

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: «Підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ "Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»

Здобувачки групи ЕМ.м-21 Діденко Дарини Олександрівни
(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)

Дарина ДІДЕНКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

д.т.н. Микола СОТНИК

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

_____ (підпис)

Суми – 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 54 сторінки, 14 рисунків, 14 таблиць, 1 додаток, 27 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг» та розрахувати економічну доцільність їх впровадження.

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 ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»

Об'єкт дослідження: будівля ДПТНЗ «Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»

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

Тема роботи – **«Підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі ДПТНЗ "Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг»**

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 вимірювання.....	16
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	18
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 енергозбережних заходів.....	37
2.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів.....	37
2.1.1	Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	34
2.1.2	Встановлення сонячних панелей та вітрогенератора	36
2.2	Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	38
2.2.1	Встановлення індивідуального теплового пункту.....	39
2.2.2	Встановлення сонячних панелей для підігріву води.....	41
2.2.3	Встановлення рекуператора тепла	43
2.2.4	Встановлення датчиків руху в коридорі.....	46
2.3	Висновки за розділом.....	48
3.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	49
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	49
3.2	Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів.....	51
	ВИСНОВКИ.....	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
	ДОДАТОК А	58

ВСТУП

Сьогодні в Україні впроваджуються нові методи та програми, які б відображали реальну вартість виробництва та споживання енергоресурсів. Україна повинна розвивати ринкові відносини, унікальні способи поводження з енергією як товаром, що відповідають світовим цінам, способи розвитку культури енергоспоживання та вкорінення технології раціонального використання енергії в масовій свідомості всіх, особливо молодого покоління. Поряд із законодавчими, податковими, адміністративними та економічними механізмами, розвинені суспільства досягають цілей енергозбереження через освіту, інформування і, зрештою, свідомі та вмотивовані дії громадян [1].

На першому етапі реалізації національної політики енергозбереження в Україні основна увага приділяється заходам, які дають найбільший ефект при найменших витратах за рахунок підвищення рівня дисципліни та культури енергоспоживання. Тому питання освіти та підготовки кадрів у сфері енергозбереження має велике значення [1].

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України розробило порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності будівель. Це дозволяє власникам житла дізнатися про фактичний стан свого будинку та підвищити його енергоефективність, що призведе до щорічної економії ресурсів приблизно на 10% [2].

Сертифікація енергоефективності є обов'язковою для всіх об'єктів нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту, за винятком невеликих об'єктів класу незначного впливу (CC1). Сертифікацію енергоефективності проводить незалежний енергоаудитор, який потім видає енергетичний сертифікат. Він є невід'ємною частиною будівельного паспорта і дійсний протягом 10 років.

Крім того, наразі Мінрегіон розробляє методикау визначення енергоефективності будівель та їх відповідних рівнів, що дозволить запровадити єдиний підхід до визначення класів енергоефективності та встановлення

мінімальних вимог до них. Також буде затверджено єдиний порядок обстеження для оцінки та підвищення енергоефективності інженерних систем будівель [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Енергоаудит був проведений у будівлі Сумського професійного ліцею дизайну та сервісу по вул. Курській, 139.

Будівля побудована в 1970 році. Об'єкт енергетичного обстеження являє собою чотирьох-поверхову будівлю, яка має площу забудови 1166 м². Головний фасад зорієнтований на південний схід.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

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

- опалювальна площа будівлі 4515 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 16367 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 17490 м³.

Кількість працівників (відвідувачів) об'єкту – змінна та знаходиться у межах близько 250 осіб залежно від навчального навантаження аудиторій.

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 викладений плиткою. Стіни - звичайна цегляна конструкція на цементно-піщаному розчині, оштукатурена зсередини. Плити перекриття залізобетонні. Перегородки - цегляна кладка.

Підлоги складаються з шарів керамзитового утеплювача, цементної стяжки та плитки, а подекуди лінолеуму. Стелі виконані із залізобетону, керамзиту та руберойду.

Світлопрозорі конструкції (вікна) виготовлені з пластику, в одній кімнаті вікна мають подвійне скло.

Офісні двері дерев'яні, вхідні та запасні - 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 несправності виявлено не було.

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему теплопостачання. Договір на поставку тепла укладений з ТОВ «Котельня північного промислового вузла». Номер договору – 1234-Т.

Теплоносій в системі опалення – технічно підготовлена вода. Система опалення - двохтрубна вертикальна з верхнім розведенням.

У тепловому пункті, в якості вузла керування, встановлений елеваторний вузол (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Елеваторний вузол системи опалення

Якщо температура в системі опалення змінюється залежно від температури теплоносія, що надходить з тепломережі то елеваторний вузол забезпечує лише "якісне" регулювання теплоносія. Принцип роботи елеватора полягає у змішуванні теплоносія з тепломережі та води зі зворотного трубопроводу системи опалення до температури, яка відповідає критеріям системи [3].

Для зменшення потоку холодного повітря під вікнами встановлені опалювальні прилади

Під час перевірки було виявлено кілька порушень. У більшості приміщень опалювальні прилади закриті декоративними рамками, жалюзі або столами, що перешкоджає циркуляції повітря.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 521. Електрична енергія надходить від

трансформаторної підстанції ТП-105, що знаходиться на території 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 № 785.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони пр.Курський. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{\text{хв}}=0,4$ 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 студенти, викладачі та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

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

1.3.5 Система обліку енергетичних ресурсів

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



Рисунок 1.3 – Лічильник теплової енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності приладу	2
Живлення приладу	Автономне
Довжина кабеля	2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Під час обстеження системи електропостачання будівлі було встановлено, що облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу Меридиан СОЄ-1.02/2 електронний (рис. 1.4), термін повірки якого 14 серпня 2020 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

Холодна вода обліковується лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.5), термін повірки якого 16 липня 2020 р.

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 SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год
Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 28.11.2023 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 4210,26 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 ДПТНЗ "Сумський центр ПТО з дизайну та сфери послуг використовувались прилади: пірометр, далекомір, універсальний вимірювач.

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



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

Fluke 64 MAX - це інфрачервоний пірометр, який вимірює температуру поверхні в діапазоні від -30°C до $+600^{\circ}\text{C}$. Випромінювальну здатність можна регулювати від 0,1 до 1, що робить його придатним для будь-яких матеріалів, а оптична роздільна здатність 10:1 дозволяє проводити вимірювання на безпечних відстанях [7].

Компактний, точний і простий у використанні, прилад спеціально розроблений для роботи в суворих умовах з пилом, вібрацією і високою вологістю

(до 90%). Міцний корпус пірометра витримує падіння з висоти 3 метрів і контакт з водою [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 28.11.2023 р. Температура зовнішнього повітря на момент обстеження складала: -4°C .

Вимірювані параметри в будівлі склали:

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

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 55^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 45^{\circ}\text{C}$ (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 2020, 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.6 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

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

Місяці	2020 рік, Гкал	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал
Січень	91,9	92,4	87,1	80,7
Лютий	90,9	89,2	15,7	65,7
Березень	84,2	81,1	5,4	46,1
Квітень	61,6	60,4	0	0

Продовження таблиці 1.4

Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	67,2	66,4	45,2	-
Листопад	74,5	73,9	65,1	-
Грудень	87,5	86,8	78,1	-
Всього	557,8	550,2	296,6	-

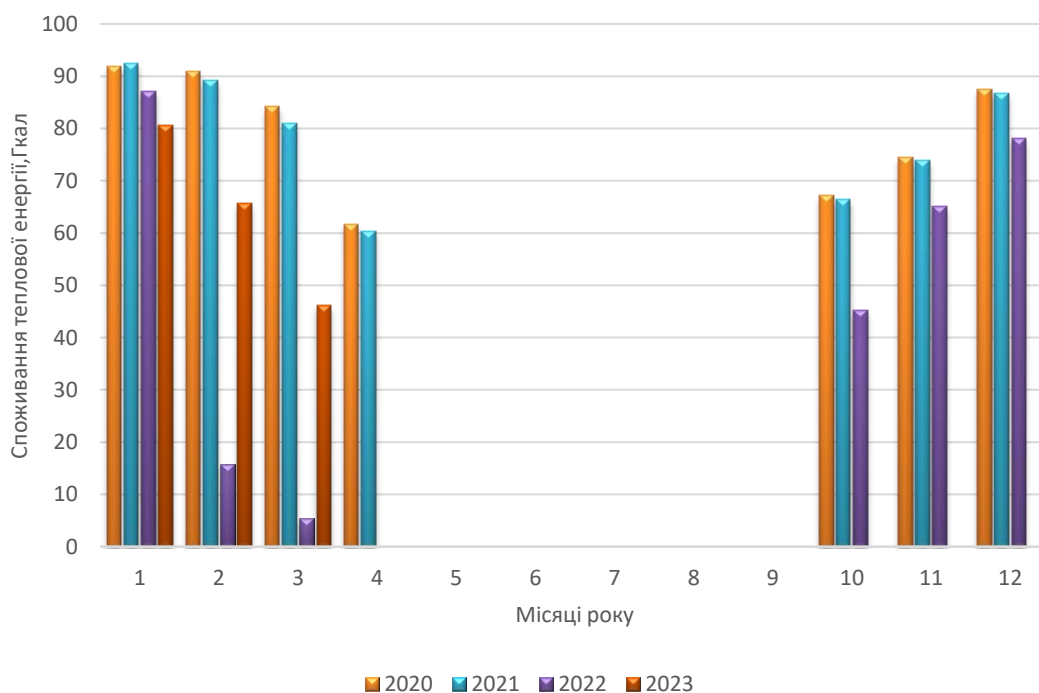


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2023 роки

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

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

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

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

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

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	4587	4573	3985
Лютий	4500	4493	856
Березень	4594	4590	754
Квітень	4493	4441	1896
Травень	3413	3399	2547
Червень	2420	2407	1962
Липень	2015	2049	1941
Серпень	2059	2144	1265
Вересень	2897	2754	2254
Жовтень	3376	3370	3084
Листопад	4981	4847	4012
Грудень	5682	5687	5217
Всього	45017	44754	29773

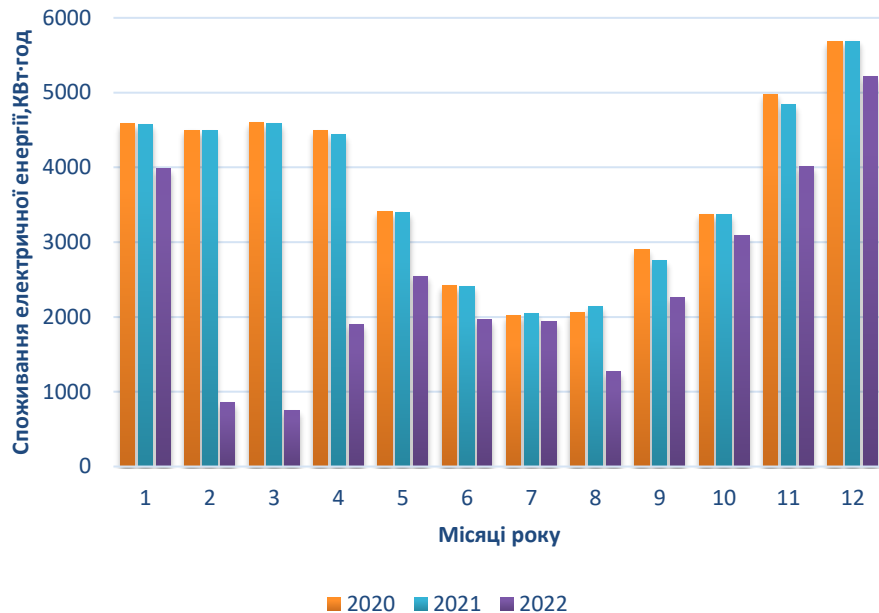


Рисунок 1.10 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

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 2020, 2021 та 2022 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 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м ³	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³
Січень	62	61	39

Продовження таблиці 1.6

Лютий	61	60	5
Березень	62	59	6
Квітень	60	60	11
Травень	59	58	18
Червень	60	58	26
Липень	37	36	24
Серпень	36	35	19
Вересень	35	34	18
Жовтень	64	63	24
Листопад	65	64	26
Грудень	66	65	28
Всього	667	653	244



Рисунок 1.11 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Як видно з діаграми, найменше води споживалося в 2022 році. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Кількість відвідувачів у будівлі була мінімальною.

1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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

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

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

A_f – 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]:

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

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

- за 2020-2021 рік – $Q_{оп} = 557,8$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 550,2$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 296,6$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,032$ Гкал/м³;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,031$ Гкал/м³;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,017$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,027$ Гкал/м³. Але враховуючи ситуацію з початком війни в лютому 2022 року, коли будівля була зачинена то споживання тепла було мінімальним. Тому осереднене значення енергоефективності будинку візьмемо за 2020-2021 р. ($EP = 0,032$ 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:

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

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

Такий стан усіх технічних та конструктивних елементів, що визначають енергоефективність процесів виробництва та підтримання теплового балансу в

будівлі, слід вважати таким, що не відповідає сучасним вимогам енергоефективності.

1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

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

Згідно з [12] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м² корисної площі.

$$\text{- 2020 рік: } \frac{45017 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{44754 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 9,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{29773 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4515 \text{ м}^2} = 6,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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 – 12 л/добу.

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{667000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 10,4 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{653000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 10,1 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{244000 \text{ л}}{230 \text{ людей}} \right) / 280 \text{ днів} = 3,4 \text{ л/добу};$$

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

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [14].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору 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]:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

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

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

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

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

$\Sigma Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

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

де ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

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

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

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

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [14]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\partial}^{inf} = 0,28 \cdot G_{n,\partial} \cdot F_{\partial} \cdot c \cdot (t_{\partial} - t_{z,p}) \cdot n_{\partial}, \text{ Вт} \quad (1.13)$$

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

t_{∂} , $t_{z,p}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{n,\partial}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м²·год);

F_{∂} – площа віконного прорізу, м².

n_{∂} – кількість одностипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням [13]:

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

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 – $2,1 \text{ м/с}$) [13];

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

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

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

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

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

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

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

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

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

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

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

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

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

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

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

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, $\text{Вт}/\text{м}^2$ ($q_c=250 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $q_T=100 \text{ Вт}/\text{м}^2$);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м^2 ;

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

Сумарні теплонадходження

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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

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

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

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [14] (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 на цементно-піщаному розчині	0,4	0,81
		Декоративна штукатурка	0,05	0,81
2	Дах	Залізобетонна плита	0,200	2,04
		Керамзит	0,15	0,12
		Рубероїд	0,004	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
		Лінолеум	0,005	0,35

Таблиця 1.8 - Значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Зовнішня стіна	4.0	0.8
Стеля:	7.0	1,52
Вікна	0.9	0,6
Двері	0.7	0,55
Підлога	5.0	0,42

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі				
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{\text{втр}}$, Вт	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{\text{тн}}$, Вт	Величина теплової потужності ΔQ , Вт	Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт
Навчальна будівля	440962	112335	328627	702182,5

1.9 Висновки до розділу

- Огороджувальні конструкції будівлі перебувають у задовільному стані.
- Будівля централізовано забезпечується тепловою енергією для опалення.
- Будівля централізовано забезпечена водою та каналізацією.
- Гаряче водопостачання здійснюється від електричного водонагрівача.
- На об'єкті ведеться облік споживання енергоресурсів. Здійснено Опис вимірювального обладнання та його технічні характеристики.
- Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Енергоефективність стає стратегічним напрямком для забезпечення енергетичної стійкості та ресурсозбереження. Це також може сприяти зменшенню впливу на навколишнє середовище та вирішенню кліматичних проблем.

Національний план дій з енергоефективності до 2030 року є важливим кроком для забезпечення сталого та ефективного використання енергії в Україні. Встановлення національних цілей та реалізація заходів у різних секторах, таких як житлові та бюджетні будівлі, транспорт, промисловість та енергетика, сприятиме скороченню споживання енергії та зменшенню впливу на довкілля.

Фінансова складова реалізації плану важлива, і вказана сума близько 56 млрд євро свідчить про серйозні зусилля та зобов'язання для досягнення поставлених цілей. Це також може включати різні джерела фінансування, включаючи державні кошти, інвестиції та міжнародну співпрацю [16].

Введення системи енергоменеджменту є важливим кроком у реалізації енергетичної ефективності в органах державної влади, місцевого самоврядування та в бюджетній сфері. Процес визначення базового рівня енергетичної ефективності, ведення реєстрів сертифікованих суб'єктів господарювання та органів влади, які впроваджують системи енергоменеджменту, грає ключову роль у визначенні та моніторингу прогресу [16].

Держенергоефективності, яка веде базу даних енергетичних та експлуатаційних характеристик будівель центральних органів виконавчої влади, відіграє важливу роль у зборі, аналізі та поширенні інформації щодо стану енергоефективності та впровадження енергоменеджменту в цих будівлях [16].

На об'єкті енергетичного обстеження обстеження є наступні системи енергозабезпечення:

- система теплопостачання;
- система електропостачання;
- система холодного водопостачання та водовідведення.

Зробимо опис основних заходів для підвищення рівня їх енергоефективності.

Система опалення будівлі змонтована у 80-х роках. В тепловому пункті встановлений елеваторний вузол. Кількість тепла, яке подається в будівлю регулюється в «ручному» режимі.

Встановлення погодозалежної автоматики на ввіді в будівлю є важливим етапом в підвищенні енергоефективності. Ця система дозволяє регулювати теплопостачання відповідно до погодних умов, що допомагає у зменшенні споживання енергії та забезпеченні оптимального комфорту в будівлі.

Погодозалежна автоматика може включати в себе різні компоненти, такі як термостати, датчики температури, системи управління опаленням та кондиціонуванням повітря. Ці компоненти пристосовані до змін зовнішнього середовища, таких як температура та вологість, і автоматично регулюють систему опалення для оптимальної ефективності.

Важливо провести такі заходи до чи під час виконання інших робіт, оскільки це дозволяє інтегрувати систему енергоефективності на ранніх етапах будівельного процесу, що може призвести до більш значущих вигод в подальшому.

Для підвищення рівня енергоефективності системи електропостачання потрібно щоб електричне живлення надавалося від електричної мережі з глухозаземленою нейтраллю 380/220 В та з системою заземлення TN-S або TN-C-S.

1. Система заземлення TN-S (Terre Neutre - Separate): У цій системі нульовий провідник і заземлюючий провідник є окремими. Тобто, існує окремий провідник для подачі струму і окремий провідник для заземлення.

2. Система заземлення TN-C-S (Terre Neutre - Combined - Separate): У цій системі нульовий і заземлюючий провідники починаються разом, але під час подачі

енергії до будинку розділяються. Внутрішні провідники у приміщенні розділені, зокрема, у системах електрообладнання.

Обираючи між системами TN-S і TN-C-S, слід враховувати вимоги стандартів безпеки та електротехнічних правил для конкретної області або країни, а також характеристики та потреби об'єкта.

Підвищення енергоефективності системи холодного водопостачання та водовідведення полягає насамперед у заміні металевих труб на пластикові, встановлення фільтрів, системи моніторингу споживання води.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення індивідуального теплового пункту

Пропонується заміна елеваторного вузла на сучасний індивідуальний тепловий пункт з погодозалежним регулюванням. Це є кроком у напрямку підвищення енергоефективності та оптимізації системи опалення.

Деякі переваги цього підходу [17]:

1. **Погодозалежне регулювання:** Такий тип регулювання дозволяє адаптувати подачу тепла в будівлю в залежності від зовнішніх погодних умов. Наприклад, в зимовий період може бути автоматично збільшено подачу тепла для забезпечення комфортної температури в приміщенні.
2. **Індивідуальний тепловий пункт:** Це дозволяє краще керувати тепловим режимом кожної окремої будівлі чи підсистеми. Замість централізованого елеваторного вузла, індивідуальний тепловий пункт забезпечить більше гнучкі налаштування відповідно до конкретних потреб.
3. **Енергоефективність:** Зменшення споживання енергії та оптимізація роботи системи можуть призвести до економії енергоресурсів та зменшення енергетичних витрат.

4. **Автоматизація:** Автоматичне погодозалежне регулювання дозволяє вирішувати питання регулювання тепла без прямого втручання людини, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту та ефективності.
5. **Модернізація:** Заміна застарілого обладнання на сучасне може поліпшити загальну надійність та функціональність системи опалення.

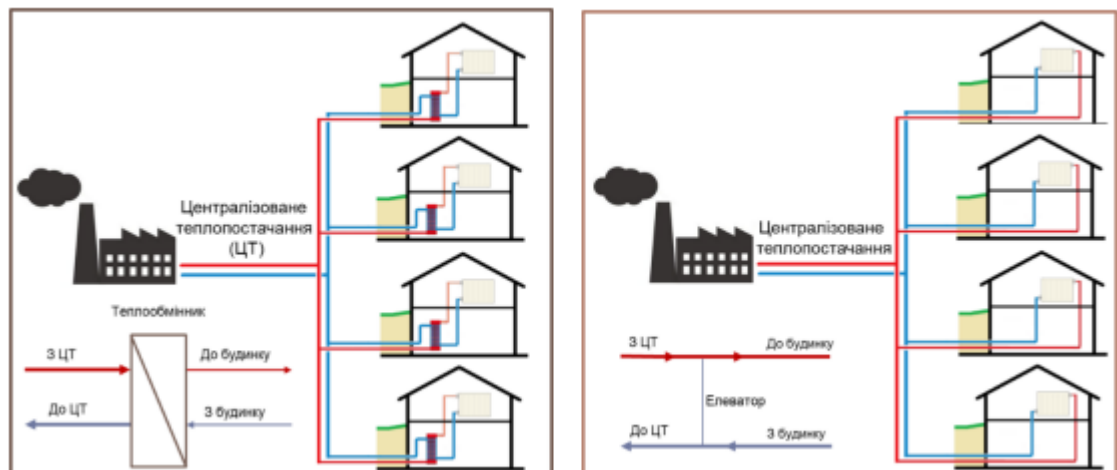


Рисунок 2.1 - Типи підключення теплових пунктів:

- а) через теплообмінник (незалежне), б – залежне підключення через елеватор (нерегульоване)

Згідно даних компаній, які займаються продажем та встановленням ІТП, вартість обладнання з доставкою та монтажем складає: $K = 850000$ грн [18].

Економія теплової енергії після встановлення ІТП складе 15% [17].

За 2021-2022 опалювальний рік навчальним закладом було спожито 550,2 Гкал теплової енергії.

Економія від впровадження даного заходу складає:

$$E = 550,2 \cdot 0,15 = 83 \text{ Гкал.}$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$\Delta E = 83 \cdot 4210,26 = 349451,6 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності:

$$T = \frac{850000}{349451,6} = 2,4 \text{ року.}$$

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 $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-850000	-850000		1		
1	0	349451,6	-500548,4	0,909	317683	-532317
2	0	349451,6	-151096,8	0,826	288803	-243514
3	0	349451,6	198354,8	0,751	262548	19034
4	0	349451,6	547806,4	0,683	238680	257715
5	0	349451,6	897258	0,621	216982	474697
6	0	349451,6	1246709,6	0,564	197256	671953
7	0	349451,6	1596161,2	0,513	179324	851277
8	0	349451,6	1945612,8	0,467	163022	1014298
9	0	349451,6	2295064,4	0,424	148202	1162500

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе $PP = 2,9$ роки.

2.2.2 Встановлення сонячних панелей для підігріву води

На даний час в будівлі встановлені електричні водопідігрівачі. Через зношеність системи електропостачання відбуваються часті аварійні відключення електричної енергії.

Пропонується встановлення сонячних панелей на даху будівлі для підігріву холодної води.

Середнє споживання гарячої води складає в середньому $0,4 \text{ м}^3/\text{добу}$.

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

Температура гарячої води – 40°C .

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

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб навчальної будівлі:

$$Q = 400 \cdot (40 - 10) \cdot 4,19 = 50280 \text{ кДж} = 14 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 5102 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 5102 \cdot 6,2 = 31632,4 \text{ грн} / \text{рік}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають згідно даних з інтернет-ресурсу [20] складають $K = 83200 \text{ грн}$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{83200}{31632,4} = 2,6 \text{ року}.$$

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

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – 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	-83200	-83200		1		
1	0	31632,4	-51567,6	0,909	28757	-54443
2	0	31632,4	-19935,2	0,826	26142	-28301
3	0	31632,4	11697,2	0,751	23766	-4535
4	0	31632,4	43329,6	0,683	21605	17070
5	0	31632,4	74962	0,621	19641	36712
6	0	31632,4	106594,4	0,564	17856	54567
7	0	31632,4	138226,8	0,513	16232	70800
8	0	31632,4	169859,2	0,467	14757	85557
9	0	31632,4	201491,6	0,424	13415	98972

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе $PP = 3,6$ року.

2.2.3 Встановлення рекуператора теплоти

Встановлення механічної припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла є важливим заходом для покращення енергоефективності та комфортності у будівлі. Давайте розглянемо деякі переваги цього заходу:

- 1. Енергоефективність:** Механічна вентиляція з рекуперацією тепла дозволяє ефективно використовувати тепло, яке вже присутнє в оточуючому повітрі, зменшуючи тим самим втрати тепла через вентиляційну систему.
- 2. Економія енергоресурсів:** Зменшення втрат тепла при вентиляції сприяє економії теплової енергії та, як наслідок, зменшенню витрат на опалення.

3. **Комфорт:** Збалансована вентиляційна система забезпечить постійний та свіжий повітря у будівлі, зменшуючи ризик утворення конденсату та інших проблем пов'язаних з вологістю.
4. **Зменшення використання кондиціонерів:** Рекуперація тепла також може допомогти влітку, зменшуючи необхідність використання кондиціонерів для охолодження повітря.
5. **Сприяння екології:** Зменшення споживання енергії також може внести свій внесок в зменшення викидів парникових газів, сприяючи екологічно відповідальному підходу.

Пропоную встановити рекуператор Venst - це приточно-витяжна прямоточна система вентиляція (приток і витяжка відбуваються одночасно без змішування повітряних потоків) [21].

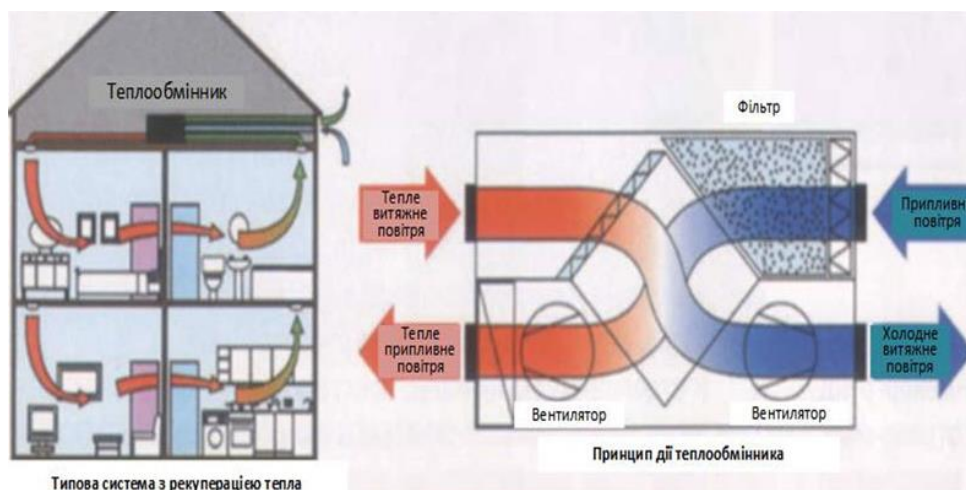


Рисунок 2.2 – Принцип рекуперації [21]

Виробником рекомендується встановити 40 рекуператорів Venst, які будуть встановлені в кожному приміщенні.

Визначемо економію теплової енергії при використанні рекуператора Venst:

$$\Delta Q_{e.6} = \eta \cdot Q_{e.6} = 0,2 \cdot 183213,7 = 36642,7 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати крізь вентиляцію за опалювальний період знайдемо за формулою 1.4:

$$Q_{cm}^{pik} = 36,6 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 = 78115,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 67,2 \text{ Гкал.}$$

Річна економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 67,2 \cdot 4210,26 = 282929,5 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Згідно інформації виробника вартість однієї установки становить 11000 грн [21], доставка безкоштовна. Вартість робіт по встановленню складає 50% від вартості установки. Вартість впровадження заходу знаходимо по формулі :

$$K = n \cdot (C_{тов} + C_{роб}) = 40 \cdot (11000 + 0,5 \cdot 11000) = 660000 \text{ грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{660000}{282929,5} = 2,3 \text{ року.}$$

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

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції <i>I</i> (капітальні витрати), грн	Вигоди <i>D</i> (дохід), грн	чистий грошовий потік, <i>Pt</i> , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-660000	-660000		1		
1	0	282929,5	-377070,5	0,909	257209	-402791
2	0	282929,5	-94141	0,826	233826	-168965

Продовження таблиці 2.3

3	0	282929,5	188788,5	0,751	212569	43604
4	0	282929,5	471718	0,683	193245	236848
5	0	282929,5	754647,5	0,621	175677	412525
6	0	282929,5	1037577	0,564	159706	572232
7	0	282929,5	1320506,5	0,513	145188	717419
8	0	282929,5	1603436	0,467	131989	849408
9	0	282929,5	1886365,5	0,424	119990	969398

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе $PP = 3,2$ року.

2.2.4 Встановлення датчиків руху в коридорах

З метою зменшення споживання електричної енергії пропонуємо встановити датчики руху в коридорах та санвузлах.

Використаємо датчики присутності фірми EXPERT Light ELSL-ST09-wh (рис.2.3) [22].



Рисунок 2.3 – Датчик руху [22]

Річну економію витрат в будівлі розраховуємо за формулою:

$$E = (n_1 \cdot N_1 + n_2 \cdot N_2) \cdot \Delta t \cdot T, \quad (2.1)$$

де n_1, n_2 - кількість ламп, шт.;

N_1, N_2 - потужність ламп, що знаходяться в коридорах, кВт;

Δt - час, протягом якого люди не знаходяться в приміщенні.

T – робота лампи за рік, год. Робота лампи 1100 год.

$$E = (50 \cdot 0,018 + 40 \cdot 0,015) \cdot 1 \cdot 1100 = 1650 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Економія в грошовому еквіваленті:

$$\Delta E = 1650 \cdot 6,2 = 10230 \text{ грн}.$$

Витрати на введення в експлуатацію датчиків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Витрати на введення в експлуатацію датчиків

Найменування	Ціна датчика, C_o грн	Ціна керуючого органа, C_k грн
EXPERT Light ELSL- ST09-wh	350	850

Необхідно встановити 20 датчиків руху в коридорах та санвузлах.

Витрати на встановлення датчиків будуть складати :

$$K = 20 \cdot (350 + 850) = 24000 \text{ грн}.$$

Тоді термін окупності складе:

$$T = \frac{24000}{10230} = 2,3 \text{ року}.$$

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	-24000	-24000		1		
1	0	10230	-13770	0,909	9300	-14700
2	0	10230	-3540	0,826	8455	-6245
3	0	10230	6690	0,751	7686	1440
4	0	10230	16920	0,683	6987	8428
5	0	10230	27150	0,621	6352	14780
6	0	10230	37380	0,564	5775	20554
7	0	10230	47610	0,513	5250	25804
8	0	10230	57840	0,467	4772	30576
9	0	10230	68070	0,424	4339	34915

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе $PP = 3,2$ року.

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 праці є надзвичайно важливим аспектом у всіх сферах, включаючи енергоменеджмент та роботу на енергетичних об'єктах. Розглянемо визначені вами фактори безпеки праці більш детально [23]:

1. Фізичні фактори:

- **Механічні впливи:** Ризик травм під час роботи з обладнанням або в умовах підвищеної вібрації може бути уникнутий за допомогою відповідного захисту, навчання техніці безпеки та використання спеціального обладнання [23].

- **Термічні умови:** Забезпечення робочого середовища, яке не перегрівається або не охолоджується в екстремальних температурних умовах, може бути досягнуте через вентиляцію, ізоляцію та регулювання термостату [23].

2. Хімічні фактори:

- **Хімічні речовини:** Ризик взаємодії з небезпечними хімічними речовинами можна знизити за допомогою захисного обладнання, навчання з безпеки та правильної обробки та зберігання речовин.

3. Біологічні фактори:

- **Мікроорганізми:** Застосування відповідних процедур та контроль за відповідністю стандартам щодо здоров'я та безпеки може захистити працівників від ризику інфекцій.

4. Психофізіологічні фактори:

- **Стрес:** Управління робочим навантаженням, надання психологічної підтримки та навчання стратегіям управління стресом можуть допомогти зменшити ризик стресу.

- **Нервово-психічні перевантаження:** Визначення робочих завдань та забезпечення відповідних періодів відпочинку та підтримки може сприяти психічному благополуччю працівників [23].

Безпека праці - це комплексний підхід, що включає в себе освіту, тренінг, захисне обладнання та системи управління для забезпечення найвищого рівня захисту для працівників.

Забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників в енергоменеджменті - це важливий елемент успішного функціонування будь-якого енергетичного об'єкта. Для досягнення цього мета важливо враховувати різноманітні аспекти [23]:

1. Безпечні технології:
 - Використання передових технологій та систем, які зменшують ризики для працівників.
 - Постійне вдосконалення технічних процесів для мінімізації можливих загроз.
2. Навчання та тренінг:
 - Проведення регулярних тренінгів та навчань для працівників з питань безпеки та правил користування обладнанням.
 - Своєчасне інформування про нові стандарти безпеки та процедури.
3. Захисне обладнання:
 - Забезпечення працівників необхідним захисним обладнанням для запобігання можливим травмам чи впливам небезпеки.
 - Регулярна перевірка та підтримка захисного обладнання.
4. Оцінка ризиків:
 - Регулярні аудити та оцінки ризиків для ідентифікації потенційних небезпек та розробки заходів для їхнього запобігання.
5. Системи управління:
 - Впровадження ефективних систем управління безпекою праці та здоров'я працівників.
6. Запобігання аваріям:
 - Розробка та виконання планів надзвичайних ситуацій для мінімізації можливих наслідків аварій.

Врахування цих аспектів дозволяє створити безпечне та ефективне робоче середовище для всіх працівників енергетичних об'єктів.

3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електрична безпека

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» [24], майже всі приміщення відносяться до категорії 2 «приміщення підвищеної небезпеки», оскільки вони обладнані комп'ютерами та деякі електричними плитами.

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

Пожежна безпека

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

Будівля обладнана первинними засобами пожежогасіння: внутрішнім протипожежним водопроводом та ручними вогнегасниками Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [25], будівля за ступенем пожежної безпеки приміщень відноситься до категорії В. Пожежні крани розташовані в коридорах, на сходових площадках та у входах. Переносні вогнегасники передбачені в пожежних щитах.

Мікроклімат

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

Температура повітря:

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

Зазвичай рекомендовані температурні межі для легких робіт становлять від 20 до 24 градусів Цельсія [10].

Відносна вологість повітря:

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

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

Швидкість руху повітря:

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

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

Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщенні важливо для підтримання здоров'я та продуктивності працівників. Використання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря може бути необхідним для досягнення оптимальних параметрів мікроклімату. Також, регулярні вимірювання та оцінки мікроклімату можуть допомогти вчасно виявити та виправити будь-які аномалії [10].

Шум

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

Для забезпечення комфортних умов праці та відповідності нормам безпеки, рівень шуму в таких приміщеннях повинен відповідати встановленим стандартам. У вказаному вами випадку рівень шуму повинен бути не більше 50 децибелів (дБА) [26].

Освітленість

З метою забезпечення оптимальних умов освітлення для зорової роботи в приміщенні, важливо враховувати як природне, так і штучне освітлення. Основні вимоги до освітлення визначаються стандартами і нормами, такими як ДБН В.2.5-28:2018 [27].

1. Природне освітлення:

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

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

2. Штучне освітлення:

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі Сумського професійного ліцею дизайну та сервісу по вул. Курській, 139.

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

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

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

Була розрахована теплова потужність будівлі, яка склала **328627** Вт.

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

З метою підвищення рівня енергоефективності систем енергозабезпечення будівлі пропоную запровадити наступні енергозбережні заходи:

- встановлення індивідуального теплового пункту;
- встановлення сонячних панелей для підігріву води;
- встановлення рекуператора теплоти;
- встановлення датчиків руху.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шкільний енергоменеджмент [електронний ресурс] Режим посилання: https://enefcities.org.ua/upload/files/Методологія_011216.pdf
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. Елеваторний вузол [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aw-therm.com.ua/individualnij-teplovij-punkt-shemi-ta-rishennya/>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://isker.com.ua/ru/category/pollutherm-slovakia-prais>
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-Qp6WC8N0Y9Ezss02hwOkBoCx_AQA 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. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
13. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://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. Енергоефективність [електронний ресурс] Режим посилання: <https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency>
17. Модернізація системи опалення в багатоповерхівках [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefund.org.ua/modernizaciya-sistemi-opalennya-u-bagatokvartirnikh-budinkakh-ekonomiya-ta-bezpeka>
18. Вартість ІТП [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/04/28/624358/>
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. Сонячна система [електронний ресурс] Режим посилання: <https://karno.ua/ua/-altek-altek-sp-cl-30/>
21. Рекуператор теплоти [електронний ресурс] Режим посилання: <https://superdim.info/sistemi/sistema-rekuperacii.html>
22. Датчик руху [електронний ресурс] Режим посилання: <https://epicentrk.ua/ua/shop/datchik-dvizheniya-expert-light-elsl-st09-wh.html>

23. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:
https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv

24. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 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. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>

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

ДОДАТОК А

Розрахунок теплової потужності будівлі

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