безпеки праці та визначення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів є важливим аспектом в сфері енергоменеджменту та роботи на енергетичних об'єктах [28].

#### *Фізичні фактори*

Механічні впливи: Ризик травм під час роботи з обладнанням або в умовах підвищеної вібрації.

Термічні умови: Ризик перегріву або охолодження під час роботи в екстремальних температурних умовах.

#### *Хімічні фактори*

Хімічні речовини: Ризик впливу або контакту з небезпечними речовинами під час обслуговування чи ремонту обладнання.

#### *Біологічні фактори*

Мікроорганізми: Ризик інфекцій або захворювань, пов'язаних з роботою в умовах, де присутні бактерії або інші мікроорганізми.

#### *Психофізіологічні фактори*

Стрес: Ризик стресу, пов'язаного з високою відповідальністю, тиском термінів, або іншими факторами, що можуть впливати на психічний стан.

Нервово-психічні перевантаження:

Психічні навантаження: Ризик виникнення неврозів, депресії або інших психічних проблем через велике навантаження чи стрес.

Забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників в енергоменеджменті вимагає ретельного вивчення та управління цими ризиками. Це включає в себе використання безпечних технологій, навчання персоналу щодо правил та процедур безпеки, а також використання відповідного захисного обладнання. Регулярні оцінки ризиків і адекватні заходи забезпечення безпеки дозволяють забезпечити ефективну та безпечну роботу на енергетичних об'єктах.



### 3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

#### Електрична безпека

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» [29], майже всі приміщення відносяться до категорії 2 «приміщення підвищеної небезпеки», оскільки вони обладнані комп'ютерами та деякі електричними плитами.

У приміщеннях немає відкритих струмопровідних ділянок. Єдина можливість ураження електричним струмом - у разі несправності обладнання або кабелів живлення. Вся електропроводка виконана в захищених від персоналу зонах, що виключає можливість пробою ізоляції працівниками.

#### Пожежна безпека

Пожежа несе такі небезпеки: відкрите полум'я та іскри, гаряче повітря, предмети, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, обвалення, пошкодження будівель та споруд, вибухи.

Будівля обладнана первинними засобами пожежогасіння: внутрішнім протипожежним водопроводом та ручними вогнегасниками Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [30], будівля за ступенем пожежної безпеки приміщень відноситься до категорії В. Пожежні крани розташовані в коридорах, на сходових площадках та у входах. Переносні вогнегасники передбачені в пожежних щитах.

#### Мікроклімат

Мікрокліматичні умови в приміщенні, де проводяться роботи легкої категорії (Ia), є важливим фактором для комфорту та безпеки працівників. Основні показники мікроклімату включають:

##### *Температура повітря:*

Для робіт легкої категорії важливо, щоб температура повітря була в межах, які забезпечують комфорт та не спричиняють перегріву чи охолодженню працівників.

Зазвичай рекомендовані температурні межі для легких робіт становлять від 20 до 24 градусів Цельсія [11].

#### *Відносна вологість повітря:*

Важливо утримувати відносну вологість на рівні, яке не викликає дискомфорту для працівників та не спричинює збільшення втрати вологи через пот.

Зазвичай рекомендовані межі відносної вологості знаходяться в діапазоні 40-60% [10].

#### *Швидкість руху повітря:*

Забезпечення нормальної швидкості руху повітря сприяє вентиляції та зменшенню дискомфорту від тепла чи вологості.

Рекомендовані значення зазвичай знаходяться в межах 0.1-0.2 м/с для приміщень, де проводяться роботи легкої категорії [10].

Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщенні важливо для підтримання здоров'я та продуктивності працівників. Використання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря може бути необхідним для досягнення оптимальних параметрів мікроклімату. Також, регулярні вимірювання та оцінки мікроклімату можуть допомогти вчасно виявити та виправити будь-які аномалії [11].

#### Шум

Шум в приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої, може виникати внаслідок роботи вентиляторів охолодження блоків апаратури та кондиціонерів. Середньочастотний характер цього шуму може впливати на комфорт та продуктивність працівників, особливо тих, хто займається теоретичними роботами, обробкою даних або працює з обчислювальною технікою.

Для забезпечення комфортних умов праці та відповідності нормам безпеки, рівень шуму в таких приміщеннях повинен відповідати встановленим стандартам. У вказаному вами випадку рівень шуму повинен бути не більше 50 децибелів (дБА) [31].

#### Освітленість

З метою забезпечення оптимальних умов освітлення для зорової роботи в приміщенні, важливо враховувати як природне, так і штучне освітлення. Основні вимоги до освітлення визначаються стандартами і нормами, такими як ДБН В.2.5-28:2018 [32].

#### 1. Природне освітлення:

За вказівкою коефіцієнта природного освітлення ( $e_n = 1,5\%$ ), можна зробити висновок, що природне освітлення в приміщенні є достатнім для більшості зорових робіт.

Важливо забезпечити правильне розміщення вікон та використання штор чи жалюзі для регулювання яскравості світла.

#### 2. Штучне освітлення:

Згідно з нормами, освітленість робочої поверхні (IV) повинна становити 300 лк. Це значення визначає яскравість світла на поверхні, необхідну для зручного та ефективного виконання робіт.

Використання люмінесцентних ламп та ламп розжарювання може забезпечити потрібний рівень освітленості.

Загальна освітленість у приміщенні буде сумою природного та штучного освітлення. Важливо також враховувати однорідність освітлення, відсутність блисків та підтримку правильних кольорів світла для забезпечення комфортної та продуктивної робочої обстановки.

Завдання забезпечення оптимальних умов освітлення вимагає системного підходу до дизайну приміщень та вибору обладнання, що відповідає встановленим нормам та стандартам.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі Юнаківської ЗЗСО I-III ступенів за адресою с. Юнаківка, вул. вул. Новоселівка,1.

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.

Була розрахована теплова потужність будівлі, яка склала 233892,3 Вт.

Визначено клас енергетичної ефективності будівлі , яка склала «Е».

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис енергозбережних заходів та здійснено їхній фінансовий аналіз. Для підвищення енергонезалежності будівлі пропонується впровадження таких заходів:

- встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі;
- встановлення сонячної електростанції;
- встановлення вітрової установки.

Капітальні витрати на впровадження даних заходів значні. Терміни окупності великі. Однак ціни на електроенергію щорічно підвищуються. Також потрібно враховувати ситуацію, коли росія бомбардує українську енергетику. Тому встановлення цього обладнання зараз і в майбутньому зробить будівлі енергонезалежними і дозволить їм споживати безкоштовну енергію сонця і вітру.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Приступа М., Булгакова М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація. – Рівне: 2011. 48-с
2. Енергетичний менеджмент/ А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко й ін. – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.: іл.3. «Правила технічної експлуатації теплових установок та мереж» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text>
3. «Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197-07#Text>
4. 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)
5. 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>
6. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств [електронний ресурс] Режим посилання: [https://saee.gov.ua/sites/default/files/2021\\_04\\_02\\_Practical\\_Energy\\_Audit\\_Guidebook.pdf?fbclid=IwAR3aJedcPZ6mixqQtel-E2K6KP6rCRYyV9VL9ACIv5hACo9N3YXkRd1-Oas](https://saee.gov.ua/sites/default/files/2021_04_02_Practical_Energy_Audit_Guidebook.pdf?fbclid=IwAR3aJedcPZ6mixqQtel-E2K6KP6rCRYyV9VL9ACIv5hACo9N3YXkRd1-Oas)
7. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: MiniTemp MT2 фірми Raytek <https://www.indiamart.com/proddetail/raytek-mt-4-ir-thermometer-9209071355.html>
8. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: [https://tehnoshok.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900/?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuY7L-7dnLATRGilxL-mhNS41hE1tWpXGuXKNyTAf3IBoC5dcQAvD\\_BwE](https://tehnoshok.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900/?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuY7L-7dnLATRGilxL-mhNS41hE1tWpXGuXKNyTAf3IBoC5dcQAvD_BwE)
9. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-H1.

10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
11. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
12. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>
13. 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
14. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>
15. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
16. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: [https://alteco.in.ua/ua/tekhnohiiyi/shcho-take-teplovyyi-nasos-608?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFmjvJdhgFhk0lyPe44YjQFCDofrJ6NO3cv20vheITRb\\_IMtH\\_9AOqhoC4a8QAvD\\_BwE](https://alteco.in.ua/ua/tekhnohiiyi/shcho-take-teplovyyi-nasos-608?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFmjvJdhgFhk0lyPe44YjQFCDofrJ6NO3cv20vheITRb_IMtH_9AOqhoC4a8QAvD_BwE)
17. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА НАБИРАЄ ОБЕРТІВ [електронний ресурс] Режим посилання: [https://uhe.gov.ua/media\\_tsentr/novyny/vidnovlyuvana-energetika-nabirae-obertiv](https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/vidnovlyuvana-energetika-nabirae-obertiv)
18. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dimplex.org.ua/blog/teplovi-nasosy-dlya-opalennya-ta-oholodzhennya-velykyh-budynkiv-abo-komerциnyh-prymischen>
19. Енергетика [електронний ресурс] Режим посилання: [https://ecoaction.org.ua/diyalnist/energetyka?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC6LN78QH64Q2WFSCgqK40RT85jTZ0WhZAh4wO7zZZiCenekYGFmRoCU7wQAvD\\_BwE](https://ecoaction.org.ua/diyalnist/energetyka?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC6LN78QH64Q2WFSCgqK40RT85jTZ0WhZAh4wO7zZZiCenekYGFmRoCU7wQAvD_BwE)

20. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».

21. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/catalog/1129-nasosy-teplovye/>

22. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://heatidea.com.ua/ru/teplovye-nasosy-grunt-voda/>

23. Монтаж теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aquatoria.kiev.ua/uk/bloh/alternatyvna-enerhetyka/1493-montazh-teplovyykh-nasosiv-typy-voda-voda-povitria-voda-grunt-voda>

24. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с

25. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: [https://shop.solars.group/product/shinefar-585-w/?utm\\_source=Google%20Shopping&utm\\_campaign=all&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=15691&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFoq6zHXCKADkPM2IDJU9VcxDfqOGinN1dNgwbFbWZE4\\_UixUDbdc4BoCs94QAvD\\_BwE](https://shop.solars.group/product/shinefar-585-w/?utm_source=Google%20Shopping&utm_campaign=all&utm_medium=cpc&utm_term=15691&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFoq6zHXCKADkPM2IDJU9VcxDfqOGinN1dNgwbFbWZE4_UixUDbdc4BoCs94QAvD_BwE)

26. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: [https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCKQiA-rj9BRCAARIsANB\\_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw\\_wcB](https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCKQiA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB)

27. Вітрогенератор [електронний ресурс] Режим посилання: <https://energostar.kiev.ua/ua/p292328284-vetrogenerator-flamingo-aero.html>

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

29. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с

30. 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)

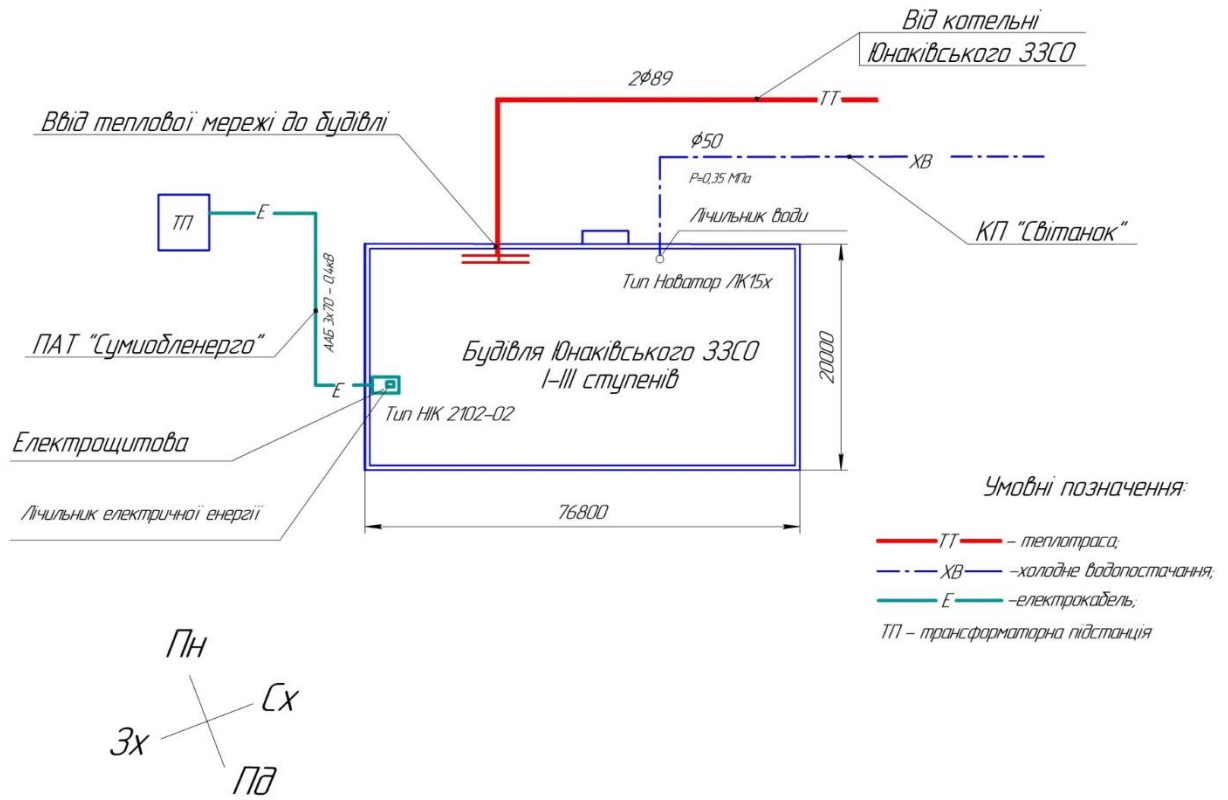
31. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс]  
Режим посилання: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>

32. 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



## ДОДАТОК Б

N15											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	<b>Вихідні дані для розрахунку</b>			<b>Розрахункові дані</b>							
2	Температура у середині приміщення	20		Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	1,92						
3	Температура в підвальному приміщенні	8		Приведений опір теплопередачі для стелі	2,45						
4	Температура зовнішнього повітря	-25		Приведений опір теплопередачі для дверей	0,56						
5	Загальна площа зовнішніх стін	3589		Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,65						
6	Загальна площа поверхня даху	1536		Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	1,45						
7	Загальна площа вікон	970,6		Втрати теплоти через стіни,Вт	84117,2						
8	Загальна площа дверей	36,5		Втрати теплоти через стелю,Вт	28212,2						
9	Загальна площа поверхні над тех. підпіллям	1536		Втрати теплоти через двері	784						
10	Допоміжний коефіцієнт	0,28		Втрати теплоти через вікна,Вт	67195,4						
11	Кількість інфільтрованого холодного повітря через	8		Втрати теплоти через підлогу,Вт	12711,7						
12	Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005		Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прориси,Вт	98325,7						
13	Внутрішній об'єм приміщення	11399		Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	127602						
14	Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3									
15	Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнь	0,85		Сумарні тепловтрати,Вт	418948						
16	Кратність повітрообміну приміщення	0,8		Теплонадходження від людей, Вт	23690						
17	Кількість людей в приміщенні	230		Теплонадходження від електроустаткування, Вт	4432,8						
18	Явні теплонадходження від людей	103		Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	23520						
19	Номинальна потужність електроустаткування	16000		Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	133413						
20	Коефіцієнт завантаження	0,85		Сумарні теплонадходження,Вт	185056						
21	ККД електроустаткування	0,9		<b>Теплова потужність будівлі,Вт</b>	<b>233892</b>						
22	Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9									
23	Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3									
24	Потужність одного джерела освітлення	100									
25	Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4									
26	Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6									
27	Кількість однотипних джерел освітлення	980									
28	Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> скління ос	250									