

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: «Енергетичне обстеження будівлі СДНЗ № 29 «Росинка» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-22 Михайленка Івана Володимировича
(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)

Іван МИХАЙЛЕНКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

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

_____ (підпис)

Суми – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри СОТНИК Микола

« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача Михайленко Іван Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Енергетичне обстеження будівлі СДНЗ № 29 «Росинка» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення

затверджена наказом по університету № від « » 2023 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 16.12.2023 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 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, 8 таблиць, 3 додатки, 28 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для підвищення енергонезалежності будівлі СДНЗ № 29 «Росинка» 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 її енергозабезпечення;
- визначення ключових сфер, де можна модернізувати системи енергозабезпечення;
- 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 СДНЗ № 29 «Росинка».

Об'єкт дослідження: будівля СДНЗ № 29 «Росинка».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РЕСУРС, ВУЗОЛ ОБЛІКУ, КЛАС ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, ВИМІРЮВАННЯ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ТРУБОПРОВІД, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, ОХОРОНА ПРАЦІ, ШУМ, ОСВІТЛЕННЯ.

***Тема роботи* – «Енергетичне обстеження будівлі СДНЗ № 29 «Росинка» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології 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	15
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	15
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	17
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	17
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	17
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	19
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	20
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	22
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	22
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	24
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	24
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	25
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	25
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	32
1.9 Висновки за розділом.....	35
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	36

2.1	Опис можливих енергозберезних заходів.....	36
2.1.1	Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	37
2.1.2	Встановлення сонячних панелей	38
2.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберезних заходів	39
2.2.1	Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	39
2.2.2	Встановлення сонячної електростанції.....	43
2.3	Висновки за розділом.....	46
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	47
3.2	Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів.....	48
	ВИСНОВКИ.....	51
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
	ДОДАТОК А	56
	ДОДАТОК Б	57
	ДОДАТОК В	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 ВВП, 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].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного аудиту є будівля СДНЗ № 29 «Росинка» СМР. Адреса будівлі: м. Суми, пр. Шевченка, 16.

Будівля введена в експлуатацію в 1995 році. Має два поверхи та неопалювальний підвал. Головний фасад зорієнтований на південь.

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 1123 м²;
- опалювальний об'єм 4800 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 5120,4 м³.

Станом на 04.12.2023 рік у закладі працює 25 працівників та перебуває 75 дітей.

Графік роботи будівлі – 5-ти денний робочий тиждень. Вихідні дні – субота та неділя.

Робочий день у будівлі розпочинається о 08⁰⁰, та закінчується о 17⁰⁰.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

При обстеженні даної будівлі було встановлено, що стіни будівлі виконані з бетону та штукатурки. Видимих дефектів не виявлено.

У будівлі встановлені двокамерні вікна в пластикових рамах. Зовнішніх дефектів заповнення світлопрозорих конструкцій не виявлено.

Підлога будівлі - залізобетонна конструкція, з бетонним шаром та плиткою. Дефектів не виявлено.

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

Зовнішні двері будівлі дерев'яні. Теплові та повітряні завіси відсутні.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система тепlopостачання

Система тепlopостачання закладу є централізованою. Надавач послуг – ТОВ «Сумитеплоенерго». Тепlopостачання відбувається від Сумської ТЕЦ. Теплова магістраль № 1 (Додаток А).

В тепловому пункті встановлений модульний блок з погодозалежним регулюванням з насосною групою (рис 1.2).

Схема теплового пункту наведена в додатку Б.

Будівля має двотрубну систему опалення з нижньою розводкою. Система опалення складається з чавунних радіаторів типу МС-140. Подаючий та зворотній трубопровід системи опалення має діаметр Ø 50 мм. Для ізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях використовується мінеральна вата.

Терморегулюючі клапани перед опалювальними приладами відсутні.



Рисунок 1.2 – Модульний блок системи опалення [3]

При обстеженні дефектів в системі опалення виявлено не було.

1.3.2 Система електропостачання

Електрична енергія до будівлі садочку подається згідно договору з ТОВ «Енера-Суми» (№379 від 21.07.2021 року). Трансформаторна підстанція знаходиться за територією закладу. Живлення здійснюється кабелем ААБ 3х70. Дефектів виявлено не було.

1.3.3 Система водопостачання

Будівля має централізовану систему водопостачання та водовідведення. Здійснюється КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 453. Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм. Тиск води на вході в будівлю $P_{XB}=0,4$ МПа.

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

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

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

Під час обстеження теплового пункту було встановлено, що на ввіді до будівлі встановлений тепловий лічильник типу SENSUS «PolluTherm – EX», (рис 1.3), термін повірки якого 20 липня 2021 р.



Рисунок 1.3 – Лічильник теплової енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності приладу	1,5
Живлення приладу	Літієва батарейка, 3.6 В.
Довжина кабеля	3 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

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 1.4), який встановлений в електрощитовій в будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника електричної енергії [5]

Параметр	Характеристика
Номінальна напруга	220 В
Клас точності	1.5
Номінальна сила струму	5,5А
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 1.5), який встановлений в підвалі будинку.



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку холодної води [6]

Технічні характеристики лічильника наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики лічильника холодної води [6]:

Параметр	Характеристика
Номінальна витрата	1.5 м ³ /час
Максимальна витрата	3.0 м ³ /час

Продовження таблиці 1.3

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

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 04.12.2023 р. тарифи на енергоносії та воду становлять з ПДВ згідно наданої інформації складають:

теплова енергія – 2540,88 грн/Гкал;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;

електрична енергія – 6,2 грн / кВт·год.

1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Під час енергетичного обстеження в будівлі СДНЗ № 29 «Росинка» використовувались прилади: пірометр, далекомір, універсальний вимірювач.

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



Рисунок 1.6 – Неконтактний пірометр МТ-4 фірми Fluke[7]

Fluke 64 MAX - це інфрачервоний пірометр, який вимірює температуру поверхні в діапазоні від -30°C до $+600^{\circ}\text{C}$. 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).



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 температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [9]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 04.11.2023 р. Температура зовнішнього повітря становила: -4°C .

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала $T_{\text{в}} = 22^{\circ}\text{C}$, 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 теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії у 2020, 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.6 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

Таблиця 1.4 – Величина споживання теплової енергії за 2020 – 2023 роки, Гкал

Місяці	2020 рік, Гкал	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал
Січень	37,1	36,9	36,7	37,7
Лютий	36,2	34,3	24,2	35,7

Продовження таблиці 1.4

Березень	26,1	25,1	14,2	25,1
Квітень	11,2	11,4	0	0
Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	22,2	21,4	20,2	25,3
Листопад	34,5	33,9	35,1	26,4
Грудень	37,5	36,8	34,1	-
Всього	204,8	199,8	164,5	-

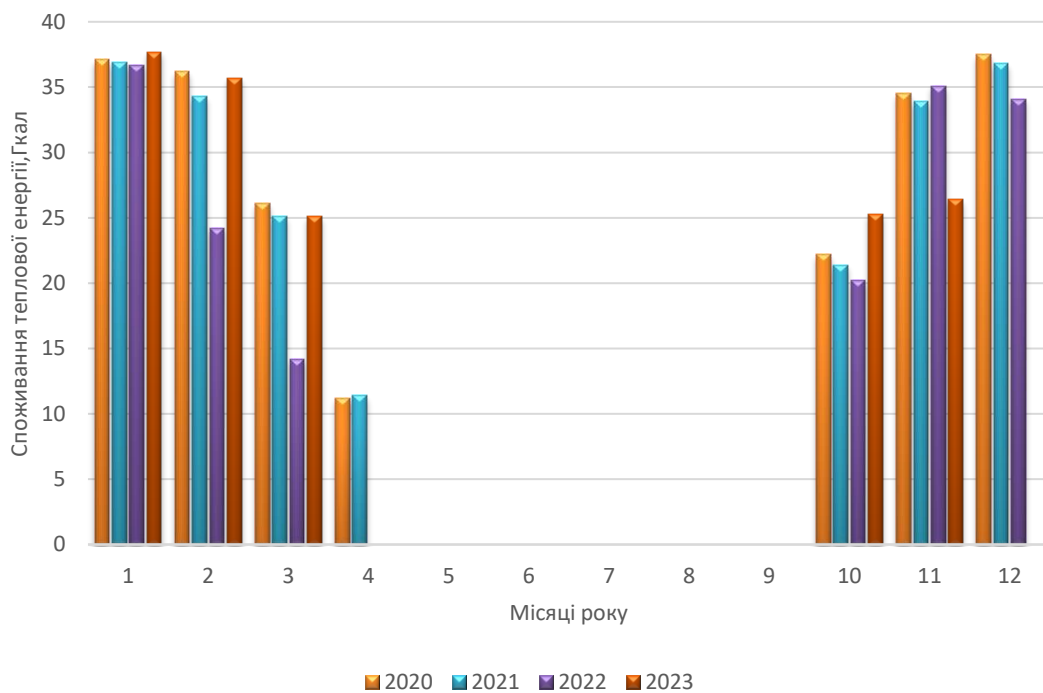


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2023 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що її споживання відбувається тільки в опалювальний період. Споживання більш-менш рівномірне. Це пояснюється контролем за споживанням та встановленими лімітами.

Найменше теплової енергії споживалось в лютому та березні місяці 2022 року. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.5 та на рисунку 1.10 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії наданих на об'єкті енергетичного обстеження.

Таблиця 1.5 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	640	635	620
Лютий	676	652	153
Березень	582	650	120
Квітень	492	521	352
Травень	468	495	342
Червень	484	500	420
Липень	416	410	325
Серпень	332	390	498
Вересень	598	610	605
Жовтень	584	625	620
Листопад	620	655	650
Грудень	640	660	655
Всього	6532	6803	5360



Рисунок 1.10 – 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.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.11 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.6 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м ³	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³
Січень	69	68	62
Лютий	61	62	5
Березень	53	51	4
Квітень	41	37	3
Травень	32	39	26
Червень	30	32	24
Липень	36	35	31
Серпень	44	43	33
Вересень	38	39	48
Жовтень	49	50	48
Листопад	55	58	49
Грудень	66	64	61
Всього	574	578	394

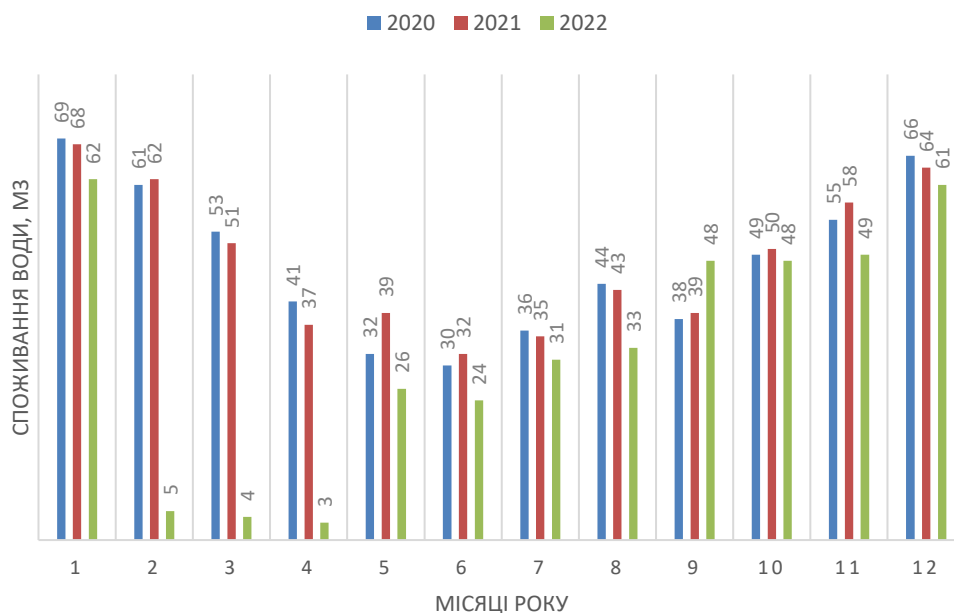


Рисунок 1.11 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

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 теплової енергії

Питома енергопотреба (EP) – показник енергетичної ефективності будівлі, що визначає кількість енергії, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях, і належить до одиниці опалюваної (кондиціонованої) площі або об'єму будівлі [11]:

$$EP_{use} = \frac{Q_H}{A_f}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де Q_H – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

A_f – опалювальний об'єм будівлі, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [11]:

$$EP_{use} \leq EP_p, \quad (1.2)$$

де EP_{use} – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_p – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель, кВт год/м³ [11].

Нормативна питома енергопотреба для будівель закладів освіти згідно [11]:

$$EP_p = [55\lambda bci + 24] \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,032 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих об'єктом енергетичного обстеження облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення будівлі за опалювальний рік становлять:

- за 2020-2021 рік – $Q_{\text{оп}} = 204,8$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{\text{оп}} = 199,8$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{\text{оп}} = 164,5$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,042$ Гкал/м³;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м³;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,034$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,039$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою, згідно [11]:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{EP_{\text{use}} - EP_p}{EP_p} \right) \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,039 - 0,032}{0,032} \right) \cdot 100\% = 20\%$$

Згідно з [11] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «D».

Такий стан усіх технічних та конструктивних елементів, що визначають енергоефективність процесів виробництва та підтримання теплового балансу в будівлі, слід вважати таким, що не відповідає сучасним вимогам енергоефективності.

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 бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2020 рік: } \frac{6532 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{75 \text{ учнів}} = 87,1 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину};$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{6803 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{75 \text{ учнів}} = 87,2 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{5360 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{75 \text{ учнів}} = 71,4 \text{ кВт}\cdot\text{год/дитину}.$$

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

1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [13]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{574000 \text{ л}}{75 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 27,3 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{578000 \text{ л}}{75 \text{ учнів}} \right) / 280 = 27,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{394000 \text{ л}}{75 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 18,7 \text{ л/добу}.$$

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 [14].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q min}$, 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:

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

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

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q min}$, 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 δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{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, $R_{\Sigma np}$, м²·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 α_6 , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м² · К);

λ_{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), м²·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]:

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

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;

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

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

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

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

де $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [14];

$t_в, t_{з,р}$ – 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

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

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

β_{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

$$\sum Q_{\partial} = \sum Q_{\partial op} + \sum Q_{\partial s} + \sum Q_{\partial подл}, \text{ Вт} \quad (1.12)$$

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14].

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°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/(м²·год);

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м².

$n_{в}$ – кількість одностипних 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]:

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [14];

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$ [14];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [14];

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

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

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

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

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

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 м^3 повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

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, $^{\circ}\text{C}$;

$V_{п}$ – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

ρ – 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 $k_V=0,85$) [13].

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

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

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

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

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

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

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 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{о.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{о.п}=0,6$) [14].

Сумарні теплонадходження

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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 1.7,1.8,1.9.

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

Таблиця 1.7 – Значення вихідних даних

№/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність, $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$
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 1.8 - Значення опору теплопередачі огорожувачих конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \min}, м^2 \cdot К/Вт$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}, м^2 \cdot К/Вт$
Зовнішня стіна	4.0	1,94
Стеля:	7.0	2,47
Вікна	0.9	0,6
Двері	0.7	0,6
Підлога	5.0	0,7

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі				
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{втр}, Вт$	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{ти}, Вт$	Величина теплової потужності $\Delta Q, Вт$	Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт
Навчальна будівля	197445,7	38889,8	158555,9	338404,8

1.9 Висновки до розділу

- 1) При обстеженні встановлено, що зовнішні огорожувальні конструкції будівлі без видимих дефектів.
- 2) Система теплопостачання в будівлі - централізована. Джерелом теплопостачання є Сумська ТЕЦ.
- 3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано КП «Міськводоканалом» СМР.
- 4) В будівлі встановлені лічильники обліку енергетичних ресурсів (теплової енергії, електричної енергії та холодної води). Лічильники на момент обстеження 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 158555,9 Вт.
- 9) Клас енергетичної ефективності будівлі – «D».

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Існують два основних типи джерел енергії: традиційні та альтернативні. Розглянемо їхні ключові відмінності [16]:

1. Традиційні джерела енергії:

- Корисні копалини: Газ, нафта, вугілля.
- Характеристика: Ці джерела базуються на використанні природних ресурсів, таких як нафта та газ, які утворюються внаслідок природних процесів, але вони є обмеженими та вичерпними.

- Проблеми: Спалювання корисних копалин призводить до викидів парникових газів, що сприяє змінам клімату. Також є ризики природних лих, таких як нафтові проливи чи шахтні аварії.

2. Альтернативні джерела енергії:

- Сонячна енергія, вітряна енергія, гідроенергетика і ін.:
- Характеристика: Ці джерела ґрунтуються на використанні природних явищ, таких як сонячне випромінювання, вітер чи водоспади. Вони є відновлюваними та в основному безпечними для навколишнього середовища.

- Переваги: Зменшення залежності від вичерпних джерел, скорочення викидів CO₂, покращення стійкості до змін клімату.

- Недоліки: Певні технологічні виклики, такі як ефективність сонячних батарей або вітрогенераторів, можуть виникати питання щодо місцевості для розміщення енергетичних установ.

Перехід до альтернативних джерел енергії стає все більш важливим у зв'язку зі зростанням свідомості щодо змін клімату та потреби забезпечення сталого розвитку [16].

2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення

Теплові насоси використовують тепло з навколишнього середовища, такого як повітря, вода чи ґрунт, і перетворюють його на внутрішню теплову енергію для опалення або гарячого водопостачання. Вони можуть виробляти багато більше теплової енергії, ніж електроенергії, яку вони споживають, що робить їх ефективними [16].

Теплові насоси забезпечують автоматичне опалення та кондиціонування, а також гаряче водопостачання. Сучасні системи мають різноманітні режими, які можна програмувати для оптимального комфорту [16].

Однією з ключових переваг теплових насосів є те, що вони використовують відновлювані джерела енергії, такі як тепло землі, повітря чи води. Це дозволяє зменшити залежність від традиційних, вичерпних джерел енергії.

Зменшення викидів парникових газів порівняно з традиційними системами опалення, такими як газові чи нафтові котли, допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище [16].

Хоча вартість теплових насосів може бути високою на початку, їхня ефективність і низькі експлуатаційні витрати допомагають вони зазвичай окупаються протягом декількох років [16].

Індивідуальний підбір та компетентний проект дозволяють максимально використовувати переваги теплових насосів у конкретному будинку чи будівлі.

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% [17] 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 [17].

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 [17].

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 [17].

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 [17].

2.1.2 Встановлення сонячних панелей

Використання сонячних електростанцій у комерційних приміщеннях, таких як офіси та бізнес-центри, стає все більш поширеним та ефективним рішенням для забезпечення електроенергією.

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 [17].

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 [17].

Застосування відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших негативних впливів на довкілля, сприяючи сталому розвитку [17].

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 [18].

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 [18].

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі

Для опалення будівлі вибираємо тепловий насос АІК МАХІ 200 [19] (рис 2.1). Це тепловий насос, який оснащений циркуляційними насосами з автоматичним регулюванням потужності та автоматикою [19].

Основні характеристики теплового насосу типу [19]:

- потужність – 200 кВт [19];
 - резервування – вбудований, ступінчастий;
 - температура подачі теплоносія – до 60⁰С [19];
 - температура зворотнього теплоносія – 50⁰С;
 - циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
 - основні розміри: висота – 1650 мм; ширина – 500 мм; глибина – 500 мм; вага – 170 кг [19].
- дисплей – цвітний.
 - оновлення програми – через USB.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд теплового насосу типу AIK MAXI 200 [19]

Тепловий насос поєднуються з погодним або кімнатним регулюванням опалення. Погодний контроль дозволяє системі опалення швидко реагувати на зміни погодних умов.

Існує також можливість регулювання опалення по днях тижня, і за часом. Наприклад: зменшення температури вночі, або у вихідний день (зменшення температури в будівлі на 1⁰С зменшує витрати опалення на 12%) .

Вартість теплового насосу та робота, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 1556950$ грн [19].

Даний проект спрямований на відмову від централізованої системи теплопостачання та встановлення альтернативного енергозабезпечення.

Тариф за споживання теплової енергії становить 2540,88 грн/Гкал.

Тоді споживання теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті за 2021 рік складає:

$$E_{опал} = 2540,88 \cdot 199,8 = 507667,8 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу $\Delta Q = 158555,9$ кВт.

- циркуляційні насоси споживають $W_{ц.н.}=1260$ кВт·год за рік.
- COP теплового насосу – 4,5.

Визначимо споживання електричної енергії тепловим насосом за формулою:

$$COP = \frac{\Delta Q}{W_{Т.Н.}}, \quad (2.1)$$

де ΔQ – тепла енергія яку виробив насос;

$W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом.

Тоді:

$$W_{Т.Н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{158555,9}{4,5} = 35234,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарне споживання електричної енергії:

$$W = W_{Т.Н.} + W_{ц.н.}, \quad (2.2)$$

де $W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом;

$W_{ц.н.}$ – споживання електричної енергії циркуляційними насосами.

$$W = 35234,6 + 1260 = 36494,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{елект} = 36494,6 \cdot 6,2 = 226266,8 \text{ грн}.$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 507667,8 - 226266,8 = 281401 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1556950}{281401} = 5,5 \text{ років.}$$

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [20].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – 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.	NPV, грн
0	-1556950	-1556950		1		
1	0	281401	-1275549	0,909	255819	-1301131
2	0	281401	-994148	0,826	232563	-1068568
3	0	281401	-712747	0,751	211421	-857147
4	0	281401	-431346	0,683	192201	-664947
5	0	281401	-149945	0,621	174728	-490219
6	0	281401	131456	0,564	158844	-331375
7	0	281401	412857	0,513	144403	-186972
8	0	281401	694258	0,467	131276	-55696
9	0	281401	975659	0,424	119341	63645
10	0	281401	1257060	0,386	108492	172137

Дисконтований термін окупності згідно [20]:

$$PP = 8 + \frac{119341 - 55696}{63645} = 9 \text{ років}$$

2.2.2 Встановлення сонячної електростанції

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення та роботи насосної групи теплового насосу виконаємо розрахунок сонячної електростанції. Для забезпечення необхідною кількістю електричної енергії необхідно приблизно 60 кВт/добу (20 кВт – циркуляційний насос. 40 кВт – система освітлення)

Методика розрахунку наведена в [21]

До складу сонячної електростанції входять:

- сонячні батареї;
- контролери;
- акумулятори;
- інвертори.
- монтажні кріплення.

Обираємо сонячні панелі Shinefar 580 W N-TYPE (рис.2.2) [22].

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

$$W_3^{заг} = 60 \cdot 1,2 = 72 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



Рисунок 2.2 – Вигляд сонячної панелі [22]

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 [21];

0,580 – потужність однієї панелі, кВт/год [22]

Необхідна кількість панелей згідно [20]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.3)$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{72}{0,3} = 240 \text{ панелей}.$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 240 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 2278x1134x35 мм [22].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [20]:

$$Q = \frac{Q_3^н \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.4)$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{72 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 103 \text{ А} \cdot \text{год}.$$

Обираємо 2 акумулятори LUXEON LX12-80MG - 12В - 75 А/ч [23].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи монтаж та допоміжне обладнання (40 % від вартості панелей) складає приблизно $K = 1910376$ грн [25].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Враховуючи, що насоси і основне освітлення використовується в опалювальний період маємо:

$$C = 60 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 187 \text{ днів} \cdot = 10800 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 10800 = 66960 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{1910376}{66960} = 29 \text{ років.}$$

Початкові витрати на встановлення сонячних панелей значні. Проте це важливо розглядати як інвестицію у довгострокову енергетичну незалежність. З врахуванням зростання вартості електроенергії та стимулювання владою використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), встановлення таких систем стає більш вигідним. У контексті геополітичних подій і енергетичної безпеки, енергонезалежність може стати важливим стратегічним аспектом. Сонячні панелі надають можливість генерувати власну електроенергію, незалежно від централізованих енергетичних систем.

Важливо також враховувати екологічні переваги відновлюваних джерел енергії, таких як зменшення викидів парникових газів і інші від'ємні впливи на довкілля.

Кожна ситуація унікальна, і важливо провести детальний аналіз враховуючи всі аспекти перед прийняттям рішення.

2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозберіжних 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 [24].

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» [25], 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» [26], 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 (Іа), 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 [10].

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 [10].

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) [27].

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 [28].

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 [28].

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 [28].

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі СДНЗ № 29 « Росинка» за адресою м. Суми, пр. Шевченка,16.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було проведено візуальне обстеження зовнішніх конструкцій будівлі, вивчено технічні характеристики будівлі та здійснено аналіз використання енергоносіїв.

Виконано опис вузлів обліку енергетичних ресурсів, які на даний час встановлені в будівлі. Наведено характеристики 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 158555,9 Вт.

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

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.

Капітальні витрати на впровадження даних заходів значні. Проте це важливо розглядати як інвестицію у довгострокову енергетичну незалежність. З врахуванням зростання вартості електроенергії та стимулювання владою використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), встановлення таких систем стає більш вигідним. У контексті геополітичних подій і енергетичної безпеки, енергонезалежність може стати важливим стратегічним аспектом. Сонячні панелі

надають можливість генерувати власну електроенергію, незалежно від централізованих енергетичних систем.

У розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ» 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. Модульний блок системи опалення [електронний ресурс] Режим посилання: https://opeks.ua/ua/individualnij-teplovij-punkt-sistemi-opalennya-zazalezhnoyu-sxemoju-pidklyuchennya/?utm_source=google&utm_content=&utm_term=&utm_medium=cpc&utm_campaign=SPM_1&gclid=Cj0KCQiA67CrBhC1ARIsACKAa8Rf055GBT8P37KWzxfj4wVccCZoZT98VzGyMXrT5pZMAIaN6ZjuZsaApZiEALw_wcB#gallery-1

4. Лічильник обліку теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ktek.com.ua/ua/p507071259-ultrazvukovoj-teploschetchik-sensus.html>

5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwvpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyhgEI66rjo5Oe7-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: 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

9. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-H1 [електронний ресурс] Режим посилання: <https://chemtest.com.ua/termogigrometr-professionalnyj-testo-635-1>

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: Україна Сумська Міська Рада Виконавчий комітет РІШЕННЯ Від «20.04.99 №172» м. Суми «Про затвердження норм водопостачання для споживачів». Суми – 7 с.

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. Альтернативні джерела енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://soncedim.com.ua/blog/alternativni-dzherela-energiyi>

17. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dimplex.org.ua/blog/teplovi-nasosy-dlya-opalennya-ta-oholodzhennya-velykyh-budynkiv-abo-kommerciinyh-prymischen>

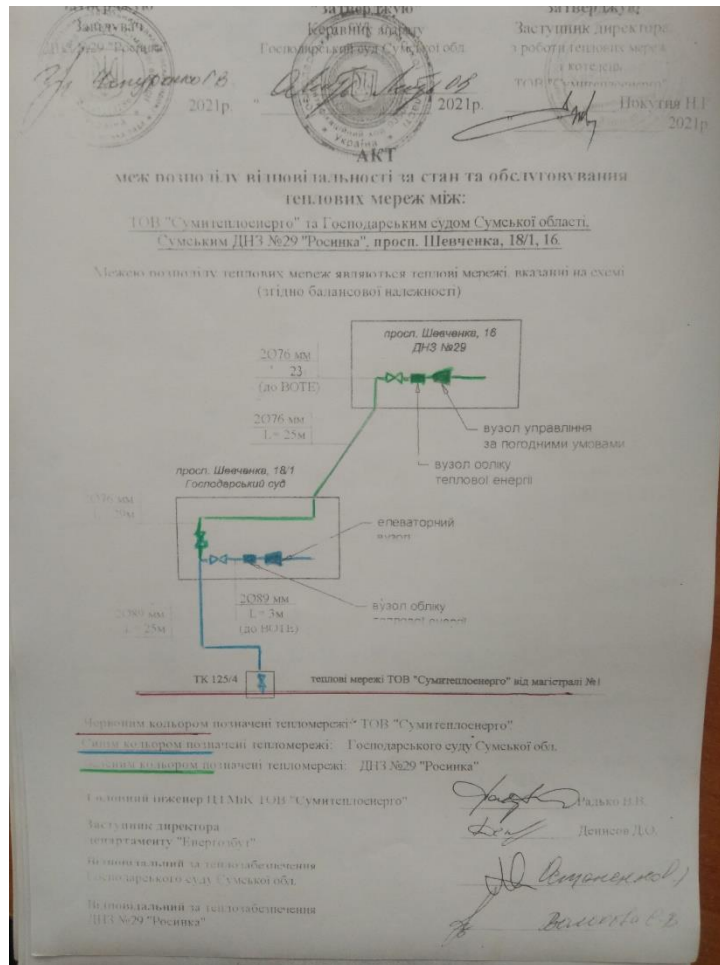
18. Енергетика [електронний ресурс] Режим посилання: https://ecoaction.org.ua/diyalnist/energetyka?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC6LN78QH64Q2WFSCgqK40RT85jTZ0WhZAh4wO7zZZiCenekYGFmRoCU7wQAvD_BwE

19. Тепловий насос [електронний ресурс] <https://aik.com.ua/geotermalnye-teplovye-nasosy/>
20. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с
21. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».
22. 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
23. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCKQIA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB
24. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv
25. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с
26. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541
27. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>

28. 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

Схема теплопостачання будівлі СДНЗ № 29 «Росинка»



ДОДАТОК В

Розрахунок теплової потужності

	A	B	C	D	E	F
4	Температура зовнішнього повітря	-25		Приведений опір теплопередачі для дверей	0,6	
5	Загальна площа зовнішніх стін	367,5		Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,6	
6	Загальна площа поверхні даху	1150		Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,7	
7	Загальна площа вікон	200		Втрати теплоти через стіни,Вт	8524,485	
8	Загальна площа дверей	7,5		Втрати теплоти через стелю,Вт	20951,42	
9	Загальна площа покриття над тех. підпіллям	250		Втрати теплоти через двері	784	
10	Допоміжний коефіцієнт	0,28		Втрати теплоти через вікна,Вт	15000	
11	Кількість інфільтрованого холодного повітря через не	8		Втрати теплоти через підлогу,Вт	2857,143	
12	Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005		Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	20260,8	
13	Внутрішній об'єм приміщення	11530		Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	129067,9	
14	Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3				
15	Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього	0,85		Сумарні тепловтрати,Вт	197445,7	
16	Кратність повітрообміну приміщення	0,8		Теплонадходження від людей, Вт	10300	
17	Кількість людей в приміщенні	100		Теплонадходження від електроустаткування, Вт	4709,85	
18	Явні теплонадходження від людей	103		Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	2880	
19	Номинальна потужність електроустаткування	17000		Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	21000	
20	Коефіцієнт завантаження	0,85		Сумарні теплонадходження,Вт	38889,85	
21	ККД електроустаткування	0,9		Теплова потужність будівлі,Вт	158555,9	
22	Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9				
23	Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3				
24	Потужність одного джерела освітлення	60				
25	Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4				