

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 КУ «Сумська дитяча художня школа ім. М.Г. Лисенка» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення».

Здобувача групи ЕМ.м-31 Калюжа Артем Олександрович
(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)

Артем КАЛЮЖА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доц. к.т.н. Сергій АНТОНЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 21.10.2024 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 56 сторінок, 13 рисунків, 14 таблиць, 1 додаток, 24 літературних джерела.

Метою роботи є розробка заходів для альтернативного енергозабезпечення будівлі КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка».

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану будівлі та систем 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 енергозабезпечення будівлі КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка».

Об'єкт дослідження: будівля КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОРЕСУРС, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Тема роботи – «Енергетичне обстеження будівлі КУ «Сумська дитяча художня школа ім. М.Г. Лисенка» 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 тепlopостачання	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	12
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 для проведення вимірювань.....	16
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	17
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	18
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	18
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	20
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	21
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	23
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	23
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	25
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	25
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	26
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	26
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	33
1.9 Висновки за розділом.....	36
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	37

2.1	Опис можливих енергозберезних заходів.....	37
2.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозберезних заходів.....	39
2.2.1	Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	39
2.2.2	Встановлення сонячних панелей	42
2.2.3	Встановлення теплового насоса для опалення будівлі.....	43
2.3	Висновки за розділом.....	46
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	48
3.2	Розрахунок аварійного освітлення.....	50
	ВИСНОВКИ.....	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
	ДОДАТОК А	56

ВСТУП

Енергоефективністю будівлі називають властивість, що характеризує кількість енергії, яка знадобиться для створення комфортних умов для роботи або проживання в неї. Клас енергоефективності присвоюється на підставі проведеного заходу, який називають енергоаудит будівель і споруд [1].

Енергетичне обстеження виконується за правилами, які розроблені з урахуванням вимог європейського законодавства, актів Енергетичного Співтовариства та інших документів. Обстеження будівлі на предмет тепловтрат проводиться з урахуванням таких даних [1]:

- кліматичних особливостей місцевості;
- цільового призначення споруди та її конструкція;
- енергохарактеристик і енергобалансу будівлі;
- терміну служби комунікацій і елементів конструкцій;
- використання альтернативних енергоджерел і захисту від сонця.

Електроенергетика України є базовим сектором державної економіки та фактично однією з найстарших [2]. Генерацію електричного ресурсу побудовано на атомній енергетиці, процесах спалення мазута та вугілля, біологічного палива та природного газу. Крім того, в Україні вже зараз використовують відновлювальні джерела, такі як сонячна енергія, вітряки та водні станції. Сектор є пріоритетним для держави, та формує значну частку національної економіки [2].

Держава володіє потужною базою в енергетичній сфері, яка була створена ще в радянський період. При цьому, головними споживачами були представники промислового сектору. З часів незалежності, українська енергетика зазнала суттєвих трансформацій – модернізовано технологічні процеси, обладнання, покращено бізнес-процеси на підприємствах, проведено багато реформ зі змінами законодавства та інших нормативних актів [2].

16 березня 2023 року, реалізовано об'єднання з енергетичною системою ЄС ENTSO-E. Фактично, військові дії прискорили процедуру енергетичної інтеграції,

розпочату ще в 2005 році. Проведення реструктуризації електроенергетичного сектора стало однією з найскладніших та наймасштабніших реформ в Україні [2].

Україна водить в Європейське Енергетичне співтовариство, та ратифікувала Угоду про асоціацію з ЄС, яка включає зобов'язання з підвищення енергоефективності, скорочення викидів парникових газів та інших речовин, а також розвиток енергетики відновлюваного типу. Тому перспективою розвитку галузі є перехід до відновлюваних ресурсів, та забезпечення раціональності використання енергії [2].

Об'єктом енергетичного аудиту є будівля КУ «Сумська дитяча художня школа ім. М.Г. Лисенка» , що знаходиться за адресою вул. вул. Псільська, 7.

Призначенням даного енергетичного аудиту: оцінка рівня ефективності та реального стану систем постачання енергоресурсів в будівлі школи з метою скорочення їх втрат .

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Енергоаудит проводився в будівлі КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка».

Адреса закладу: м. Суми, вул. Псільська, 7.

Будівля побудована в 1986 році. Об'єкт енергоаудиту являє собою одноповерхову будівлю, яка має площу забудови 489,5 м². 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 будівлі 460 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 1380 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 1602,5 м³.

Кількість працівників (відвідувачів) об'єкту – змінна та знаходиться у межах близько 40 осіб залежно від навчального навантаження.

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

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17³⁰.

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

При енергоаудиті досліджуваного об'єкту було встановлено, що будівля має залізобетонний фундамент, цоколь обмурований декоративним обрамленням. Стіни - звичайна цегляна кладка на цементно-піщаному розчині, оштукатурена зсередини. Плити перекриття залізобетонні.

Підлога складаються з шарів керамзитового утеплювача, цементної стяжки та плитки. Стеля виконана із залізобетону, керамзиту та шиферу.

Вікна та двері в будівлі металопластикові.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

При енергоаудиті систем опалення, електропостачання, водопостачання, вентиляції було встановлено, що системи знаходяться в технічно справному стані. Видимих дефектів та несправностей виявлено не було.

1.3.1 Система тепlopостачання

Будівля має централізовану систему тепlopостачання. Договір на поставку тепла укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Номер договору – 2547Т.

Теплоносій в системі опалення – технічно підготовлена вода. Система опалення - двотрубна вертикальна з верхнім розподілом теплоносія.

У тепловому пункті, в якості вузла керування, встановлений погодозалежний індивідуальний тепловий пункт (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Погодозалежний ІТП школи

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) - це автоматизована модульна установка, що передає теплову енергію від зовнішніх теплових мереж (котельні) до системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції або технологічних процесів житлових та промислових будівель [3].

Встановлення ІТП на ввіді теплоносія надає можливість індивідуально регулювати подачу тепла в кожній конкретній будівлі та керувати інтенсивністю подачі тепла залежно від погодних умов [3].

Опалювальні прилади в будівлі – біметалеві радіатори. Перед опалювальними приладами встановлені терморегулювальні клапани.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 713. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-306, що знаходиться за територією навчального закладу. Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано Державним комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 530.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони вул. Троїцька. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{\text{хв}}=0,2$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Трубопроводи холодної води по будівлі виконані з поліпропілену Ø 20 мм. В санвузлах встановлено нові змішувачі з насадками.

Основними споживачами води є викладачі та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Будівля провітрюється природним чином. 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 «QALCOSONIC HEAT 1», (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	2
Батарейне живлення	3,6 В
Кліматичний клас експлуатації	С
Тип встановлення	Горизонтальний
Температура вимірювання	0 – 150 °С

Під час обстеження системи електропостачання будівлі було встановлено, що облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридіа н СОЄ-1.02/2 електронний (рис. 1.4), термін повірки якого 14 липня 2021 р.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника «Меридіан» СОЄ-1.02/2Т [5]

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

Для обліку холодної води використовується лічильник «Новатор» (рис.1.5).

Лічильник встановлений в підвалі будівлі. Доступ не обмежений. Періодично відбувається обслуговування водолічильника представниками КП «Міськводоканал» СМР.



Рисунок 1.5 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Умовний прохід	15 мм
Номінальна витрата	1,6 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний/вертикальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 19.10.2024 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 4101,43 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 використовувались наступні прилади: пірометр, далекомір, універсальний вимірювач.

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



Рисунок 1.6 – Неконтактний пірометр [7]

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

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



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 10.11.2024 р. Температура зовнішнього повітря на момент обстеження складала: -4°C .

Вимірювані параметри в будівлі склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала $T_{в} = 22^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [10].

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 60^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 43^{\circ}\text{C}$ (згідно показань вузла обліку теплової енергії).

3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил [10].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Фактичне енергоспоживання будівлі включає в себе цілий ряд інформації про річне споживання тепла, електроенергії та води в досліджуваній будівлі.

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії у 2021, 2022, 2023 та 2024 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.9 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

Таблиця 1.4 – Величина споживання теплової енергії за 2021 – 2024 роки, Гкал

Місяці	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал	2024 рік, Гкал
Січень	14,5	15,3	14,8	14,6
Лютий	10,6	11,3	10,7	9,4
Березень	6,4	1,2	7,2	6,8
Квітень	3,9	-	2,5	2,4

Продовження таблиці 1.4

Травень	-	-	-	-
Червень	-	-	-	-
Липень	-	-	-	-
Серпень	-	-	-	-
Вересень	-	-	-	-
Жовтень	2,8	4,2	4,9	-
Листопад	11,3	12,3	11,4	-
Грудень	14,8	13,1	15,1	-
Всього	64,3	57,4	66,6	-

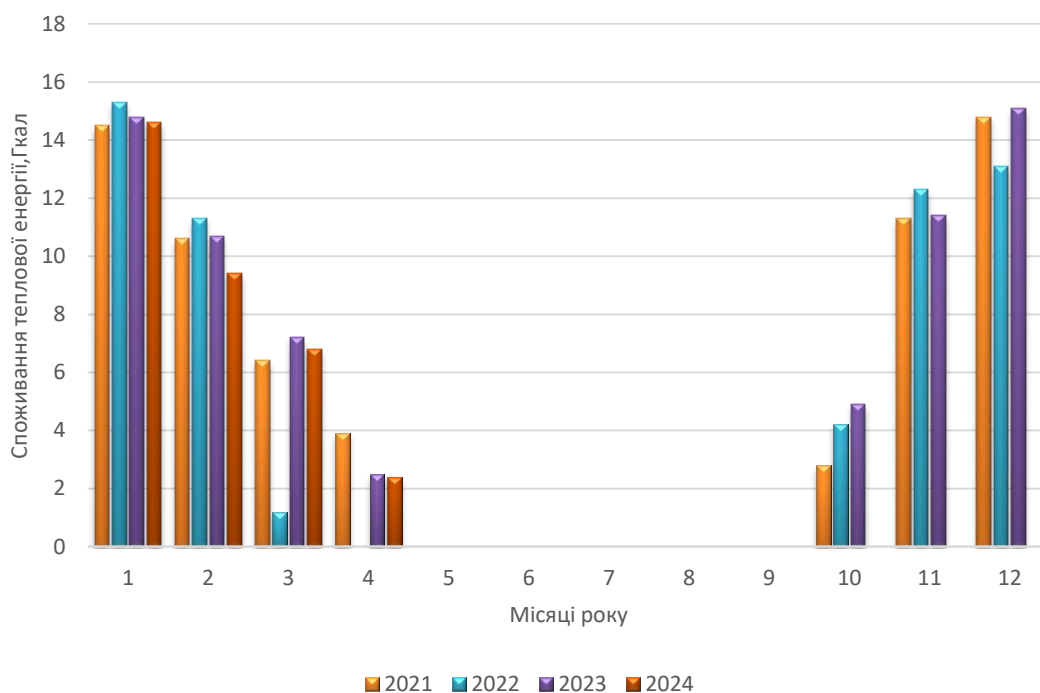


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання теплової енергії за 2021-2024 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що її споживання відбувається тільки в опалювальний період. Споживання минулі опалювальні періоди 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. Заклад не працював.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.5 та на рисунку 1.10 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.5 – Величина споживання електричної енергії за 2021 – 2023 роки

Місяці	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год	2023 рік, кВт·год
Січень	1352	1265	1304
Лютий	1054	996	967
Березень	984	126	922
Квітень	859	289	863
Травень	840	452	842
Червень	756	687	751
Липень	650	632	639
Серпень	753	774	732
Вересень	893	893	965
Жовтень	986	997	993
Листопад	995	1036	1049
Грудень	1225	1195	1184
Всього	11347	9342	11211

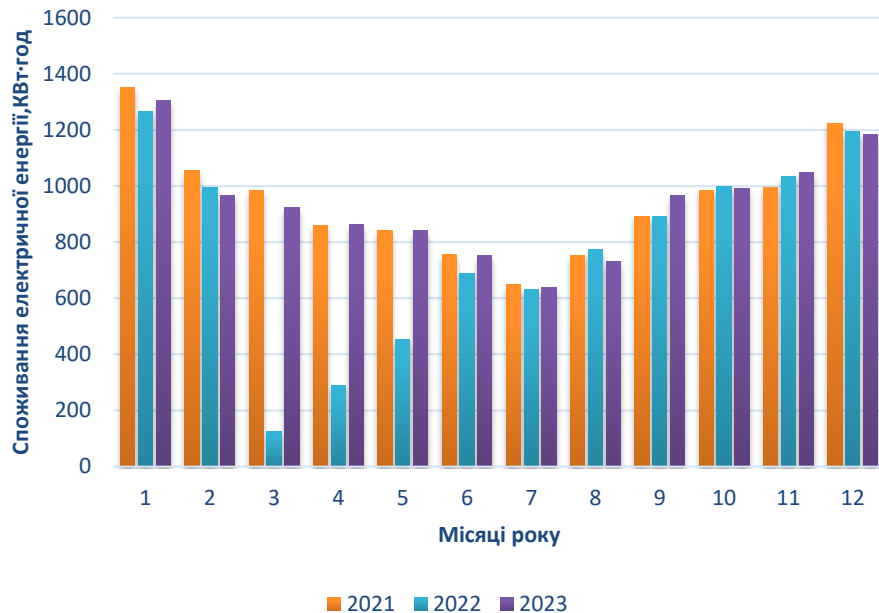


Рисунок 1.10 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що зростання рівня споживання електричної енергії відбувається в осінньо-зимовий час. Світловий день менший, тому додатково використовується система освітлення.

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році, зокрема в лютому-березні та квітні місяці. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Заклад працював в дистанційному режимі.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.6 та на рисунку 1.11 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.6 – Споживання холодної води за 2021-2023 роки

Місяці	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³	2023 рік, м ³
Січень	34	33	31

Продовження таблиці 1.6

Лютий	27	24	30
Березень	26	2	27
Квітень	22	2	20
Травень	20	9	24
Червень	21	14	23
Липень	23	17	22
Серпень	26	19	25
Вересень	28	26	27
Жовтень	32	29	30
Листопад	33	30	31
Грудень	32	31	32
Всього	324	236	322

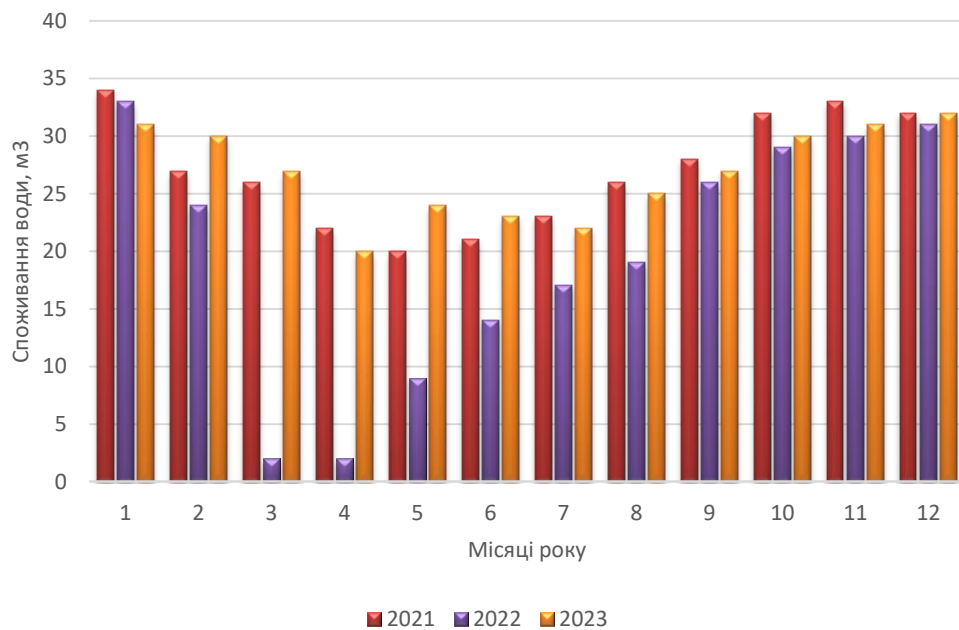


Рисунок 1.11 - Діаграма споживання води за 2021-2023 роки

Як видно з діаграми, найменше води споживалося в 2022 році. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Будівля була зачинена.

В 2021 та 2023 році споживання майже не змінюється. Це пов'язано з контролем за водопостачанням та встановленими лімітами.

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 – опалювальна площа будівлі, м².

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 – $Q_{оп} = 64,3$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 57,4$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 66,6$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,046$ Гкал/м³;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,039$ Гкал/м³;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,048$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,044$ Гкал/м³.

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

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

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,044 - 0,032}{0,032} \right) \cdot 100\% = 28\%$$

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

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 навчальних закладів складає 37 кВт·год/м² корисної площі.

$$\text{- 2021 рік: } \frac{11347 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{460 \text{ м}^2} = 24,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{9342 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{460 \text{ м}^2} = 20,3 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{11211 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{460 \text{ м}^2} = 24,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Як бачимо дійсні витрати не перевищують нормовані. Це є гарним 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 – 40 л/добу.

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{324000 \text{ л}}{40 \text{ людей}} \right) / 365 \text{ днів} = 22,2 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{236000 \text{ л}}{40 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 16,2 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2023 рік } \left(\frac{322000 \text{ л}}{40 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 22,1 \text{ л/добу}.$$

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

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

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

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних 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 огорожувальних 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 огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

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

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

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

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

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]:

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

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;

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

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

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

де $F_{оэп}$ – 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 [14].

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

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

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

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

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

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\sum Q_d = \sum Q_{op}^d + \sum Q_g^d + \sum Q_{ndl}^d, \text{ Вт} \quad (1.12)$$

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

$\sum Q_g^d$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

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

$t_g, t_{з.р}$ - 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_g – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням [14]:

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

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 $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$) [14]:

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

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

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

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

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

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

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$;

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

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

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

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

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

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

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$ [14];

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

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

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

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ (за умовою завдання);
 k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_V=0,85$) [14].

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей [14]:

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

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;
 n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування [14]:

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

де N_{el} – номінальна потужність електроустаткування, Вт;
 k_{II} – коефіцієнт завантаження;
 η – ККД електроустаткування;
 k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;
 k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення [14]:

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

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;
 $k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;
 k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

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

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 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 [14]:

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі [14]:

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

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

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

Вихідні дані та результати розрахунку наведені в таблицях 1.7,1.8,1.9.

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [15] (Додаток А).

Таблиця 1.7 – Значення вихідних даних

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Теплопровідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної + цементно-піщаний розчин	0,55	0,81
2	Дах	Залізобетонна плита	0,200	2,04
		Керамзит	0,15	0,12
		Шифер	0,01	0,17
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–
4	Двері	Металопластикові	-	-
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81
		Керамічна плитка	0,007	1,1

Таблиця 1.8 - Значення опору теплопередачі огорожувачих конструкцій

Назва 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	0.74
Стеля:	7.0	1,61
Вікна	0.9	0,75
Двері	0.7	0,75
Підлога	5.0	0,52

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі				
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{\text{втр}}$, Вт	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{\text{ти}}$, Вт	Величина теплової потужності ΔQ , Вт	Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт
Приміщення школи	63093,89	10577,41	52516,48	112085,57

1.9 Висновки до розділу

- Огороджувальні конструкції будівлі без видимих дефектів.
- Будівля школи централізовано забезпечується тепловою енергією для опалення, холодною водою та водовідведенням.
- На об'єкті ведеться облік споживання енергоресурсів. Здійснено опис вузлів обліку енергетичних ресурсів та їхні технічні характеристики.
- Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.
- Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 52516,48 Вт.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

За результатами енергетичного обстеження будівлі можна зробити висновок що найбільші втрати експлуатації обстежуваного об'єкту припадають на споживання теплової енергії. Енергетична ефективність будівлі з позиції збереження теплової енергії є низькою.

Зростання тарифів на енергоресурси робить тему енергозбереження особливо актуальною для бюджетних установ, таких як школи, лікарні, адміністративні будівлі тощо. Ці установи часто мають великі площі та значне енергоспоживання, що призводить до значних витрат на опалення, електроенергію та водопостачання. Важливим завданням стає оптимізація енергоспоживання для зменшення фінансового навантаження на бюджет. Нижче наведено основні заходи, які можуть сприяти економії енергоресурсів.

1) Теплоізоляція будівлі.

Зовнішні огорожуючі конструкції будівлі школи мають низький опір теплопередачі. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій здатне значно скоротити тепловтрати загалом у навчальному закладі, і відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожитої теплової енергії. При цьому фасад будівлі буде мати гарний та естетичний вигляд.

2) Встановлення систем акумулювання енергії.

важливим компонентом енергетичної інфраструктури, особливо на об'єктах відновлюваної енергетики (сонячні, вітрові станції), де генерація електроенергії залежить від погодних умов і може бути нерівномірною. Такі системи дозволяють накопичувати надлишкову електроенергію в періоди її надлишку і використовувати її тоді, коли виникає потреба – під час погодинних або аварійних відключень.

3) Встановлення сонячних модулів.

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

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

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

Використання відновлюваної енергії зменшує викиди CO₂ та інші забруднення.

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

4) Встановлення теплового насоса.

Встановлення теплового насоса для системи опалення є одним із найбільш енергоефективних і екологічних рішень для забезпечення тепла в будівлі. Тепловий насос використовує енергію з навколишнього середовища – з повітря, води або ґрунту – для опалення будівлі та, у деяких випадках, для охолодження або гарячого водопостачання.

Початкові інвестиції можуть бути значними, довгострокові переваги у вигляді економії на опаленні та тривалий термін служби роблять теплові насоси вигідним вибором для житлових та комерційних будівель.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Утеплення зовнішніх стін будівлі

В якості теплоізолюючого матеріалу для утеплення зовнішніх стін будівлі пропоную використати мінераловатні плити. Мінеральна вата має багато переваг, що роблять її привабливим вибором для даного застосування [13].

Мінеральна вата ефективно знижує тепловтрати, що дозволяє зберігати стабільну температуру всередині будівлі і зменшувати витрати на опалення і кондиціонування. Вона є негорючим матеріалом, що забезпечує додатковий рівень безпеки в разі пожежі. Витримує високі температури і не сприяє поширенню вогню. Мінеральна вата проста при монтажу, та має великий термін служби.

Необхідну товщину теплоізоляційного шару визначаємо за загальною формулою [14]:

$$\delta_{\text{ут.оз.к}} = (R_{q\text{min}} - R_{\sum \text{IPcm}}) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (2.1)$$

де $\lambda_{\text{ут}} = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопровідність ізолюючого матеріалу [16].

$R_{q\text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі стін, що становить $4.0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [11].

$$\delta_{\text{ут.см}} = (4.0 - 0,74) \cdot 0,04 = 0,13 \text{ м.}$$

Отже, товщина ізоляції має складати 130 мм.

Розрахуємо втрати через стіни після ізоляції по загальній формулі [14]:

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

$$Q_{cm}^{iz} = \frac{382,6}{4,0} \cdot (20 + 25) = 4304,3 \text{ Вт}.$$

Різницю між втратами тепла через не утеплені стіни і утеплені знайдемо по формулі [14]:

$$\Delta Q_{ог.к} = Q_{ог.к} - Q_{ог.к}^{iz} \quad (2.3)$$

$$\Delta Q_{cm} = 22266,2 - 4304,3 = 18961,9 \text{ Вт}.$$

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

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

$$Q_{cm}^{pik} = 18,96 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 40466,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 34,8 \text{ Гкал}.$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 34,8 \cdot 4101,43 = 142729,8 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «ДахЦентр» вартість 1 м² плити мінераловатної товщиною 130 мм складає 210 грн [14]. Вартість робіт включаючи матеріали по встановленню плит складає 550 грн/м² [18]. Тоді вартість впровадження заходу знаходимо по формулі:

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

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

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

$$K = 382,6 \cdot (210 + 550) = 290776 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності [14]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} \quad (3.6)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{290776}{142729,6} = 2,1 \text{ року.}$$

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

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-290776	-290776		1		
1	0	142729,6	-148046,4	0,909	129754	-161022
2	0	142729,6	-5316,8	0,826	117958	-43063
3	0	142729,6	137412,8	0,751	107235	64171
4	0	142729,6	280142,4	0,683	97486	161658
5	0	142729,6	422872	0,621	88624	250281
6	0	142729,6	565601,6	0,564	80567	330849
7	0	142729,6	708331,2	0,513	73243	404091
8	0	142729,6	851060,8	0,467	66584	470676
9	0	142729,6	993790,4	0,424	60531	531207

Дисконтований термін окупності згідно [19]:

$$PP = 2 + \frac{290776 - 247713}{107235} = 2,6 \text{ років.}$$

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе $PP = 4,1$ роки.

2.2.2 Встановлення сонячних панелей

Для повної енергонезалежності будівлі в разі відключень електричної енергії пропоную встановити сонячні панелі.

Сумарна потужність споживання електроенергії з сонячних генераторів для будівлі школи представлена на таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Сумарне середньодобове енергоспоживання електричної енергії

Електроспоживаюче обладнання	Потужність, Вт	Час роботи, год	Сума, Вт
Освітлення	750	6	4500
Відеоспостереження	100	24	2400
Сигналізація	90	24	2160
Загальна сума, кВт			9,1

Для накопичення заряду використовуємо комплект енергонезалежності Ecoflow Power Get Set Kit 10 kWh [20].

В якості сонячних панелей пропоную сонячну батарею EcoFlow 400W Solar Panel [21]. Для живлення акумуляторів необхідно 35 комплектів сонячних батарей. Вартість монтажних робіт складає приймаємо додатково 40% від загальних витрат на матеріали. Загальні витрати на систему сонячної генерації:

$$K = 35 \cdot 55000 + 198000 + (35 \cdot 55000 \cdot 40\%) = 4818000 \text{ грн.}$$

2.2.3 Встановлення теплового насоса для опалення будівлі

Метою даного заходу є відмова від використання централізованої системи опалення для потреб опалення будівлі шляхом встановлення геотермального теплового насоса.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [21].

Розрахунок теплового насоса для системи опалення будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [15].

1) Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [21]:

$$P_{\text{ми}} = \frac{Q \cdot 24}{(20 + 2)}, \text{Вт.} \quad (2.1)$$

2) Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{\text{бак}} = \frac{P_{\text{ТН}} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)}, \text{л.} \quad (2.2)$$

3) Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [21]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{\text{ТН}}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.3)$$

Де $P_{\text{ТН}}$ – потужність насоса.

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [17].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [17].

4) Місце для розміщення – територія біля будівлі.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення
Теплова потужність системи опалення	Вт	52516,48
Опалювальна площа будівлі	м ²	460
Час роботи теплового насоса	год	24
Температура повітря	С	20
Температура ґрунта	С	-6
Густина води	кг/м ³	998
Питома теплоємність води	кг/К	4200
Початкова температура теплоносія на вході в бак	С	35
Кінцева температура теплоносія на виході з бака	С	0
Питомий тепловий потік	Вт/м	50
Коефіцієнт перетворення теплового насосу		5,01
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	Євро	15000
Курс євро на момент розрахунку		45,4
Кількість споживання теплової енергії будівлею за опалювальний період	Гкал	64,3
Ціна за 1 Гкал	грн	4101,43

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
Потужність насоса	Вт	48476,75077
Об'єм бака-акумулятора	л	1189,564863
Необхідна довжина труб	м	776,0150522
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	681000

Продовження таблиці 2.4

Монтаж теплового насосу	грн	204300
Загальна вартість теплового насосу	грн	885300
Споживання теплової енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	263721,949
Простий термін окупності	рік	3,4

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу Samsung AM160AXVAGH/EU (рис.2.1) [22] .



Рисунок 2.1 – Тепловий насос Samsung AM160AXVAGH/EU [22]



Рисунок 2.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу [23]

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

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції I (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.	NPV, грн
0	-885300	-885300		1		
1	0	263721,9	-621578,1	0,909	239747	-645553
2	0	263721,9	-357856,2	0,826	217952	-427601
3	0	263721,9	-94134,3	0,751	198138	-229463
4	0	263721,9	169587,6	0,683	180126	-49337
5	0	263721,9	433309,5	0,621	163751	114413
6	0	263721,9	697031,4	0,564	148864	263278
7	0	263721,9	960753,3	0,513	135331	398609
8	0	263721,9	1224475,2	0,467	123028	521637
9	0	263721,9	1488197,1	0,424	111844	633481

Дисконтований термін окупності згідно [19]:

$$PP = 4 + \frac{885300 - 835963}{163751} = 4,3 \text{ роки.}$$

2.3 Висновки за розділом

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

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

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Безпека та гігієна праці має вирішальне значення для працівників. Вона має значний вплив на життя, здоров'я та продуктивність працівників у всіх галузях промисловості.

До основних небезпек при проведенні навчального процесу в КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка є:

- небезпека ураження електричним струмом;
- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця;
- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи учнів;
- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я учнів;
- небезпека виникнення пожежі.

За охорону праці в закладі відповідальний керівник.

В закладі на даний час організовано:

1) організаційні заходи (створення комісії з питань охорони праці, з питань розслідування нещасних випадків, колективний договір (угода), розроблення нормативно-правових актів з охорони праці, нормативних документів з питань безпеки життєдіяльності, виконання працівниками своїх посадових обов'язків з охорони праці, учнями та студентами -вимог безпеки життєдіяльності тощо);

2) інструктивно-методичні заходи (видання і виконання наказів, розпоряджень, приписів, рішень з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності);

3) соціально-психологічні заходи (навчальна і виховна робота з працівниками, учнями, студентами з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності, пропаганда безпечних і нешкідливих умов праці та навчання та установлення контролю і взаємоконтролю, підвищення дисципліни праці та навчання).

Забезпечення безпечних умов праці в дитячій художній школі є важливим завданням для охорони здоров'я учнів і персоналу. Основні загрози можуть виникати через використання різних матеріалів, обладнання, тривалу роботу в певних умовах і можливі фізичні або хімічні небезпеки. Ось ключові аспекти та заходи для забезпечення безпеки:

1) Правильне освітлення. Приміщення для занять має бути добре освітленим природним або штучним світлом, щоб уникнути напруги очей. Важливо враховувати достатній рівень освітленості в класах, особливо під час малювання дрібних деталей. З точки зору задач зорової роботи в приміщеннях, в яких проводяться адміністративні та навчально-виховні роботи, знаходимо, що вони відповідають IV розряду зорових робіт [22].

2) Зручні робочі місця. Учні повинні мати ергономічні стільці та парти відповідної висоти для запобігання проблемам зі спиною та поставою.

3) Достатньо місця для роботи. Особливо під час занять із великогабаритними матеріалами або інструментами, потрібно забезпечити вільний простір для безпечного пересування.

4) Підтримка комфортної температури (18-22°C) та рівня вологості (40-60%) сприяє збереженню здоров'я учнів і зменшенню втоми.

5) Фарби, розчинники, клеї та інші хімічні матеріали можуть бути токсичними, тому потрібно використовувати матеріали з низьким вмістом летких органічних сполук або ті, які дозволені для дітей.

6) Забезпечення інструктажу щодо безпечного використання хімічних матеріалів.

7) Заборона використання токсичних та небезпечних матеріалів у навчальному процесі.

8) Ножі, різці, ножиці мають використовуватися під наглядом викладачів. Учні повинні бути проінструктовані щодо правильного та безпечного користування цими інструментами.

9) Під час використання електроінструментів учні повинні бути під наглядом, а обладнання повинне бути в справному стані.

10) Установка сучасної системи пожежної сигналізації, яка швидко виявляє загоряння.

11) У приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої основним джерелом шуму є вентилятори охолодження блоків апаратури, а також кондиціонери. Шум вентиляторів є середньочастотним. Рівень шуму в приміщеннях для теоретичних робіт і обробки даних, а також для операторів ЕОМ повинен бути не більше 50 дБА [24].

12) Регулярне прибирання приміщень для зменшення концентрації пилу, алергенів та шкідливих речовин. Особлива увага повинна приділятися майстерням, де проводяться роботи з матеріалами, що можуть утворювати пил (гіпс, пастель, вугілля).

Забезпечення безпечних умов праці в дитячій художній школі охоплює різні аспекти: від організації фізичного простору до забезпечення безпеки під час роботи з хімічними матеріалами та інструментами. Важливо забезпечити належний рівень інструктажу, дотримуватися санітарних норм та проводити регулярний моніторинг безпечних умов для учнів і персоналу.

3.2 Розрахунок аварійного освітлення

Потрібно розрахувати кількість світильників аварійного освітлення для коридору площею 400 м² з необхідним рівнем освітленості 1 люкс [23]. Вибрано світильники з світловим потоком 600 люмен.

Дано:

Площа коридору – $A=400 \text{ м}^2$;

Необхідний рівень освітленості – $E=1 \text{ люкс}$;

Світловий потік одного світильника – $L = 600 \text{ люмен}$.

Розрахунок

1) Розрахунок кількості світильників:

$$N = \frac{E \cdot A}{L} = \frac{400 \cdot 1}{600} = 1 \text{ шт.}$$

Для забезпечення аварійного освітлення необхідно встановити 1 світильник.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі КУ «Сумська художня школа ім. М.Г. Лисенка», яка знаходиться за адресою вул. Псільська, 7.

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

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

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

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

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

- утеплення зовнішніх стін будівлі;
- встановлення сонячних панелей;
- встановлення теплового насосу.

Виконано розрахунки фінансової економії від впровадження енергозбережних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Отримані результати термінів окупності задовольняють сучасним вимогам щодо реалізації заходів з енергозбереження.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергоаудит будівель і споруд [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ueec.com.ua/uslugi/energoaudit-budivel/>
2. Розробка енергетичних сертифікатів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.kmu.gov.ua/news/rozrobka-energetichnih-sertifikativ-budivel-dozvolit-ekonomiti-10-energoresursiv-v-ukrayini-shorichno-lev-parchaladze>
3. Індивідуальний тепловий пункт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aw-therm.com.ua/individualnij-teplovij-punkt-shemi-ta-rishennya/>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://luxmetric.com/uk/catalog-uk/qalcosonic-heat-1-ultrazvukovij-lichilnik-tepla>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
7. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: https://3sf.com.ua/ua/pribori/izmerenie-temperatury/pirometry/p%D1%96rometr-fluke-64-max/?gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0Gsh4Wk4CTmBvsYTcpnCNLdleHWoD PqZnNw-eFFpYIW4inNtSEVnHhoCVaQQA vD_BwE
8. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: https://simvolt.ua/lazerna-ruletka-dalekomir-80-metriv-noyafa-nf-272l-80/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0PTNiSyBELC5HUIB7oiu8YpysU8VpUrj-Qp6WC8N0Y9Ezss02hwOkBoCxAQA vD_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. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
12. НАКАЗ №91 від 25.10.99 Про затвердження Міжгалузевих норм споживання електричної та теплової енергії для установі організацій бюджетної сфери України.
13. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua/poslugy-taryfy/>
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. Мінеральна вата [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ars.ua/budivelni-materiali/teplo-i-zvukoizoljacija/mineralna-vata/>
17. Дах центр [електронний ресурс] Режим посилання: https://dahsumy.com/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsc24BhDPARIsAFXqAB3w96aOHCFCJeJN0h8tvKqiOQDQsO6AE7VbQcLeXzX95pvc-5PhNuUaAoxQEALw_wcB
18. Роботи по утепленню в м.Суми [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termobloki.org.ua/uk/uteplennja-fasadiv-vartist-uteplennja-fasadu-vibiraemo-najekonomnishij-sposib/>
19. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с
20. «Екофло» [електронний ресурс] Режим посилання: https://ecoflowukraine.com/?srsltid=AfmBOopR9Ri-SsBJihIYbzaQ6gPwmMkCs_aIiNvvU8ETqOtaBBr0vPRt

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

22. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://s-aircon.com.ua/heatpump/tproduct/466927629-319278564761-teplovii-nasos-samsung-am160axvagheu-am5>

23. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.

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

ДОДАТОК А

Розрахунок теплової потужності будівлі

№	А	В	С	D	E	F
1	Вихідні дані для розрахунку			Розрахункові дані		
2	Температура у середині приміщення	20		Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	0,74	
3	Температура в підвальному приміщенні	8		Приведений опір теплопередачі для стелі	1,61	
4	Температура зовнішнього повітря	-25		Приведений опір теплопередачі для дверей	0,75	
5	Загальна площа зовнішніх стін	382,6		Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,75	
6	Загальна площа поверхня даху	489,6		Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,52	
7	Загальна площа вікон	50		Втрати теплоти через стіни,Вт	23266,22	
8	Загальна площа дверей	9		Втрати теплоти через стелю,Вт	13684,47	
9	Загальна площа поверхні над тех. підпіллям	80		Втрати теплоти через двері	784	
10	Допоміжний коефіцієнт	0,28		Втрати теплоти через вікна,Вт	3000	
11	Кількість інфільтрованого холодного повітря через не	8		Втрати теплоти через підлогу,Вт	1846,154	
12	Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005		Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	5065,2	
13	Внутрішній об'єм приміщення	1380		Тепловтрати на витяжку вентиляцію,Вт	15447,85	
14	Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3				
15	Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішньо	0,85		Сумарні тепловтрати,Вт	63093,89	
16	Кратність повітрообміну приміщення	0,8		Теплонадходження від людей, Вт	4120	
17	Кількість людей в приміщенні	40		Теплонадходження від електроустаткування, Вт	55,41	
18	Явні теплонадходження від людей	103		Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	1152	
19	Номинальна потужність електроустаткування	200		Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	5250	
20	Коефіцієнт завантаження	0,85		Сумарні теплонадходження,Вт	10577,41	
21	ККД електроустаткування	0,9		Теплова потужність будівлі,Вт	52516,48	
22	Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9				
23	Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3				
24	Потужність одного джерела освітлення	30				
25	Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4				
26	Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6				
27	Кількість однотипних джерел освітлення	160				
28	Тепловий потік, що надходить через 1 м2 скління осві	250				
29	Тепловий потік, що надходить через 1 м2 скління пере	100				
30	Площа заповнення світлових прорізів	25				
31	Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	25				
32	Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації ч	0,6				