

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

Гончаров Олександр Миколайович

ТЕМА: «ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ СУМСЬКОГО
ОБЛАСНОГО ЦЕНТРУ РОБОТИ З ТАЛАНОВИТОЮ МОЛОДДЮ»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Мандрика А.С.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

Суми – 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____
Гончаров О.М.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Дослідження енергоефективності будівлі Сумського обласного центру роботи з талановитою молоддю»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 15.12.2020 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 – Загальна характеристика, основні показники та режими функціонування досліджуваного об'єкту.

Розділ 2 – . Методи та методика проведення досліджень.

Розділ 3 – . Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.

Розділ 4 – Розробка можливих енергозберігаючих заходів, спрямованих на підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів у будівлі.

Розділ 5 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 09.11.2020 р

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 20.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 01.12.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 06.12.2020	
6	Виконання 4-го розділу	до 10.12.2020	
7	Виконання 5-го розділу	до 13.10.2020	
8	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
9	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.20	
10	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2019	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

V – об'єм, м³;

T – температура, °С;

L – довжина, м.

P – потужність, кВт.

Індекси та скорочення

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси.

ППУ – пінополіуретан.

ДБН – Державні будівельні норми

ДСТУ – Державний стандарт України

ЗУ – закон України

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 сторінок, 14 рисунків, 9 таблиць, 1 додаток, 30 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: системи енергозабезпечення та енергоспоживання будівлі комунального закладу.

Мета роботи: підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Поставленими задачами дослідження є:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації огорожуючих конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ПРОМЕТР, УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВИМІРЮВАЧ; ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД, РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТИ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Тема роботи – «Дослідження енергоефективності будівлі Сумського обласного центру роботи з талановитою молоддю»

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі.....	11
1.3.1 Система опалення.....	11
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення	12
1.3.4 Система вентиляції.....	13
1.3.5 Система обліку енергоносіїв	13
1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв	15
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	15
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії.....	16
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	18
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	19
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	19
1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	21
1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	22
2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
2.1 Проведення вимірювань за допомогою приладів.....	22
2.2 Результати проведеного вимірювання.....	25
2.3 Енергетична сертифікація будівель.....	26
3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	32
3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі.....	32

4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У БУДІВЛІ.....	37
4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів.....	37
4.2 Опис заходів з енергозбереження.....	37
4.2.1 Утеплення огорожуючих конструкцій (стіни).....	37
4.2.2 Встановлення рекуператора теплоти в системі вентиляції будівлі.....	40
4.2.3 Встановлення теплового насосу.....	42
4.2.4 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	47
5.2 Правила виконання робіт на висоті.....	50
5.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТОК А.....	59

ВСТУП

Енергозбереження та енергоефективність є одними із визначальних чинників енергетичної безпеки України, її енергетичного потенціалу, стратегічним підходом для забезпечення конкурентоспроможності країни в довгостроковій перспективі [1].

Важливою складовою для проведення в Україні реформ і впровадження заходів із підвищення енергоефективності та енергозбереження є формування у населення відповідного мислення та світогляду [1].

В умовах постійно зростаючого попиту на різні види енергоресурсів найпершим завданням енергоменеджменту є розроблення і впровадження якнайменше витратних енергозбережних заходів [2].

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів [3].

Енергозбереження є одним із пріоритетів державної політики, важливим напрямком у діяльності усіх без винятку суб'єктів господарювання. При цьому здебільшого заходи щодо впровадження енергозбережних технологій не вимагають великих фінансових витрат.

Основні напрями енергозбережних заходів у системах теплопостачання будівель передбачають проектування елементів «пасивної архітектури», заходи з утеплення існуючих будівель, енергозбережні системи опалення, вентиляції, кондиціонування, холодопостачання, каналізаційні та «розумні» системи [2].

Для кращого підвищення енергоефективності, впровадження інноваційних енергосистем та модернізацію об'єкту, в усіх суб'єктах господарювання, використовують послугу енергетичного аудиту.

Енергетичний аудит, енергоаудит (енергетичне обстеження) - вид діяльності, спрямований на зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання, який полягає у проведенні

енерготехнологічної і техніко-економічної експертизи, веденні обліку паливно-енергетичних ресурсів, а також у розробленні та обґрунтуванні енергоощадних заходів [4].

Метою енергетичного аудиту є сприяння суб'єктам господарської діяльності у визначенні своєї політики з енергозбереження, рівня ефективності використання ПЕР, потенціалу енергозбереження, надання допомоги в розробці науково обґрунтованих норм та нормативів питомих витрат, енергобалансів, розробці заходів з енергозбереження, їх фінансовий оцінці та оцінці впливу на охорону праці та довкілля [5].

Мета та призначення представленого енергетичного обстеження: дослідження реального стану споживання енергоносіїв і води, та розробка енергозберігаючих заходів з метою скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів.

Завдання, які вирішувалися при проведенні енергетичного обстеження: розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів в установі, за результатами проведення енергетичного обстеження на зазначеному об'єкті.

Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження: технічна та будівельна документація установи; показання лічильників споживання ПЕР (електроенергія, тепло, холодна вода); вимірювання температури та освітленості приміщення; вимірювання температури та знімання показань тиску з манометрів системи тепlopостачання; попередні енергетичні обстеження.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній мною будівлі а також у системах енергоспоживання.

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Проведено аналіз потенційно-небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля КЗ СОР «Сумський обласний центр позашкільної освіти та роботи з талановитою молоддю» за адресою: вул. Аерофлотська, 1 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданих даних на об'єкті енергетичного обстеження:

- призначення будівлі – навчальний заклад;
- кількість поверхів – 1 поверх ;
- площа забудови – 412 м²;
- опалювальна площа приміщень – 329,8 м²;
- опалювальний об'єм приміщень – 1434 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами – 1771,6 м³;

У закладі працює 15 працівників та постійно перебуває 155 дітей .

Забезпечення будинку тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від газового котла.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється від електричного водопідігрівача

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будівлі наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будівлі

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині Цементно-піщана штукатурка
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита Керамзит Руберойд
3	Вікна	Металопластикові з однокамерним склопакетом
4	Підлога	Залізобетонна плита Розчин цементно-піщаний Плитка керамічна для підлоги

1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

1.3.1 Система опалення

Опалення Сумського ОЦПО та РТМ здійснюється за допомогою газового котла типу «Protherm 20(30)KLZ» (рис.1.2), згідно договору про надання послуг з постачання природного газу, який укладено з ТОВ «Сумигаз Збут» договір 39586231 від 08.09.2015 року.

Котел, розміщений у додатковому приміщенні, де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до нього, наявне освітлення, та відповідає вимогам

Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж [2]. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії поліпропіленова труба, не ізольована.

Система теплової мережі позашкільного навчального закладу двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна.

В якості опалювальних приладів використовуються сталеві радіатори. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.



Рисунок 1.2 - Газовий котел типу «Protherm 20(30)KLZ» [3]

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії на об'єкт енергообстеження є АТ «Сумиобленерго». Електропостачання відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться поруч біля будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 220 В.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання та водовідведення цеху здійснюється централізовано комунальним підприємством «Міськводоканал» СМР на підставі Договору про

надання послуг. Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 100 мм. Тиск води на вході в будівлю $P_{хв}=0,35$ МПа.

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

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у кімнатах будівлі.

Система вентиляції природня.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання природного газу здійснюється лічильником газу типу «ВК-G4Т» (рис 1.3) [4]. Термін повірки - 19 червня 2018 року. Встановлений в окремому приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.3 – Лічильник газу типу «ВК-G4Т» [4]

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридиан СО Э-1.02/2 електронний (рис. 1.4), термін повірки - 22 грудня 2017 року. Лічильник знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Облік холодної води здійснюється лічильником Новатор ЛК15х (рис.1.5).



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку холодної води [6]

Термін повірки – 22 грудня 2017 рік.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії

Тарифи на енергоносії та воду з ПДВ, згідно даних наданих на об'єкті енергетичного обстеження складають:

природний газ – 9,138 грн/м³;

електрична енергія: 3,12 грн/ кВт·год;

водопостачання – 8,880 грн/м³;

водовідведення –7,656 грн/м³.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Величина обсягів споживання природного газу будівлею за 2016 – 2018 роки наведено в таблиці 1.2. На рисунку 1.6 приведена динаміка споживання природного газу будівлею за 2017 – 2019 роки.

Таблиця 1.2–Величина обсягів споживання природного газу будівлею за 2017 – 2019 роки

Місяць	Рік		
	2017	2018	2019
	м ³	м ³	м ³
Січень	1390	1238	1124
Лютий	1731	1590	1425
Березень	1275	1200	1050
Квітень	618	582	489
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	594	548	521
Листопад	1213	1321	1120
Грудень	1550	1801	1458
Всього	8371	8280	7187

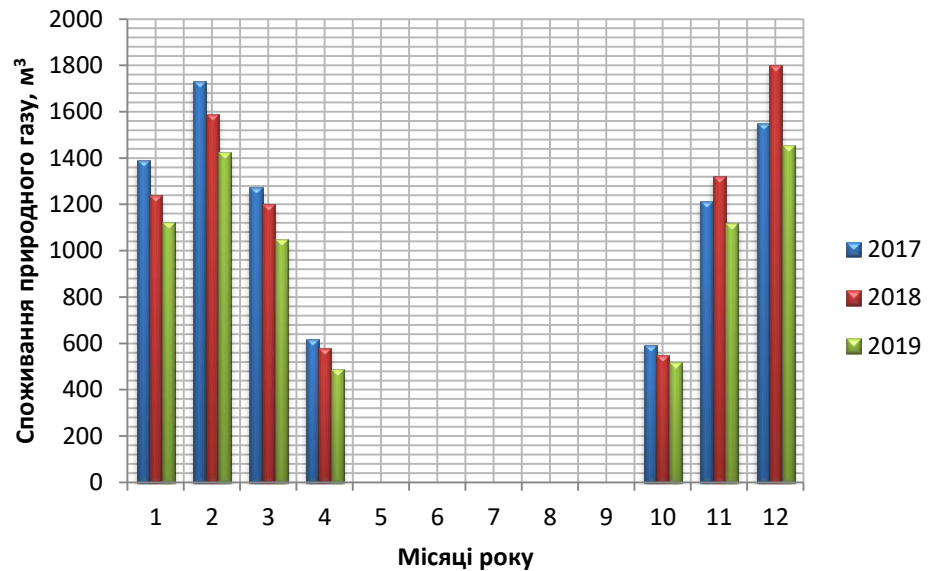


Рисунок 1.5 – Динаміка споживання природного газу за 2017–2019 роки

З діаграми видно, що максимум споживання природного газу на опалення та гаряче водопостачання приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії по місяцям за 2017, 2018 і 2019 роки наведені в таблиці 1.3.

На рисунку 1.7 приведена динаміка споживання електричної енергії за 2017, 2018 та 2019 роки.

Таблиця 1.3 – Обсяги споживання електричної енергії, кВт·год

Місяць	2017 рік	2018 рік	2019 рік
	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Січень	7240	5312	6214
Лютий	9776	9532	9456
Березень	5812	6588	6341

Продовження таблиці 1.3

Квітень	5192	5208	5145
Травень	3768	1796	1756
Червень	3984	3716	3841
Липень	2316	892	858
Серпень	722	584	557
Вересень	2308	2024	2056
Жовтень	4284	4244	4189
Листопад	6020	4792	4658
Грудень	6140	5220	5145
Всього	57562	49908	50126

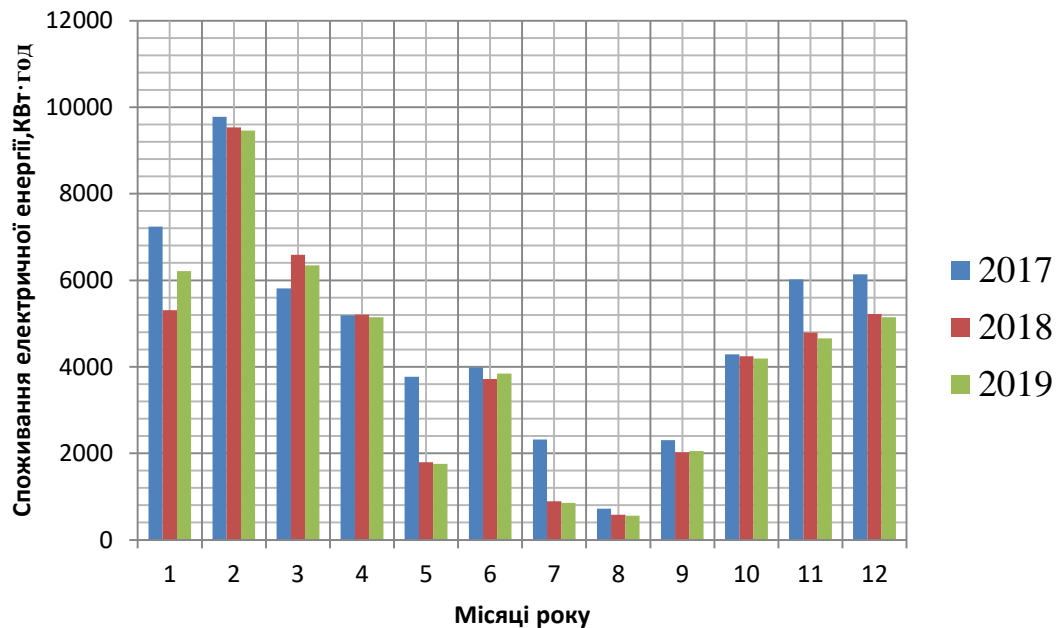


Рисунок 1.7 – Динаміка споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Як видно з діаграми, кількість споживання електричної енергії у 2018 та 2019 році менша ніж в 2017 році. Це можна пояснити тим, що в будівлі були встановлені енергозберігаючі лампочки, обслуговуючий персонал почав краще слідкувати за умовами використання електроспоживаючого обладнання.

В літні місяці рівень споживання електричної енергії зменшується. Це пояснюється тим, що в даний час у будівлі відсутній навчальний процес, а значна кількість працівників знаходяться у відпустках.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання холодної води по місяцям за 2017, 2018 і 2019 роки наведені в таблиці 1.4.

На рисунку 1.8 приведена динаміка споживання електричної енергії за 2017, 2018 та 2019 роки.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання холодної води, м³

Місяць	2017 рік	2018 рік	2019 рік
	м ³	м ³	м ³
Січень	28	29	27
Лютий	41	41	40
Березень	13	31	32
Квітень	43	37	34
Травень	26	35	30
Червень	19	18	15
Липень	32	38	35
Серпень	23	24	22
Вересень	10	39	35
Жовтень	28	30	29
Листопад	25	18	17
Грудень	26	26	25
Всього	314	366	341

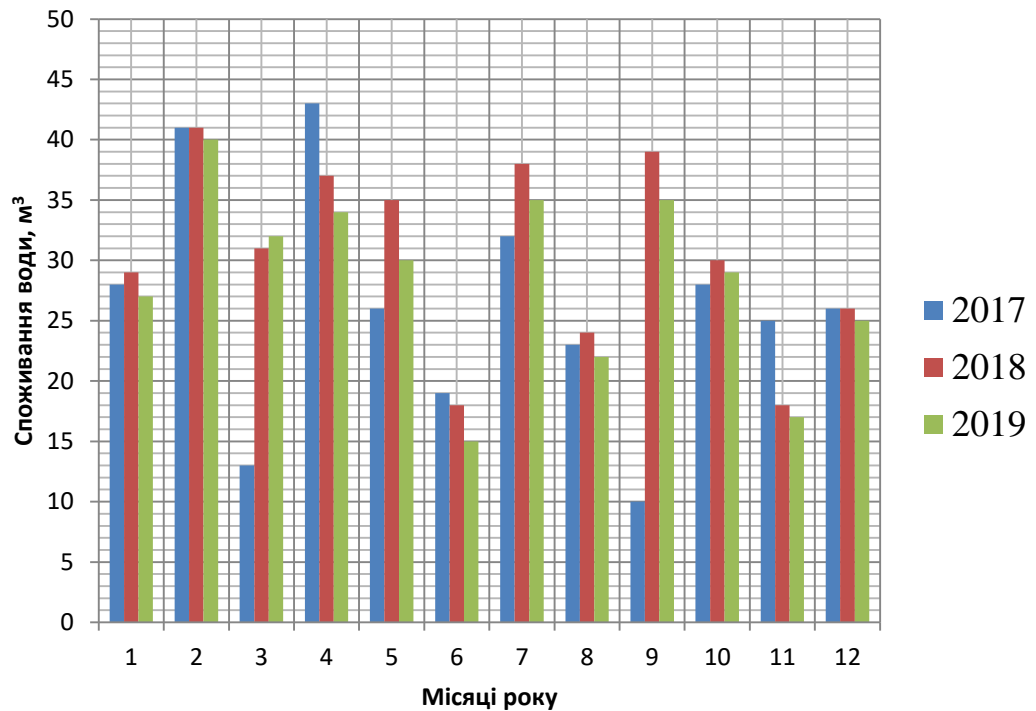


Рисунок 1.8 – Графік споживання води за 2016-2018 роки

Споживання води протягом останніх трьох майже не змінюється. Нерівномірність споживання протягом місяців свідчить про відсутність контролю за споживанням.

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [7, п.3.24]:

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

де $Q_{\text{оп}}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

$V_{\text{буд}}^{\text{оп}}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [7, п.5.1]:

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

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [7, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [7, табл.1]:

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

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

- за 2017 рік – $Q_{\text{оп}} = 63,6$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{\text{оп}} = 62,9$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{\text{оп}} = 64,7$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік – $EP = 0,044$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,044$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,045$ Гкал/м³.

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

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою:

$$\left(\frac{EP - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right) \cdot 100\% , \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі

$$\left(\frac{0,044 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 69\%$$

Згідно з [7] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «F».

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2).

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

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

Згідно з [7] норма споживання електричної енергії для бюджетних установ з електрифікованими харчоблоками на дитину складає 380 кВт·год/дитину.

$$\text{- 2017 рік: } \frac{57562 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{155 \text{ учнів}} = 371,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2018 рік: } \frac{49908 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{155 \text{ учнів}} = 322 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{50126 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{155 \text{ учнів}} = 323,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2.$$

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

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [8]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

$$\text{- 2017 рік } \left(\frac{314000 \text{ л}}{155 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 7,2 \text{ л/учня};$$

$$\text{- 2018 рік } \left(\frac{366000 \text{ л}}{170 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 8,4 \text{ л/учня};$$

$$\text{- 2019 рік } \left(\frac{341000 \text{ л}}{170 \text{ учнів}} \right) / 280 \text{ днів} = 7,2 \text{ л/учня};$$

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

2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Проведення вимірювань за допомогою приладів

Для виконання теплотехнічних розрахунків було проведено вимірювання параметрів повітря всередині приміщень досліджуваного об'єкта. Приладом для вимірювання необхідних параметрів є пірометр.

Температуру предметів усередині приміщень було виміряно лазерним пірометром MiniTemp MT2 фірми Raytek (рис 2.1). Переносний низькотемпературний пірометр моделі MT2 – швидкодіючий, компактний і легкий у використанні пірометр пістолетного типу.



Рисунок 2.1 – Лазерний пірометр MiniTemp MT2 фірми Raytek

Завдяки властивостям даного пірометра можна вирішити широке коло задач контролю температури безконтактним методом. Його застосовують для діагностики систем кондиціонування, опалення і вентиляції, обслуговування електромереж і електроапаратури, автомобілів протипожежних систем.

Пірометр дуже простий в експлуатації завдяки лазерному прицілу і дисплею, розташованому на рукоятці пірометра, що показує значення температури даного об'єкта (опалювального приладу).

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лазерного пірометра МТ2 [9]

Назва параметру	Значення параметру
Коефіцієнт випромінювання	0,95
Наявність лазера (клас II)	Крапковий
Збереження інформації на дисплеї	7 сек
Підсвічування екрана	АВТОМАТИЧНА
Оптичний дозвіл D:S	1:6
Відстань, що рекомендується	До 100 див
Діапазон вимірів	Від -18°C до +275°C
Точність, %	± 2
Час відгуку, мсек	500
Розміри, мм	152×101×38
Вага, кг	0,227

Для отримання даних про якість системи вентиляції досліджуваної будівлі було застосовано термоанемометр «Testo 405» (рис.2.2).

Testo 605-H1 – мініатюрний, недорогий прилад для швидкого вимірювання вологості, температури і точки роси в навколишньому середовищі, у повітрі робочої зони, в системах кондиціонування та вентиляціїю

Прилад має високу точність і стабільність показань завдяки унікальному датчику вологості, який не боїться води, захищений поворотною кришкою і відкривається тільки в процесі вимірювання. Дисплей розташований на поворотній голівці і його завжди видно. Передбачена функція автоматичного відключення через 10 хвилин роботи. Технічні характеристики наведено в таблиці 2.2.



Рисунок 2.2 – Універсальний вимірювач Testo 605-N1

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики універсального вимірювача [10]

Назва параметру	Значення параметру
Діапазон вимірювань швидкості потоку повітря	0...10
Похибка вимірювань	±0,01
Роздільна здатність	0,1
Робоча температура	Від 0 до +50 °С
Довжина зонда	125 мм
Діаметр зонда: - в основі - біля чутливого елемента	16 мм 12 мм
Джерело живлення та його ресурс	3 батарейки типу CR 2032, 200 годин (750 вимірів по 2 хв.)

Для отримання даних про стан освітленості на даному об'єкті було використано люксметр типу DE-3350 [11].

Люксметри – це прилади для вимірювання освітленості в приміщеннях різного призначення, на робочих місцях, а також на відкритому просторі. це складна система, до складу якої входить фотодіод, підсилювач сигналу з фотодіода, аналогово-цифровий перетворювач, а також косинусна насадка та світлові фільтри. Працює люксметр на явищі внутрішнього фотоелектричного ефекту. це процес виникнення електропровідності в напівпровідниках під дією

електромагнітного випромінювання (на відміну від зовнішнього фотоефекту, коли відбувається емісія електронів під дією світла).

Недостатнє освітлення суттєво знижує продуктивність праці, викликає сонливість, призводить до передчасної втоми навіть у працівника після відпочинку, знижується ефективність прийнятих рішень і дій, зростає ймовірність помилок, що призводять до захворювань, травм і навіть летальних випадків. Існує навіть така сумна статистика, яка свідчить, що у 20 % випадків травми виникали через недостатню освітленість на виробництві, а в 5% - саме слабка освітленість робочого місця була причиною нещасних випадків.

Вимірювальна рулетка служила для визначення геометричних розмірів приміщень. Границя виміру приладу складає 10 м, похибка $\pm 0,5$ мм [12].

2.2 Результати проведеного вимірювання

Вимірювання проводилось 01.12.2020 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -1°C .

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по приміщеннях закладу склала $T_{\text{в}} - 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам.

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 56^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 44^{\circ}\text{C}$.

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

4) середня освітленість складає 300 люкс, що відповідає вимогам норм.

2.3 Енергетична сертифікація будівель

Енергетичний паспорт будівлі складається задля визначення розрахункових показників енергетичних характеристик різноманітних об'єктів будівництва. В цьому документі зазначаються енергетичні характеристики, які дають змогу визначити відповідність цих показників вимогам до енергетичної ефективності будівель [13].

Складання енергопаспорту регламентовано чинним законодавством і має на меті стимулювання зменшення використання енергоресурсів [13].

Енергетичний паспорт будівлі (енергопаспорт) – це документ, який містить геометричні, енергетичні та теплотехнічні характеристики будівель і проектів будівель, огорожувальних конструкцій і нормативних документів, які встановлюють відповідність їхнім вимогам [14].

Енергетична паспортизація житлових та громадських будинків запроваджена в Україні після введення нормативних вимог ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» [15]. Енергетичний паспорт є обов'язковою складовою проектною документацією для житлових та громадських будівель при новому будівництві та реконструкції, що складається:

- під час розробки проектною документацією та прив'язування його до умов конкретного будівельного майданчику на стадії “Проект” (П) або “Робочий проект” (РП) в залежності від категорії складності будинку згідно з ДБН А.2.2-3[14].;

- під час здавання об'єкта будівництва в експлуатацію з урахуванням відхилень від початкових проектних рішень, узгоджених під час авторського нагляду за будівництвом будинку згідно з ДБН А.2.2-4 [14].;

- за результатами виявлених відхилень від проекту, відсутності необхідної технічної документації, наявності будівельного браку тощо [14].;

- під час експлуатації за результатами енергетичного аудиту будинку[14].;

- під час експлуатації (обов'язково) після завершення терміну ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів [14].;

- під час експлуатації (обов'язково) після порушень встановлених умов експлуатації будівлі, що супроводжуються пошкодженням огорожувальних конструкцій в цілому або їх складових [14].

Енергетична паспортизація будинків передбачає присвоєння будинку відповідного класу енергетичної ефективності [14]. Цей клас може бути уточнений за результатами експлуатації та впровадження заходів з енергозбереження.

Введені у дію з 01.05.2017 року ДБН В 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» змінили підходи до визначення класу енергетичної ефективності будинку порівняно з ДБН В 2.6-31:2006. Клас енергоефективності визначається вже не за питомими тепловитратами на опалення будинків, а за річною енергопотребою будівлі в опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні. Ще одна принципова відмінність полягає у застосуванні системного принципу проектування за вимогами до енергоефективності будівлі. Вимоги до опору теплопередачі елементів теплоізоляційної оболонки будівлі альтернативні до системного принципу проектування огорожувальних конструкцій. У разі застосування системного принципу проектування за вимогами до енергоефективності будівлі, вимоги до показників мінімально допустимої температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, температурного перепаду між температурою внутрішнього повітря і наведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, вологісного режиму, повітропроникності огорожувальної конструкції, показників теплостійкості перевіряються обов'язково [16].

На відміну від ДБН В.2.6-31:2006, де встановлено 6 класів енергетичної ефективності будинку, у ДБН В.2.6-31:2016 встановлено 7 класів [15]. Клас енергетичної ефективності будинку позначається латинськими літерами «А», «В», «С», «D», «Е», «F» «G» [14]. Літера «А» відповідає будинкам з найкращими показниками енергетичної ефективності, а «G» – будинкам, що мають найгірші показники. Клас енергоефективності будівлі визначається за результатами оцінки нормативної максимальної питомої енергопотреби для будівель та споруд. Цей показник включає енергопотреби на опалення, охолодження та гаряче водопостачання (E_{Pmax} , згідно ДБН В.2.6-31-2016) [14].

В таблиці 2.3 наведено класифікацію будинків за енергоефективністю [15].

Таблиця 2.3 – Класифікація будинків за енергоефективністю [15]

Клас енергоефективності будівлі	Різниця у відсотках розрахункового або фактичного значення питомої енергопотреби EP від максимально допустимого значення EP _{max} , $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Необхідний клас енергоефективності будівлі задають у завдання на проектування, але у всіх випадках він має бути не нижчим за клас «С» [14].

Методичні положення, необхідні для розрахунку параметрів енергетичного паспорта розкриваються в ДСТУ-Н Б А.2.2-5 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [14]».

Енергетичний паспорт має містити наступні дані:

1. Загальні технічні характеристики об'єкту (будівлі) [14].
2. Інформацію щодо наявності засобів обліку енергетичних ресурсів з їх описом[14].
3. Обсяги енергетичних ресурсів, які споживаються (або споживатимуться), витрачаються (або втрачатимуться) в процесі експлуатації об'єкта, та динаміка відповідних витрат [14].
4. Клас енергоефективності будівлі [14].
5. Відсоткові показники втрат енергетичних ресурсів [14].
6. Потенціал енергозбереження та оцінка прогнозованої економії енергоресурсів[14];

7. Базовий план заходів з енергозбереження та підвищення енергоефективності [14].

Відомості, що вносяться в паспорт енергозбереження, отримують шляхом проведення енергетичного обстеження та на підставі даних про об'єкт. Це може бути така інформація [15]:

- місце розташування об'єкта [15];
- тип будівлі [15];
- висота будівлі, її поверховість [15];
- загальна площа споруди [15];
- оцінювання відповідності нормам [15];
- стан споруди в момент здачі в експлуатацію.

В енергетичний паспорт житлового будинку заносять відомості про заходи щодо поліпшення енергоефективності будови і його особливості [15]:

- матеріали, використані для теплоізоляції об'єкта [15];
- є чи ні кліматичні системи всередині будівлі ;
- наскільки тривалий термін необхідно користуватися опаленням;
- клас енергоефективності будівлі;
- порівняння розрахункових і реальних даних;
- рекомендації по проведенню покращення енергоефективності.

В енергопаспорт будівлі вносяться відомості про експерта, що складав його. Оформлення енергетичного паспорта – процес непростий, і для його здійснення необхідний професійний фахівець з високим кваліфікаційним рівнем[2].

Буде потрібно паспорт енергоефективності в таких випадках [15]:

- на стадії розробки проекту і прив'язки його до місцевості ділянки [15];
- енергетична паспортизація потрібна при введенні в експлуатацію в разі змін, які були внесені в проектне рішення [15];
- у період експлуатації при проведенні обов'язкового енергетичного обстеження [15];
- при закінченні терміну використання теплоізоляційної оболонки будівлі[15];

- якщо виявлені порушення експлуатаційних умов, наявність пошкоджень огороджуючих конструкцій або елементів [15].

Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будівлі (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення [16].

Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні принципи теплоізоляційної оболонки обумовлюють ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будівлі. Крім того, саме ця підсистема має найбільший потенціал в підвищенні енергоефективності будівель житлового та громадського призначення [16].

Параметри підсистеми вентилявання будівлі визначаються санітарно-гігієнічними вимогами до повітря приміщень. Наприклад, для житлових будинків розрахункова температура повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях приймаються не менше 20°C і $0,8$ (год^{-1}) [16]. Кількість та якість повітря обумовлена фізіологічними потребами людини, але термодинамічні його параметри можуть регулюватися конструктивними елементами підсистеми, ефективність роботи яких впливає на загальну енергоефективність будинку [17].

Сучасний стан будівництва демонструє зміну у енерговитратах будівель. Без урахування затрат на охолодження трансмісійні та витрати на інфільтрацію (вентиляцію) у сучасних багатоповерхових будівлях складають приблизно 53%, а значна доля (47%) припадає на гаряче водопостачання [17].

В будівлях висотою до трьох поверхів тепловитрати через огорожувальні конструкції значно більші. В таких будівлях особливо інтенсивно теплообмін відбувається через конструкції покриття [17].

3 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок теплової потужності будівлі

Методика розрахунку теплової потужності будівлі наведено в [18].

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані відповідно до методики наданій у документації [18] та представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Теплопровідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,51	0,81	0,85	3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,025	0,81		
		Цементно-піщана штукатурка	0,025	0,81		
2	Стеля	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,55	4,95
		Керамзит	0,15	0,12		
		Руберойд	0,01	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з однокамерним склопакетом	-	-	0,34	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,36	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Плити керамічні для підлоги	0,005	0,96		

Отримані результати ($R_{\Sigma_{пр}} \ll R_{q_{\min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [7]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги) розрахуємо за методикою [18]:

Тепловтрати через зовнішні стіни:

$$Q_{ст} = \frac{277,2}{0,85} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 14675,3 \text{ Вт} .$$

Тепловтрати через стелю:

$$Q_{стел} = \frac{412}{1,55} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 11961,3 \text{ Вт} .$$

Тепловтрати через вікна:

$$Q_{вк} = \frac{49,5}{0,34} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 6551,4 \text{ Вт} .$$

Тепловтрати через двері:

$$Q_{дв} = \frac{3,6}{0,54} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 300 \text{ Вт} .$$

Тепловтрати через підлогу:

$$Q_{пдл} = \left(\frac{163,5}{2,56} + \frac{131,5}{4,66} + \frac{99,5}{8,96} + \frac{17,5}{14,56} \right) \cdot (20 - 4) = 1670,2 \text{ Вт} ,$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції становлять:

$$\sum Q_0 = 14675,3 + 11961,3 + 6551,4 + 300 + 1670,2 = 35158,2 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції згідно [18]:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків:

$$Q_{op}^{\partial} = 14675,3 \cdot 0,13 = 1907,8 \text{Вт},$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей:

$$Q_{3,\partial}^{\partial} = 300 \cdot 3 = 900 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення:

$$Q_6^{\partial} = 0,02 \cdot 14675,3 = 293,5 \text{Вт}.$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції становить [18]:

$$\sum Q_{\partial} = 1907,8 + 900 + 293,5 = 3101,3 \text{Вт}.$$

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря:

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи розраховуються за формулою:

$$Q_{3,\partial}^{in\phi} = 0,28 \cdot 135,7 \cdot 1,005 \cdot (20 + 25) = 1718,6 \text{Вт},$$

$$\text{де } G_{z,d} = [0,005 \cdot ((2 + 0,9) \cdot 2) \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 3600] \cdot 2 = 135,7 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення становлять:

$$\sum Q_{\text{втр}} = 35158,2 + 3101,3 + 1718,6 = 39978,1 \text{Вт.}$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 3.1

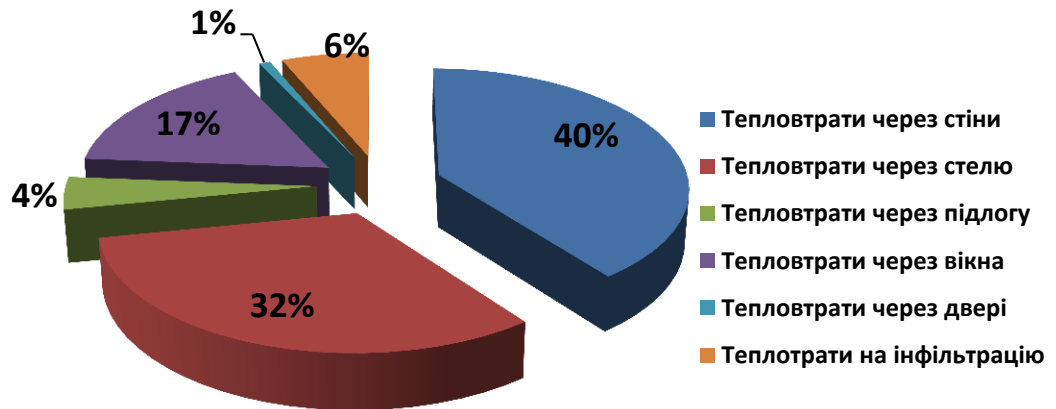


Рисунок 3.1 – Основні види тепловтрат в будівлі

Розрахунок теплонадходжень в будівлю згідно методики [18].

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 170 \cdot 100 = 17000 \text{Вт.}$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = 18 \cdot 50 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 486 \text{Вт.}$$

Теплонадходження від сонячної радіації ($F_c = 24,75 \text{ м}^2$, $F_T = 24,75 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{рад}} = (250 \cdot 24,75 + 100 \cdot 24,75) \cdot 0,6 = 5197,5 \text{ Вт}.$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{\text{тн}} = 17000 + 5197,5 + 486 = 22683,5 \text{ Вт}.$$

Теплову потужність всієї будівлі:

$$\Delta Q = 39978,1 - 22683,5 = 17294,6 \text{ Вт}.$$

Річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ будуть становити [18]:

$$Q_{\text{оп}} = 17294,6 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 36911,7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 32 \text{ Гкал}.$$

4 РОЗРОБКА МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У БУДІВЛІ

4.1 Опис можливих енергозберігаючих заходів

Проаналізувавши дані, що були отримані під час інструментального обстеження будівлі, візуального обстеження та розрахунку тепловтрат, пропонується впровадження наступних енергозберігаючих заходів:

- утеплення огорожуючих конструкцій (стіни);
- встановлення рекуператора теплоти;
- встановлення теплового насоса;
- встановлення сонячних колекторів.

4.2 Опис заходів з енергозбереження

4.2.1 Утеплення огорожуючих конструкцій (стіни)

З метою зменшення теплових втрат через зовнішні стіни пропонується провести їх утеплення шляхом нанесення теплоізоляційного матеріалу.

Вибираємо теплоізоляційний матеріал мінеральну вату [19]. Теплопровідність даного типу матеріалу складає $\lambda_{ym} = 0,035 \frac{Вт}{м \cdot К}$. Такі плити використовуються для утеплення стін, дахів, підлог. Ці плити ідеально витримують всі явища навколишнього середовища, легкі в обробці й дозволяють одержати чудовий теплоізоляційний ефект [19].

Визначимо необхідну товщину теплоізолюючого матеріалу згідно формули

$$\delta_{ym} = [R_{q\min} - R_{qnp}] \cdot \lambda_{ym}, \text{ м}, \quad (4.1)$$

де: $R_{q\min} = 3,3 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$ – мінімальний термічний опір стін [7].

Підставивши значення, отримуємо:

$$\delta_{yt} = (3,3 - 0,85) \cdot 0,035 = 0,1 \text{ м.}$$

Вибираємо для встановлення плити мінераловатні фірми «Техніколь», розміром 1200х600х100мм. Ціна за 1 шт плити складає 70 грн [20].

Основні характеристики мінераловатних плит фірми «Техніколь» зображено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Основні характеристики мінераловатних плит фірми «Техніколь» [19]

Характеристики Техніколь Техноблок Стандарт 100 мм	
Розмір	1200х600 мм
Товщина	100 мм
Виробництво	Україна
Плит в упаковці	4
Показник вологості	0,5%
Показник щільності	45 кг/м ³
Показники водопоглинання	1,5%
Площа упаковки	2,88 м ³
Вид матеріалу	Базальтова вата

Площа стін, яку необхідно утеплювати, складає $-277,2\text{м}^2$.

Кількість необхідного матеріалу для утеплення:

$$277,2 / 0,72 = 385 \text{шт.}$$

Вартість матеріалу для утеплення:

$$385 \cdot 70 = 26950 \text{грн.}$$

Вартість монтажу плит разом з додатковими матеріалами складає 35% від вартості матеріалу:

$$26950 \cdot 0,35 = 9432,5 \text{ грн.}$$

Затрати на пінополістирольні плити та монтаж складуть:

$$K = 26950 + 9432,5 = 36382,5 \text{ грн.}$$

Визначимо економічний ефект від впровадження заходу. Визначимо тепловтрати через стіни при нормованому опорі теплопередачі:

$$Q_{\text{стелі}}^{\text{норм}} = \frac{277,2}{3,3} (20 - (-25)) = 3780 \text{ Вт.}$$

Різниця тепловтрат до і після утеплення складе:

$$\Delta Q = 17675,3 - 3780 = 13895,3 \text{ Вт.}$$

Знайдемо різницю тепловтрат через стіну за рік [18]:

$$Q_0^{\text{рік}} = 3600 \cdot \Delta Q \cdot \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.он}})}{(t_{\text{вн}} - t_3)} \cdot n_{\text{он}} \cdot 24 \cdot 10^{-6} \text{ МДж,} \quad (4.2)$$

де ΔQ – різниця тепловтрат;

$t_{\text{вн}}$ – осереднена температура за приміщеннями будівлі, $^{\circ}\text{C}$;

t_3 – розрахункова за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

$n_{\text{он}}$ – тривалість опалювального періоду (враховуємо, що він триває 187 днів).

$$Q_{pic}^0 = 3600 \cdot 13895,3 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 106763,9 \text{ МДж.}$$

Економія споживання природного газу від застосування енергозберігаючого заходу складе:

$$V = \frac{\Delta Q_0^{pic}}{\eta \cdot Q_n^p} = \frac{106763,9}{0,92 \cdot 38} = 3053,8 \text{ м}^3.$$

де η - ККД котла. Згідно [3] $\eta = 0,92$.

Економічний ефект від впровадження енергозберігаючого заходу складе:

$$E = 9,138 \cdot 3053,8 = 27905,6 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{36382,5}{27905,8} = 1,3 \text{ роки.}$$

4.2.2 Встановлення рекуператора теплоти в системі вентиляції будівлі

Рекуперація – це процес передачі тепла. Рекуперація здійснюється завдяки мідним теплообмінникам, які використовують тепло відпрацьованого повітря і ним нагрівають холодне. На відміну від віконних провітрювачів, віконних клапанів (які за своєю суттю більш наближені до нещільно закритого вікна), реверсних вентиляторів (яких, як правило, необхідно мінімум 2 в кожне приміщення), система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла Прана є цілісною вентустановкою та має ряд переваг (рис 4.1).

Нагріте повітря, що видаляється зсередини приміщення, передає тепло холодному повітрю ззовні через стінки теплообмінника. Завдяки рекуператору Прана коефіцієнт утилізації тепла системою сягає 91% [21].



Рисунок 4.1 – Переваги рекуператора Прана [20]

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора:

$$\Delta Q_{6.6} = \eta \cdot Q_{6.6} = 0,9 \cdot 1718,6 = 1546,7 \text{ Вт.}$$

Економія теплової енергії за опалювальний період складе:

$$Q_{втр}^{рік} = 3600 \cdot 1546,7 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 11884 \text{ МДж}$$

Економія споживання природного газу від застосування енергозберігаючого заходу складе:

$$V = \frac{\Delta Q_0^{рік}}{\eta \cdot Q_n^p} = \frac{11884}{0,92 \cdot 38} = 340 \text{ м}^3.$$

Економічний ефект від впровадження енергозберігаючого заходу складе:

$$E = 9,138 \cdot 340 = 3106,9 \text{ грн.}$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 15000 грн включаючи доставку [21]. Вартість робіт по встановленню складає 10% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = 15000 + 0,1 \cdot 15000 = 16500 \text{ грн.}$$

Визначаємо термін окупності за формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{E} = \frac{16500}{3106,9} = 5,3 \text{ роки.}$$

4.2.3 Встановлення теплового насосу

Тепловий насос – це пристрій, який перетворює низькотемпературну енергію на високотемпературну. Наочно це означає, що за допомогою теплової помпи навіть в зимові холоди можна брати тепло із зовнішнього повітря для обігріву приміщення [22]. Це можливо завдяки циркулюючому в тепловій pompі носію енергії або хладагенту, температура кипіння якого залежно від тиску біля -43°C. В порівнянні з такою температурою повітря тепле, навіть якщо його температура мінус два десятки градусів, і зріджений газ (хладогент) перетворюється на пару. Необхідна для випару енергія береться з повітря. Площа профілю одного випарника повітряно-водяної теплової помпи Ostorus еквівалентна 800 м труб ґрунтової теплової помпи, що знаходяться в землі. На передачу теплоти істотно впливають рух повітря (вітер) і його відносна вологість [22]. Волога, що знаходиться в повітрі, конденсується на холодному профілі випарника, при цьому поглинається енергія, що вивільняється при випарі. На профілі утворюється іній або лід, який по суті є для хладагенту акумулятором теплової енергії (рис 4.2) [22].

Пара (газ) стискається в компресорі, внаслідок чого його температура піднімається, залежно від тиску, до 80°C. У конденсаторі (теплообміннику) пари (газ) конденсуються, а енергія, що вивільняється, передається воді опалювальної системи. Назад в колектор зріджений хладагент проходить через розширювальний клапан, де тиск і температура хладагенту падають до початкового рівня [22].



Рисунок 4.2 – Теплова помпа

Переваги системи Ostorus:

- простота і дешевизна установки (не вимагаються землекопні або бурильні роботи, розмір і форма земельної ділянки не мають значення),
- повністю автоматична, не вимагає догляду
- сумісна з усіма системами водяного опалювання
- стійка до несприятливих кліматичних умов
- висока надійність в роботі

Максимально ефективно Ostorus працює при температурі зовнішнього повітря +5...-5°C. Але це не означає, що теплова помпа не працює при більш високих або більш низьких температурах зовнішнього повітря. Тільки знижується його ефективність. При температурі -20°C продуктивність теплової помпи Ostorus також досить висока. В періоди максимального навантаження (особливо при низькій температурі зовнішнього повітря або швидкому

охолодженні приміщення) використовується додаткова система опалення. Додаткове опалення включається в роботу автоматично [22].

На момент продажу теплова помпа повністю готова для монтажу. Пристрій монтується на відстані 2-20м від житлового будинку (рис 4.3). Вибирається місце, що найбільш продувається вітрами. Крижана скульптура, яка формується завдяки дії випарника, стане оригінальною прикрасою Вашої ділянки. Труби, за допомогою яких випарник сполучений з будинком, закопані на глибині 60см. Теплова помпа не вимагає догляду. Досвід використання впродовж 15 років підтверджує надійність помпи [22].



Рисунок 4.3 – Варіант встановлення теплової помпи

Вартість теплової помпи та робота, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 400000$ грн [22].

Даний проект спрямований на відмову в споживанні природного газу на опалення будівлі та підігрів гарячої води в місяці з температурою зовнішнього повітря більше -10°C .

За 2019 в даний період рік було спожито 7187 м^3 газу. В грошовому еквіваленті це складає:

$$\Delta E = 9,138 \cdot 7187 = 65674,8 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{400000}{65674,8} = 6,1 \text{ років.}$$

4.2.4 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку

Сонячний колектор – це пристрій, який поглинає енергію сонця і виробляє нагрів матеріалу - теплоносія або води, тобто перетворює в тепло. Це тепло виводиться з сонячного колектора за допомогою тонких мідних трубок, ці мідні трубки заповнені спеціальною легко закипаючої рідиною. Далі це тепло передається накопичувальному бойлеру з теплообмінником. Таким чином, нагрівається вода для гарячого водопостачання будівлі .

Виконаємо розрахунок сонячного колектору:

Середнє споживання гарячої води складає в середньому $0,5 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Температура вихідної води для нагрівання – $+10^{\circ}\text{C}$.

Температура гарячої води – 50°C .

Для нагрівання 1 л води необхідно затратити $4,19 \text{ кДж}$.

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб адміністративної будівлі:

$$Q = 500 \cdot (50 - 10) \cdot 4,19 = 83800 \text{ кДж} = 23,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 8503,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.},$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 8503,2 \cdot 3,12 = 26529,9 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають $K = 50000 \text{ грн}$ [23].

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{50000}{26529,9} = 1,9 \text{ року.}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

На енергоменеджера під час роботи на об'єкті може впливати ряд небезпечних і шкідливих факторів:

- фізичні (параметри мікроклімату, недостатнє освітлення, рівень шуму, вібрація, випромінювання, ураження електричним струмом, пожежна безпека, безпека вибуху);

- психофізіологічні (нервово-психічні перевантаження).

Виходячи з цього, слід надати велику увагу забезпеченню безпеки роботи устаткування, електробезпеки, нормативних метеорологічних умов на робочих місцях та забезпеченню необхідного рівня освітленості.

5.1.1 Електрична безпека

Електрична безпека в будинку представлена використанням електроприладів та електропостачання. Даний об'єкт відноситься до класу приміщень без підвищеної безпеки. Та все ж використовується електрична енергія несе безпеку для життя енергоменеджера. Для забезпечення безпеки при використанні електричних приладів передбачено використання автоматичних вимикачів для уникнення короткого замикання. Використовуються розетки із захисним заземленням. Система електропостачання прокладена в стінах будинку.

5.1.2 Механічна безпека

Механічна безпека зумовлена падінням важких об'єктів, таких як: холодильник, телевізор, який знаходиться на висоті, прилади освітлення,

кухонне приладдя. Для забезпечення безпеки необхідно дотримуватись рекомендацій по встановленню та експлуатації даних приладів.

5.1.3 Термічна небезпека

Термічні чинники, які характеризуються тепловою енергією і аномальною температурою є температура нагрітих і охолоджених предметів і поверхонь, температура відкритого вогню й пожежі. При обстеженні виявилось, що термічну небезпеку несуть опалювальні прилади та трубопроводи, а також газова плита на кухні. Це може призвести до опіків, так як температура деяких нагрітих поверхонь може сягати 100°C. Для захисту від термічного ураження потрібно дотримуватися правил з техніки безпеки.

5.1.4 Шум та дія електромагнітних полів

Для забезпечення комфортних умов праці енергоменеджера негативні фактори максимально ізолюються і по можливості ліквідуються. Для прикладу, шум сучасної пральної машини, або холодильника не становлять негативного фактору.

Для зменшення фактору іонного випромінювання використовуються більш сучасні прилади, які мають менші параметри випромінювання і встановлюються подалі від місця відпочинку проживаючих. Це такі прилади, як комп'ютер та мобільний телефон.

5.1.5 Освітлення

Для нормальної зорової роботи необхідно створювати такі умови, щоб не виникали професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності:

- забезпечувати достатню рівнозміненість та постійність освітлення відсутність умов переадаптації органів зору;
- не створювати сліпучої дії від джерела світла і предметів, що знаходяться в полі зору;
- не створювати на робочих поверхнях різких та глибоких тіней, бути рівномірним на площині, що освітлюється.

Параметри освітлення для приміщення встановлювались згідно ДБН В.2.5-28:2018 [24]. Для даної будівлі при комбінованій системі освітлення, рівень освітленості буде варіюватись від 150ЛК до 300 ЛК.

5.1.6 Пожежо-та вибухонебезпека

Пожежо- та вибухонебезпека обумовлена використанням в побуті природного газу для приготування їжі, опалення, та використання електроприладів.. Даний будинок та його прибудинкові приміщення відноситься до категорії Д вибухопожежонебезпеки а конструктивні характеристики до 9 ступеня вогнестійкості. Так як опалення будинку проводиться від газового котла, то він встановлений в сусідньому приміщенні в спеціалізованому для нього місці. Використання газових приладів в будинку також обумовлене специфічними умовами, такими як: віддаленість газових приладів від легкозаймистих речей, використанням спеціальних кріпильних та під'єднуючих елементів, що не здатні до займання чи плавлення. Також пожежонебезпека йде від електроприладів, тому для протидії з вогнем є в наявності 2 вогнегасники які можна взяти з автомобіля а також пісок ,який є на прибутковій території. Вода може використовуватися для пожежогасіння лише в крайніх випадках, якщо не має небезпеки від електроприладів, та якщо зайнялись не горючомасляні суміші, газ. Вибухопожежонебезпека є одним з найнебезпечніших факторів, тому для цього було приділено найбільше уваги. Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єкті встановлені згідно з НАПБ а 01.001-2015 [25].

5.2 Правила виконання робіт на висоті

Роботи на висоті – роботи, що виконуються на висоті 1,3 м і більше від поверхні ґрунту, перекриття або робочого настилу, у тому числі з робочих платформ підйомників і механізмів, а також на відстані менше 2 м від неогороджених перепадів на висоті 1,3 м і більше; основним засобом індивідуального захисту під час виконання робіт є запобіжний пояс ПЛ або ПБ/ [26].

Роботи верхолазні – роботи, що виконуються безпосередньо з елементів конструкцій, обладнання або з монтажних пристосувань, тимчасових драбин, трапів, установлених на конструкціях, робочих платформ підйомників і механізмів, у безопорному просторі тощо на висоті 5 м і більше від поверхні ґрунту, перекриття або робочого настилу; основним засобом індивідуального захисту під час виконання верхолазних робіт є запобіжний пояс ПЛ [26].

До виконання робіт на висоті допускаються особи, не молодше 18 років та які пройшли [26]:

- професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі;
- медичний огляд відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій;
- спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці;
- навчання та перевірку знань з протипожежної безпеки осіб, які виконують вогневі роботи, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні.

Для створення безпечних умов під час виконання робіт на висоті необхідно [27]:

- 1) забезпечити наявність, міцність і стійкість огорожень, риштувань, настилів, драбин тощо;

- 2) забезпечити працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх за призначенням;
- 3) виконувати у повному обсязі організаційні та технічні заходи, передбачені цими Правилами;
- 4) застосовувати технічно справні машини, механізми і пристрої, укомплектовані необхідною технічною документацією;
- 5) забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;
- б) уживати заходи щодо усунення або зменшення впливу шкідливих та/або небезпечних факторів;
- 7) ураховувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботи на висоті.

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35° С або нижче мінус 20° С [27]. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо), виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам [27].

Площадки та драбини мають відповідати вимогам ГОСТ 26887-86 [28].

Драбини чи скоби, що використовуються для підймання або опускання працівників на робочі місця, розташовані на висоті більше 5 м, мають бути обладнані пристосуваннями для закріплення стропа запобіжного пояса (канат з уловлювачем та ін.).

Кожна драбина повинна бути міцною, надійно закріпленою і мати достатню довжину, щоб забезпечувати надійну опору для рук та ніг працівників у будь-якому робочому положенні [27].

Небезпечна зона навкруги щогл (веж) визначається відстанню від центра щогли (вежі), яка дорівнює 1/3 її висоти [27].

Засоби індивідуального захисту від падіння з висоти забезпечуються системою ременів для кріплення їх до тіла споживача і системою кріплення до надійної опори. У передбачуваних умовах експлуатації такі засоби індивідуального захисту обмежують шлях вертикального падіння працівника таким чином, щоб запобігти його зіткненню з перешкодами. Гальмівне зусилля, що виникає при цьому, не повинно завдавати тілесних ушкоджень працівнику або виводити з ладу засоби індивідуального захисту [27].

Перед початком роботи на висоті необхідно переконатися в міцності опор, до яких буде закріплюватися стропом запобіжного пояса працівник (працівники), та елементів верхолазного спорядження. Вони повинні надійно витримувати зусилля, яке може виникнути при падінні людей [27].

5.3 Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу

Евакуація – це організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення [29].

Евакуаційні заходи [30]:

- розробляються адміністрацією закладу та затверджуються наказом керівника;
- переглядаються 1 раз на 5 років або в разі потреби;
- підлягають ознайомленню всі учасники навчально-виховного процесу з відповідною реєстрацією у спеціальних журналах;
- плани, схеми, інформація з даного питання вивішуються на видних місцях;
- періодично, не менше ніж 2 рази на рік, проводиться обстеження шляхів евакуації, а також усіх підсобних приміщень, будівель, горищ та підвалів, закріпленої за закладом території (зі складанням відповідного акту);
- на початку та наприкінці навчального року проводиться практичне відпрацювання дій за планом евакуації, що оформляється документально.

Порядок оповіщення працівників, співробітників і відвідувачів школи та їх евакуації з приміщення при надзвичайних ситуаціях (пожежа, стихійне лихо, інформація про загрозу скоєння терористичного акту тощо) та порядок їх охорони розробляються директором школи спільно з відповідальними за ведення роботи з охорони праці, протипожежної та електробезпеки [30].

За встановленим сигналом оповіщення всі відвідувачі, робітники, співробітники, а також робітники, які здійснюють ремонтно-будівельні роботи в приміщенні школи евакуюються з будівлі згідно з планом евакуації (Додаток А), що знаходиться в приміщенні школи на видному і доступному для відвідувачів місці.

При евакуації необхідно виконати наступні дії:

- без поспіху, істерик та паніки зберіть службові документи в сейф або в шухляди столу, що закриваються на ключ;
- візьміть із собою особисті речі, документи, гроші, цінності;
- закрийте вікна, вимкніть оргтехніку, електроприлади, освітлення;
- візьміть із собою та при необхідності використовуйте індивідуальні засоби захисту (протигази, респіратор);
- закрийте двері на ключ, ключ залиште у замку;
- залишіть приміщення, рухайтесь маршрутами, які позначені в схемах евакуації;

повертайтеся в покинуте приміщення тільки після дозволу відповідальних осіб.

Пропуск відвідувачів в приміщення школи припиняється. Працівники школи і відповідальні особи приймають заходи по евакуації і забезпечення безпеки людей, що знаходяться в приміщенні, при прибутті співробітників відповідних служб для ліквідації надзвичайної ситуації забезпечують їх безперешкодний пропуск в будівлю школи [30].

ВИСНОВКИ

1) В магістерській роботі основна увага була приділена підвищенню ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів за останні три роки, режимів споживання енергетичного обладнання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

1) Виконано аналіз річного споживання електричної енергії, теплової енергії холодної та гарячої води.

2) Виконано обстеження енергетичних систем і системи водопостачання та водовідведення об'єкта. Розглянуті типи приладів обліку всіх спожитих енергетичних ресурсів.

3) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала $\Delta Q = 17294,6 \text{ Вт}$.

Запропоновані наступні заходи з модернізації енергетичних систем:

- утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій (стіни) (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 36382,5 грн; економія в грошовому еквіваленті – 27905,8 грн; термін окупності заходу – 1,3 роки);

- встановлення рекуператора теплоти (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 16500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 3106,9 грн; термін окупності заходу – 5,3 року);

- встановлення теплового насосу (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 400000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 65674,8 грн; термін окупності заходу – 6,1 року);

- встановлення сонячних колекторів на даху будинку (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 50000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 26529,9 грн; термін окупності заходу – 1,9 року);

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

1) Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі.

2) Правила виконання робіт на висоті.

3) Порядок евакуації відвідувачів із освітнього закладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергозбереження та енергоефективність [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/9449/1/07.pdf>
2. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Зі змінами 2010-2015 рр.
3. Котел [електронний ресурс] Режим посилання: <https://прометей.com.ua/gazovye-kotly/napolnye/napolnyu-gazovu-kotel-protherm-medved-20-klom-17-kvt.html>
4. Газовий лічильник [електронний ресурс] Режим посилання: https://elster.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=55
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: четчики.com/schetchiki-novator-ukraina
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
8. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>
10. Техпаспорт пірометра MiniTemp MT2 фірми Raytek.
11. Рулетка вимірювальна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://toolsua.com.ua/product/ruleтка-izmeritel'naya-10m/a12ddae3994411e7/?>
12. Технічні характеристики універсального вимірювача Testo 605-N1.
13. Паспорт енергоефективності об'єкта [електронний ресурс] Режим посилання: <https://etcu.com.ua/ua/pasport-energoefektyvnosti-ob-yekta/>

14. Енергетичний паспорт [електронний ресурс] Режим посилання: [https://chetc.org.ua/upload/manager/news/news_24\(06.09.2019\)/Energetichniy%20passport.pdf](https://chetc.org.ua/upload/manager/news/news_24(06.09.2019)/Energetichniy%20passport.pdf)

15. Розробка енергетичних паспортів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.nzeb.com.ua/ua/designing/developing/developing.html>

16. Аналіз теплотехнічних параметрів теплового захисту будівель [електронний ресурс] Режим посилання: file:///C:/Users/Мой%20ПК/Downloads/Vrabria_2018_1_10.pdf

17. Енергоефективність будівель в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <http://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivelua.html>

18. 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.

19. Теплоізолюючий матеріал [електронний ресурс] Режим посилання: www.vik-bud.com.ua

20. Теплоізолюючий матеріал [електронний ресурс] Режим посилання: <https://rhi.com.ua/p80066110-plita-teploizolyatsionnaya-mkrp.html>

21. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання: <https://f.ua/vents/mikra-80-a3.html#описание>

22. Теплова помпа [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.ecosvit.net/ua/octopus-is-120>

23. Сонячний колектор [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prel.prom.ua/a234066-zagalna-informatsiya-pro.html>

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

25. 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

26. Робота на висоті [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://leg.co.ua/knigi/pravila/pravila-ohoroni-praci-pid-chas-vikonannya-robit-na-visoti.html>

27. Правила виконання робіт на висоті, затверджені наказом Держгірпромнагляду від 27 березня 2007 р. № 62 (НПАОП 0.00-1.15-07);

29. Евакуація [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://www.bitlex.ua/uk/blog/terms/post/evakuatsiya>

30. Алгоритм дій керівника навчального закладу у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Управління освіти і науки Сумської міської ради - Суми, 2015р. -52с.

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Орієнтовний план евакуації для навчального закладу

Дії	Порядок і послідовність дій	Посада виконавця
1. Повідомлення про пожежу	У разі виявлення пожежі (ознак горіння) негайно повідомити про це пожежну охорону за номером телефону «__»(або по мобільному телефону «_____»), ввімкнути систему оповіщення людей про пожежу, повідомити керівника закладу, установи або працівника, що його заступає.	
2. Евакуація учнів і вихованців із будівлі, що загорілася, порядок евакуації за різних варіантів	У разі пожежі або по сигналу оповіщення (зазначається вид сигналу) всі учні та вихованці негайно виводяться назовні через коридори шляхами евакуації згідно з планом евакуації.	
3. Звірка евакуйованих із будівлі за списками	Усі евакуйовані з будівлі перевіряються за наявними в групах і класах поіменними списками (за журналами обліку занять).	
4. Розміщення евакуйованих	У денний час учнів і вихованців групами (класами) розміщають у будівлі (зазначити адресу). У нічний час їх евакуюють до будівлі (зазначити адресу)	
5. Гасіння пожежі працівниками закладу (установи) до прибуття підрозділів пожежної охорони	Негайно організується (по можливості)гасіння пожежі від моменту її виявлення працівниками закладу (установи),не залученими до евакуації учнів і вихованців . Для гасіння застосовуються всі наявні засоби пожежо-гасіння	