

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 функціонування системи теплозабезпечення групи торгівельних приміщень «Амбар-Маркет» за рахунок впровадження альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-31 Москаленка Євгенія Олександровича
(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)

Євген МОСКАЛЕНКО
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

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

_____ (підпис)

Суми – 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 21.10.2024 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 58 сторінок, 14 рисунків, 13 таблиць, 1 додаток, 23 літературних джерела.

Метою роботи є розробка заходів для альтернативного енергозабезпечення групи торгівельних приміщень «Амбар-Маркет» .

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану торгівельних приміщень «Амбар- Маркет» та систем енергозабезпечення;
- визначення ключових сфер, де можна модернізувати системи енергозабезпечення;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраних напрямів модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозбережних заходів.

Предметом дослідження є енергетичні процеси в системах енергозабезпечення торгівельних приміщень «Амбар-Маркет».

Об'єкт дослідження: торгівельні приміщення «Амбар-Маркету».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ОБСТЕЖЕННЯ, ПРОЦЕС, ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, НЕБЕЗПЕЧНИЙ ФАКТОР.

Тема роботи – **«Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення групи торгівельних приміщень «Амбар-Маркет» за рахунок впровадження альтернативного енергозабезпечення»**

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	10
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	10
1.3.1 Система теплопостачання	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування.....	11
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	14
1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань.....	15
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	16
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	17
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	17
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	19
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	20
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	22
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	22
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	24
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	24
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	31
1.9 Висновки за розділом.....	35
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	36
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	36
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів.....	39

2.2.1 Встановлення сонячних панелей	39
2.2.2 Встановлення теплового насоса для опалення будівлі	42
2.2.3 Встановлення системи акумулювання енергії.....	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 Розрахунок аварійного освітлення.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТОК А	58

ВСТУП

На даний час енергопостачання здійснюється в основному з невідновлюваних джерел, більшість з яких зосереджена в декількох географічних районах. Це робить світові енергетичні системи вразливими до короткострокових потрясінь (наприклад, суперечок з постачальниками енергії), але в довгостроковій перспективі призводить до дисбалансу попиту і пропозиції, тому Міжнародне енергетичне агентство вважає, що енергоефективність «є дуже важливим інструментом зниження навантаження на ланцюжок поставок енергії» [1].

Крім того, очевидні негативні екологічні наслідки від збільшення споживання енергії. На думку багатьох експертів енергоефективність є не тільки одним з найефективніших, але й одним з найдешевших засобів зменшення викидів парникових газів, а отже збереження довкілля, підвищення здоров'я та якості життя людей [1].

Більш ощадливе енергоспоживання напряду або опосередковано сприятиме досягненню більшості цілей сталого розвитку ООН до 2030 року, зобов'язання щодо досягнення яких в тому числі взяла на себе Україна [1].

Україна щорічно споживає близько 92 млн тон нафтового еквіваленту енергії (тне) та має одну з найбільш енергоємних та енергозалежних економік в світі [1]. Значний обсяг енергоресурсів є імпортованим – третина первинної енергії імпортується, крім того вони неефективно використовуються, що в цілому загрожує національним інтересам та національній безпеці країни. Якщо українська економіка мала б енергоємність на середньосвітовому рівні це дозволило б скоротити споживання енергії приблизно на 50 млн тне [1].

Однією з ключових перешкод для ширшого впровадження рішень з енергоефективності є високі початкові витрати, а також тривалий період окупності, що може стримувати домогосподарства від інвестування [2].

Одним із перспективних механізмів подолання цієї проблеми може стати «зелена іпотека на відбудову» – пропонування домовласникам вигідних умов фінансування енергоефективного будівництва чи реконструкції. Зелена іпотека на

відбудову може бути пристосована до специфічних потреб України через пропонування гнучких умов виплати та потенційну інтеграцію субсидій чи грантів для бідних домогосподарств у постраждалих регіонах. На відміну від традиційних іпотечних кредитів, ці позики враховують довгострокову економію енергії завдяки підвищенню енергоефективності [2].

Об'єктом енергетичного обстеження є торгівельні приміщення «Амбар-Маркету» за адресою м. Суми, пр-т Свободи, 25.

Призначенням даного енергетичного аудиту є оцінка рівня ефективності та реального стану систем енергопостачання торгівельних приміщень «Амбар – Маркету» та розробка альтернативного енергозабезпечення.

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

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

«Амбар-Маркет» - сучасний заклад, який займається роздрібною торгівлею продуктів харчування та господарських товарів.

Як один з типових закладів для енергетичного обстеження була вибрана будівля «Амбар-Маркету» за адресою пр-т Свободи, 25 в м. Суми.

Дана будівля загальною площею 560 м², має один поверх. Головний фасад зорієнтований на північ.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі «Амбар – Маркет» в м. Суми

Мною було зібрано інформацію про технічні характеристики будівлі. Дана інформація була взята об'єкті енергетичного обстеження:

- опалювальна площа будівлі 820 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 1980,7 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 2568,5 м³;

- розрахункова кількість людей, що одночасно знаходяться в будинку протягом робочого дня – 250 чоловік;
- графік роботи супермаркету - 08⁰⁰-22⁰⁰.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Під час енергетичного обстеження я встановив, що конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будівлі наступне.

- фундамент будівлі - залізобетонні плити;
- зовнішні стіни складаються з утеплювача, цегляної кладки, штукатурки
- покрівля над приміщеннями – залізобетонна плита, перегородки з бруса, сучасний гідробар'єр, утеплювач, профнастил;
- покриття на підлозі: бетон та шар керамічної плитки;
- перегородки – цегляні та гіпсокартон;
- світлопрозорі конструкції виконані з пластикових профілів з однокамерним склопакетами;
- вхідні двері та запасні двері – металопластикові. На вхідних дверях встановлена теплова завіса, яка зменшує тепловтрати через постійне відкривання дверей.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

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

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему теплопостачання (Додаток А). Договір на поставку тепла укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Номер договору – 23Т.

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

Доступ до теплового пункту не обмежений. В тепловому пункті наявне освітлення а також технічна документація.

Система опалення досліджуваного об'єкта включає наступне устаткування:

- запірно-регулююча арматура Ø50 мм в кількості 4 шт;
- лічильник обліку теплової енергії -1 шт;
- елеваторний вузол – 1 шт;
- опалювальні прилади – біметалеві радіатори в кількості 15шт.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 148. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-305. 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 № 450.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони пр-т Свободи. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{\text{хв}}=0,22$ МПа. Водовідведення в будівлі– централізоване.

Основними споживачами води є викладачі та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Система вентиляції та кондиціонування в будівлі – механічна. Встановлені сучасні кондиціонери в кількості 10 штук.

1.3.5 Система обліку енергетичних ресурсів

Під час обстеження теплового пункту було встановлено, що на подаючому трубопроводі системи тепlopостачання встановлений тепловий лічильник типу «QALCOSONIC HEAT 1», (рис 1.2), термін повірки якого 21 червня 2023 р.

Періодично відбувається обслуговування лічильника представниками ТОВ «Сумитеплоенерго».



Рисунок 1.2 – Лічильник обліку теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності приладу	2
Батарейне живлення	3,6 В
Кліматичний клас експлуатації	С
Тип встановлення	Горизонтальний
Температура вимірювання	0 – 150 °С

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником типу ЛТ-3Т, електронний (рис. 1.3), термін повірки - 18 квітня 2020 р

Лічильник встановлений в спеціальному захисному коробі на вводі до будівлі маркету.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць представником ТОВ «Сумиобленерго».



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника ЛТ-3Т [4]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	380 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	2
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	6 роки
Номінальна частота	50 Гц
Срок служби	30 років

Для обліку холодної води використовується лічильник «Новатор» (рис.1.4).

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



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника [5]

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

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ, згідно наданої інформації на об'єкті енергетичного обстеження:

теплова енергія – 4101,43 грн/Гкал;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;
електрична енергія – 6,2 грн / кВт·год.

1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Під час енергетичного обстеження в будівлі мною використовувались наступні прилади:

- пірометр;
- далекомір;
- універсальний вимірювач.

Пірометр використовувався для вимірювань температури поверхонь безконтактним способом (рис 1.5).



Рисунок 1.5 – Неконтактний пірометр [6]

Fluke 64 MAX - це інфрачервоний пірометр, який вимірює температуру поверхні в діапазоні від -40°C до +700°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 [6].

Для вимірювання геометричних розмірів приміщення мною використовувалась лазерна рулетка (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Лазерна рулетка [7]

Для виміру вологості повітря використовувався універсальний вимірювач вологості testo 605-h1 (рис 1.7).



Рисунок 1.7 - Універсальний вимірювач вологості 605-h1 [8]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 15.11.2024 р. Температура зовнішнього повітря на момент обстеження складала: 0°C.

Вимірювані параметри в будівлі склали:

1) середня температура повітря по приміщенню склала $T_v = 18-20$ °С, що відповідає санітарним вимогам [9].

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 62$; $T_2 = 43$ °С. Дані параметри були виміряні пірометром на подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення.

3) відносна вологість повітря – 52%, що відповідає вимогам норм і правил [10].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії у 2021, 2022, 2023 та 2024 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.8 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

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

Місяці	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал	2024 рік, Гкал
Січень	20,5	19,3	18,7	19,9
Лютий	19,8	15,3	14,6	15,8
Березень	9,7	0,8	6,9	4,6
Квітень	1,2	-	1,4	2,7

Продовження таблиці 1.4

Травень	-	-	-	-
Червень	-	-	-	-
Липень	-	-	-	-
Серпень	-	-	-	-
Вересень	-	-	-	-
Жовтень	3,7	1,9	3,9	2,9
Листопад	16,1	14,8	15,2	-
Грудень	19,7	20,1	19,3	-
Всього	90,7	72,2	80	-

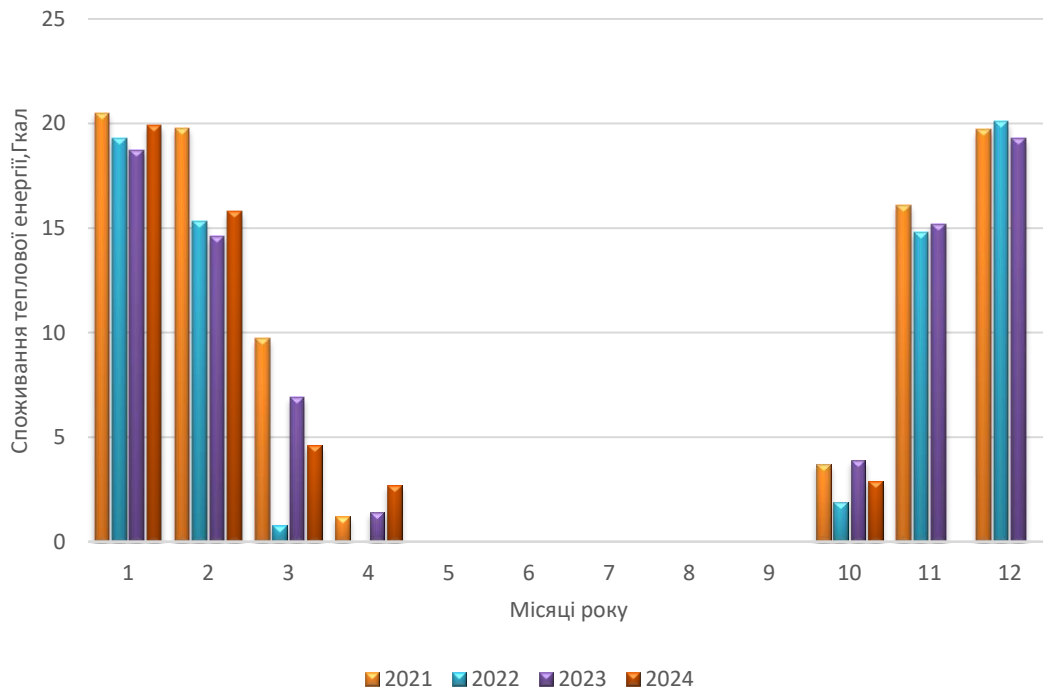


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання теплової енергії за 2021-2024 роки

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

Найменше теплової енергії споживалось та березні місяці 2022 року. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Заклад не працював. Споживання теплової енергії в даний час було мінімальним.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.5 та на рисунку 1.9 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

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

Місяці	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год	2023 рік, кВт·год
Січень	7210	7250	7056
Лютий	7050	6850	6980
Березень	6950	450	6201
Квітень	6250	365	6580
Травень	5980	1450	5980
Червень	6120	3560	6320
Липень	6850	4850	5870
Серпень	6902	5630	6320
Вересень	6950	6520	6102
Жовтень	7030	7123	6980
Листопад	7120	7030	7012
Грудень	7100	7010	7120
Всього	81512	58088	78521

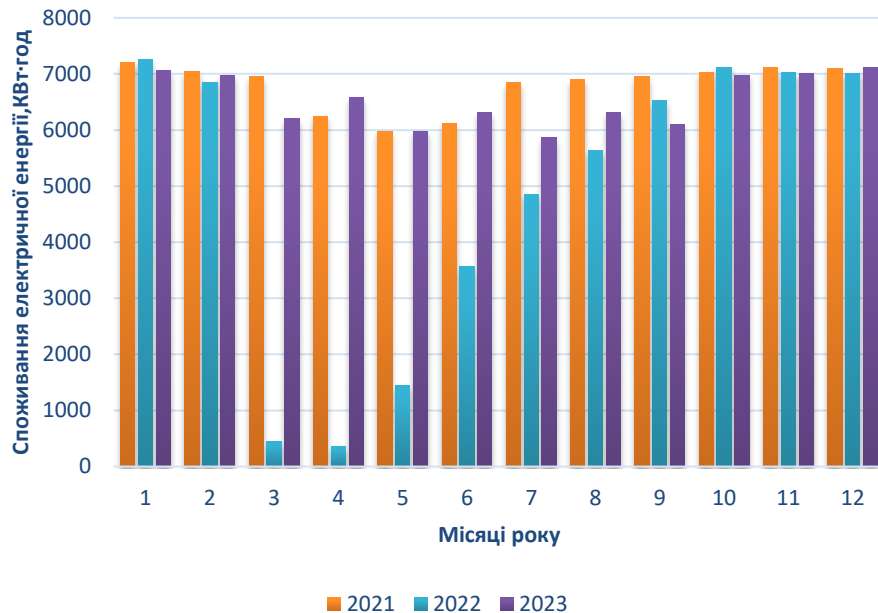


Рисунок 1.9 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

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

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

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.6 та на рисунку 1.10 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.6 – Споживання холодної води за 2021-2023 роки

Місяці	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³	2023 рік, м ³
Січень	26	22	25

Продовження таблиці 1.6

Лютий	24	19	29
Березень	22	3	26
Квітень	20	3	21
Травень	19	10	23
Червень	22	16	22
Липень	21	21	21
Серпень	26	22	24
Вересень	22	24	25
Жовтень	28	28	24
Листопад	27	29	26
Грудень	31	31	25
Всього	288	228	291

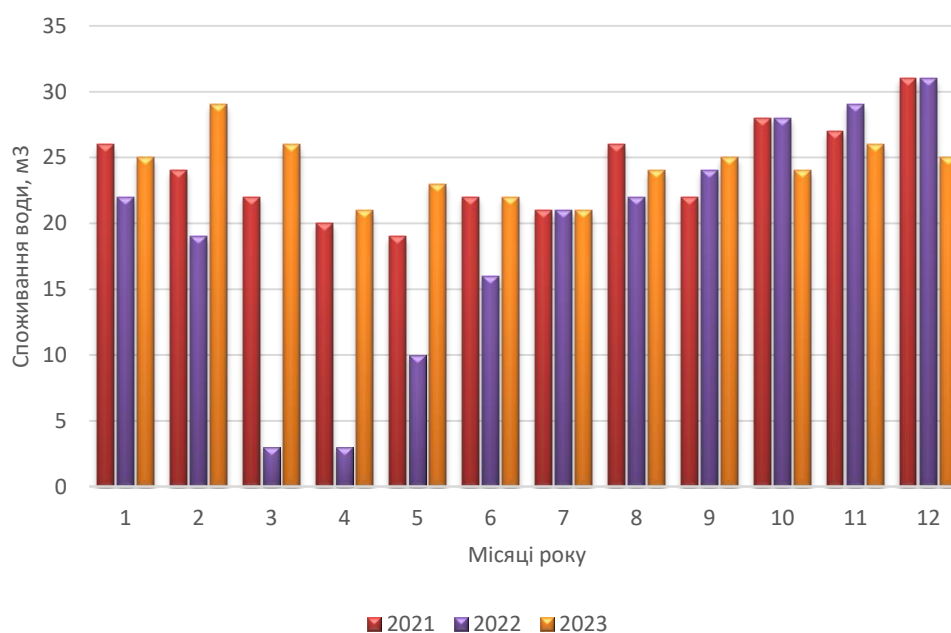


Рисунок 1.10 - Діаграма споживання води за 2021-2023 роки

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

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

1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

Питома енергопотреба (EP) – показник енергетичної ефективності будівлі, що визначає кількість енергії, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях, і належить до одиниці опалюваної (кондиціонованої) площі або об'єму будівлі [10]:

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

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 [10]:

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

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 підприємств торгівлі першої температурної зони становлять [10]:

$$EP_{max} = 45 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,039 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

- за 2020-2021 рік – $Q_{оп} = 90,7$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 72,2$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 80$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,046$ Гкал/м³;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,037$ Гкал/м³;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,041$ 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:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,041 - 0,039}{0,039} \right) \cdot 100\% = 6\%$$

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.

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки для оцінки енергетичного стану будівлі виконано згідно методики [11].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Wt$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [11].

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, $m^2 \cdot K/Wt$;

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

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) [11];

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 [11]:

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

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

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

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

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

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги) [11]:

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

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

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [11];

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

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [11].

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню [11]:

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

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

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

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

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [11].

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

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

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

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

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

$t_g, t_{з.р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м²·год);

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

n_g – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням [11]:

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

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

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

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

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [11];

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

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (при нормальних умовах $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$) [14]:

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

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

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

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

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

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ [11];

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

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей [14]

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

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

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

$G_{з,д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год [11]:

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

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

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

$v_{ср,н,д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається $0,8 \text{ м/с}$), м/с [11];

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

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

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 $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$ [11];

$t_в$ і $t_{з,р}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ [11];

$V_{п}$ – внутрішній об'єм приміщення, м^3 [11];

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$ [11];

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 $k_V=0,85$) [11].

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей згідно методики [11]:

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

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

Теплонадходження від працюючого електроустаткування [11]:

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

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 [11]:

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

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

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

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

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

$k_{o.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{o.п}=0,6$) [11].

Сумарні теплонадходження [11]:

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі [11]:

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

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 [12]

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики зовнішніх огорожуючих конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної + цементно-піщаний розчин	0,55	0,81
		Утеплювач мінеральна вата	0,1	0,037
		Декоративна штукатурка	0,005	0,81
2	Дах	Залізобетонна плита	0,200	2,04
		Утеплювач мінвата	0,1	0,037
		Профнастил	0,008	0,17
3	Вікна	Металопластикові	–	–
4	Двері	Металопластикові	-	-
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81
		Керамічна плитка	0,007	1,1

Таблиця 1.8 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, $^{\circ}\text{C}$	20
Температура в підвальному приміщенні, $^{\circ}\text{C}$	10
Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м^2	725,4
Загальна площа поверхні даху, м^2	845
Загальна площа вікон металопластикових, м^2	70
Загальна площа дверей, м^2	10
Загальна площа поверхні над підвалом, м^2	400
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м^3	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м^3	1980,7
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\text{кг}/\text{м}^3$	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення, год-1	0,8
Кількість людей в приміщенні	250
Явні теплонадходження від людей, Вт	103

Продовження таблиці 1.8

Номінальна потужність електроустаткування, Вт	11000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення, Вт	60
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	40
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем, Вт	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні, Вт	100
Площа заповнення світлових прорізів, м ²	35
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	35
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт	3,54
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	2,96
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,75
Приведений опір теплопередачі для вікон (металоплас.), (м ² ·К)/Вт	0,75
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,33
Втрати теплоти через стіни, Вт	9221,186441
Втрати теплоти через стелю, Вт	12846,28378
Втрати теплоти через двері, Вт	784
Втрати теплоти через вікна (металопластикові), Вт	4200
Втрати теплоти через підлогу, Вт	12121,21212
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, Вт	7091,28
Тепловтрати на витяжну вентиляцію, Вт	22172,13802
Сумарні тепловтрати, Вт	68436,10037
Теплонадходження від людей, Вт	25750
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	3047,55
Теплонадходження від джерел освітлення, Вт	576
Теплонадходження від сонячної радіації, Вт	7350
Сумарні теплонадходження, Вт	36723,55
Теплова потужність будівлі, Вт	31712,6

1.9 Висновки до розділу

- Огороджувальні конструкції будівлі маркету без видимих дефектів.
- Будівля централізовано забезпечується тепловою енергією для опалення, холодною водою та водовідведенням.
- На об'єкті ведеться облік споживання енергоресурсів. Здійснено опис вузлів обліку енергетичних ресурсів та їхні технічні характеристики.
- Зібрано дані щодо споживання енергетичних ресурсів за останні три роки.
- Виконано аналіз споживання теплової енергії та її порівняння з нормативними показниками.
- Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 31712,6 Вт.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Альтернативне енергозабезпечення вимагає впровадження комплексних енергозберігаючих заходів, які зменшують споживання енергії та підвищують ефективність її використання. Наведу перелік можливих заходів для обстежуваної будівлі.

1) Встановлення систем акумуляування енергії.

Системи акумуляування енергії відіграють важливу роль у забезпеченні стабільного енергопостачання, особливо в умовах використання відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей, вітрогенераторів), які можуть генерувати енергію нерівномірно. Вони дозволяють накопичувати надлишкову енергію для використання в періоди пікового споживання або відсутності генерації.

Дані системи дозволяють уникнути аварійних та чергових відключень електричної енергії. Підтримують стабільну напругу в електромережі.

Перевагами встановлення систем акумуляування енергії є:

- 1) Забезпечують електроенергією навіть у разі аварійного відключення мережі.
- 2) Зменшення плати за споживання електроенергії в піковий час.
- 3) Забезпечують ефективне використання відновлюваних джерел енергії.
- 4) Можливість інтеграції з різними джерелами енергії.
- 5) Зменшують залежність від традиційних джерел.

Недоліками встановлення даних систем є:

- 1) Вартість акумуляторів та інсталяції може бути значною.
- 2) Батареї потребують заміни через кілька років.
- 3) Виробництво та утилізація акумуляторів можуть мати негативний екологічний вплив.

2) Встановлення сонячних модулів.

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

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

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

Використання відновлюваної енергії зменшує викиди CO₂ та інші забруднення.

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

3) Встановлення теплового насоса.

В останні роки тема теплових насосів стала дуже актуальною. Цьому процесу сприяє і той факт, що ціни на викопні види палива (газ, вугілля) постійно зростають [15].

Тепловий насос – це окремий клас холодильних машин, що використовують у своїй роботі фізичну властивість речовини поглинати або віддавати тепло при переході з одного агрегатного стану в інший [15]. Для обстежуваної будівлі це є енергія навколишнього середовища, яка в тепловому насосі перетворюється в теплову енергію, необхідну для опалення, охолодження та ГВП [15].

Теплові насоси класифікують за конструкцією первинного контуру теплообмінника [15]:

- ґрунтові;
- водяні;
- повітряні.

Для отримання тепла від ґрунту, температура якого майже не змінюється протягом року, використовують ґрунтові теплові насоси. Теплову енергію ґрунту відбирає розчин води (сольовий, пропілен- або етилен- глікольвовий), який циркулює по ґрунтовому теплообміннику першого контуру і прокачується через випарник теплового насоса, віддаючи цю енергію холодоагенту [15].

Ґрунтовий тепловий насос – досить універсальна система, яку можна використовувати практично всюди. Існує багато різновидів ґрунтових теплообмінників, але можна виділити основні варіанти: горизонтальний колектор і геотермальний зонд.

Водяний тепловий насос використовує енергію ґрунтових вод, які прокачуються (або проливаються) через випарник теплового насоса. Ґрунтові води мають постійну температуру і мають високу тепловіддачу, що і забезпечує підвищену ефективність і стабільність системи «вода-вода». З точки зору ефективності найкращим є тепловий насос «вода-вода». Але для використання установки такого типу необхідна наявність під ділянкою достатньої кількості ґрунтових вод [15].

Використання навколишнього повітря в якості джерела теплової енергії не вимагає облаштування додаткового контуру для збору низькопотенційного тепла, тому початкові витрати на установку теплового насоса «повітря-вода» набагато нижчі, ніж для інших типів теплових насосів. Однак низька температура повітря в зимовий період значно знижує ефективність повітряного теплового насоса в порівнянні з тепловими насосами іншої конструкції.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення сонячних панелей

Продуктовий супермаркет – місце з постійним перебуванням людей. Електрична енергія в маркеті грає важливу роль для забезпечення належної роботи та правильного функціонування основних процесів (освітлення, робота касових апаратів, підсвічування полиць з товарами, холодильне обладнання тощо).

Пропоную встановити сонячні батареї для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення та роботи касових апаратів.

Методика розрахунку наведена в [14].

Для забезпечення системи освітлення та роботи касових апаратів потрібно приблизно 60 кВт електричної енергії

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20% [14].

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

Обираємо сонячні панелі RISEN 585 В (рис.2.1) [15].



Рисунок 2.1 – Вигляд сонячної панелі [15]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,585 = 0,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періоду відповідно [14];

0,585 – потужність однієї панелі, кВт/год [15]

Необхідна кількість панелей згідно [14]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.2)$$

Для зимового періоду:

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

Як показують розрахунки необхідно встановити 240 панелей.

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [14]:

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

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{72 \cdot 6}{12 \cdot 0,7} = 51 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Обираємо 1 акумулятори LX12-80MG - 12В - 75 А/ч [16].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи доставку та монтаж з додатковими матеріалами (40 % від вартості панелей) складає приблизно $K = 2436000$ грн [15].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Споживання електричної енергії за рік освітленням та роботою касових апаратів складає:

$$C = 60 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{добу} \times 30 \text{ днів} \cdot 12 \cdot = 21600 \text{ кВт}\cdot\text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 21600 = 133920 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2436000}{133920} = 18,2 \text{ роки.}$$

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [17].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-2436000	-2436000		1		
1	0	133920	-2302080	0,909	121745	-2314255
2	0	133920	-2168160	0,826	110678	-2203577
3	0	133920	-2034240	0,751	100616	-2102961

Продовження таблиці 2.1

4	0	133920	-1900320	0,683	91469	-2011492
5	0	133920	-1766400	0,621	83154	-1928338
6	0	133920	-1632480	0,564	75594	-1852743
7	0	133920	-1498560	0,513	68722	-1784021
8	0	133920	-1364640	0,467	62475	-1721547
9	0	133920	-1230720	0,424	56795	-1664752
10	0	133920	-1096800	0,386	51632	-1613120
..
25	0	133920	912000	0,092	12360	-1220403

Дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу складе більше $PP = 25$ років.

2.2.2 Встановлення теплового насоса для опалення будівлі

На даний час в будівлі система опалення - централізована. В зв'язку з постійними обстрілами критичної інфраструктури, та забезпечення будівлею альтернативною тепловою енергією пропонуємо встановити сучасний тепловий насос.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [14].

Розрахунок теплового насоса для системи опалення будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

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

$$P_{\text{ти}} = \frac{Q \cdot 24}{(20 + 2)}, \text{Вт.} \quad (2.4)$$

2) Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{\text{бак}} = \frac{P_{\text{ТН}} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)}, \text{ л.} \quad (2.5)$$

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

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{\text{ТН}}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.6)$$

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

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [14].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [14].

4) Місце для розміщення – територія біля будівлі.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення
Теплова потужність системи опалення	Вт	31712,6
Опалювальна площа будівлі	м ²	820
Час роботи теплового насоса	год	24
Температура повітря	С	20
Температура ґрунта	С	-6
Густина води	кг/м ³	998
Питома теплоємність води	кґ/К	4200
Початкова температура теплоносія на вході в бак	С	35
Кінцева температура теплоносія на виході з бака	С	0
Питомий тепловий потік	Вт/м	50
Коефіцієнт перетворення теплового насосу		4,6

Продовження таблиці 2.2

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	Євро	25000
Курс євро на момент розрахунку		45,4
Кількість споживання теплової енергії будівлею за опалювальний період	Гкал	80
Ціна за 1 Гкал	грн	4101,43

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
Потужність насоса	Вт	29273,16923
Об'єм бака-акумулятора	л	718,3306015
Необхідна довжина труб	м	458,1887358
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	1135000
Монтаж теплового насосу	грн	340500
Загальна вартість теплового насосу	грн	1475500
Споживання теплової енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	328114,4
Простий термін окупності	рік	4,5

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу Thermocold серії CWC SHT R134a (рис.2.2) [18] .



Рисунок 2.2 – Thermocold серії CWC SHT R134a [18]



Рисунок 2.3 – Принципова схема розміщення теплового насосу [19]

Знайдемо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу згідно методики [17].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – 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	-1475500	-1475500		1		
1	0	328114,4	-1147385,6	0,909	298286	-1177214
2	0	328114,4	-819271,2	0,826	271169	-906045
3	0	328114,4	-491156,8	0,751	246517	-659528
4	0	328114,4	-163042,4	0,683	224107	-435422
5	0	328114,4	165072	0,621	203733	-231688
6	0	328114,4	493186,4	0,564	185212	-46476
7	0	328114,4	821300,8	0,513	168375	121898
8	0	328114,4	1149415,2	0,467	153068	274966
9	0	328114,4	1477529,6	0,424	139153	414119

Дисконтований термін окупності згідно [17]:

$$PP = 6 + \frac{1475500 - 1429024}{168375} = 6,3 \text{ роки.}$$

2.2.3 Встановлення системи акумулювання енергії

В зв'язку з постійними обстрілами енергетичної галузі відбуваються порушення стосовно режимів генерації, споживання та аварійних і почасових відключень електроенергії в енергосистемах. Тому на сьогоднішній день є потреба в встановленні систем акумулюванні енергії.

Основною проблемою в погодинних відключеннях електроенергії – це зменшення часу для своєчасного виконання робіт на підприємстві.

Для скасові апарати.

Пропонується встановити інноваційну дві трифазні системи енергозабезпечення ємністю по 30 кВт·год PowerOcean.



Рисунок 2.4 - Система енергозабезпечення PowerOcean [20]

EcoFlow PowerOcean – це модульна 3-фазна домашня система преміумкласу. Розроблена для жителів квартир, будинків та підприємців, які шукають розумне та гнучке рішення для автономного енергозабезпечення [20].

Переваги в встановленні даного обладнання наступні:

- 1) автономність та енергонезалежність;
- 2) зручний інтерфейс;
- 3) термін гарантії роботи – більше 15 років;
- 4) безшумність та простота в керуванні;
- 5) безпосереднє підключення до сонячної системи без встановлення додаткового інвертора.

На відміну від інших батарейних рішень на ринку, EcoFlow PowerOcean DC Fit не вимагає заміни деталей або проводки змінного струму у вашій існуючій сонячній системі.

Можливості прямого підключення спрощують процес інсталяції, забезпечуючи плавне та безпроблемне налаштування.

Ціна даного обладнання складає близько 3200000 грн [20].

2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозберезних заходів та виконано їхній розрахунковий аналіз. Знайдено простий да 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

В досліджуваній будівлі «Амбар-Маркет» на працівників та відвідувачів впливають небезпечні та шкідливі фактори, які можна поділити на чотири групи [21]:

- 1) фізичні;
- 2) хімічні;
- 3) біологічні;
- 4) психофізіологічні.

3.1.2 Аналіз фізичних небезпечних та шкідливих факторів

Незадовільний стан будівельних конструкцій

До небезпечних факторів в даному випадку відносяться:

- 1) пошкоджені підлоги, сходи, стіни або стелі можуть спричинити травми;
- 2) неправильна організація входів та евакуаційних виходів може ускладнити евакуацію під час надзвичайних ситуацій.

Для унеможливлення прояву даного фактору необхідно дотримуватись належного стану будівельних конструкцій, робити ремонти в разі виявлення пошкоджень

Освітлення робочої зони

1) Погане освітлення може призвести до падінь або травм, особливо в складських приміщеннях.

2) Сліпуче світло від ламп або дисплеїв також може викликати дискомфорт у працівників і відвідувачів.

Для унеможливлення даного фактору необхідно дотримуватись рекомендацій згідно [22].

З метою забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено такі заходи

1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) застосування загального штучного освітлення в темну пору доби.

Шум

Високий рівень шуму від холодильного обладнання, кондиціонерів, техніки для обслуговування (наприклад, навантажувачів) може негативно впливати на працівників, викликаючи втому і зниження продуктивності.

Для унеможливлення даного фактору необхідно користуватись засобами індивідуального захисту (спеціальні навушники).

Мікроклімат в приміщенні

Під мікрокліматом приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища приміщень, який визначається діючими на організм працюючих поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря.

В супермаркеті виконуються роботи середньої важкості. При обстеженні було встановлено що мікроклімат в приміщенні відповідає нормам.

Електрична безпека

Перевантаження мережі, короткі замикання або несправність електричного обладнання можуть призвести до ураження електричним струмом чи пожежі.

Відкриті або незахищені дроти становлять ризик для працівників і клієнтів.

Працівникам необхідно дотримуватись правил електробезпеки та поводження з електричними приладами.

3.1.3 Аналіз хімічних небезпечних та шкідливих факторів

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу на організм людини поділяються на:

- токсичні;
- дратівливі;
- канцерогенні.

Хімічні речовини проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки.

Біологічні небезпечні та шкідливі фактори включають такі біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми – бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші і продукти їх життєдіяльності.

Психологічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу поділяються на фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перенавантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перенавантаження).

3.1.4 Аналіз шкідливих біологічних факторів

В процесі роботи у працівників відбувається контакт із бактеріями та пліснявою. Вологі поверхні, недостатнє прибирання або пошкоджені продукти можуть сприяти розвитку грибків і бактерій. Також неправильне зберігання продуктів може залучати шкідників, що становить небезпеку для здоров'я працівників і клієнтів.

Для унеможливлення даного фактору необхідно дотримуватись санітарії, вчасно робити вологе прибирання та правильно зберігати продукти харчування.

3.1.5 Аналіз шкідливих психофізіологічних факторів

Відсутність перерв, стрес від великої кількості клієнтів та високий темп роботи можуть викликати емоційне вигорання та стрес у персоналу. Також високий рівень контактів із незадоволеними покупцями може спричинити психологічне напруження.

3.2 Розрахунок освітлення евакуаційних шляхів

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному вимкненні робочого освітлення. Виконаємо розрахунок аварійного освітлення для будівлі супермаркету.

Вихідні дані:

Вид джерела світла, ЛР

Система освітлення, загальна

Кількість світильників, 10 шт.

Кількість ламп у світильнику, 2 шт.

Потужність однієї лампи 60 Вт

Для оцінки ефективності аварійного освітлення приміщення необхідно порівняти значення фактичного і нормованого освітлення [23].

Нормоване значення ($E_n=0,5$ лк)

Значення розрахункової освітленості, лм, при використанні ламп розжарення може бути розраховане за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку по формулі:

$$F_n = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta_m \cdot N \cdot \eta} \quad (3.1)$$

Звідки знаходимо:

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot \eta_m \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} \quad (3.2),$$

де F_{λ} - світловий потік лампи, лм.

Лампі потужністю 60 Вт відповідає $F_{\lambda}=1450$ лм.;

η_m - коефіцієнт використання світлового потоку. Для світильників, які використовуються в громадських будинках для традиційних розмірів приміщення і колірної обробки, коефіцієнт використання може змінювати значення в межах $\eta_m = 0,4 - 0,6$;

N - кількість світильників, шт., $N=10$ шт.

Світильники необхідно розташувати рівномірно по площі приміщення, по сторонах квадрата, дотримуючись таких умов:

сторона квадрата $L=1,4 H_p$,

де H_p - висота підвісу світильника над робочою площею, що визначається як різниця між висотою приміщення і стандартною висотою робочої площі, що дорівнює 0,8 м, а також висотою свисання світильника від стелі $h_{св}=0,4$ м.

$H_p=3,2-0,8-0,4=2$ (м);

$L=1,4 \cdot 2=2,8$ (м).

Відстань від світильників до стіни вибирається зі значень $l=0,3 - 0,5L$;

$n=2$ шт. - кількість ламп у світильнику;

S - площа приміщення, m^2 .

$S=20 \cdot 25= 500 m^2$.

$k=1,5 - 2$ - коефіцієнт запасу;

$z=1,2$ - коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Звідки

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot \eta_m \cdot N \cdot m}{S \cdot k \cdot z} = \frac{1450 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1}{500 \cdot 1,7 \cdot 1,2} = 7,1(\text{лк})$$

$E_{\phi} > E_n$, отже освітлення ефективне.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр був проведений аналіз ефективності енергозабезпечення будівлі «Амбар-Маркету», яка знаходиться за адресою: м. Суми, пр-т Свободи, 25.

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

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

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

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

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

- встановлення сонячних панелей;
- встановлення теплового насосу;
- встановлення системи акумулювання енергії.

Виконано розрахунки фінансової економії від впровадження енергозбережних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить підвищити енергоефективність систем енергозабезпечення будівлі.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Все про енергоефективність в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefplatform.org.ua/vse-pro-energoefektivnist-v-ukrayini/>
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. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://luxmetric.com/uk/catalog-uk/qalcosonic-heat-1-ultrazvukovij-lichilnik-tepla>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://amperok.com.ua/lichilnik_nik_2102_02_m1_220v?gclid=Cj0KCQjwpv2TBhDoARIsALBnVnlJPVKQtpOEbcZOyjgEI66rjo5Oe7-rENYq52co0U7MC5Ler-WbBb0aAtmqEALw_wcB
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
6. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: https://3sf.com.ua/ua/pribori/izmerenie-temperatury/pirometry/p%D1%96rometr-fluke-64-max/?gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0Gsh4Wk4CTmBvsYTcpnCNLdIeHWoDRqZNNw-eFFpYIW4inNtSEVnHhoCVaQQAxD_BwE
7. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://geomarket.in.ua/ua/leica-disto-d1>
8. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-H1. <https://himtest-ukraina.com/ua/p388795147-pribor-dlya-izmereniya.html>
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
10. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.

11. 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

12. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>

13. Міфи про теплові насоси [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/info/378-teplovi-nasosy-mify-i-realist>

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

15. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://www.google.com/shopping/product/1?q=%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D1%96+%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%96+%D0%B4%D0%BB%D1%8F+%D1%81%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B5%D1%82%D1%83&prds=epd:3991410924084694883,eto:3991410924084694883_0,pid:3991410924084694883&sa=X&ved=0ahUKEwjQi7eFz-aJAXsQ_EDHSD6BkQQ9pwGCAc

16. Акумулятор [електронний ресурс] Режим посилання: https://leo-shop.com.ua/helevyi-akkumuliator-250-amper-12v-250ah-dlia-kotla-jarrett-akkumuliatornaia-batareia-dlia-solnechnykh-panelei-ybp/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiArva5BhBiEiwA-oTnXdkoH4HjVUhOR9g0gcttEG9YcI_ASrMubfMBTtfEj0X1Z1n5Y4OykBoCt88QAvD_BwE

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

18. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termocom.com.ua/ua/product/teplovi-nasosy/geotermalni-teplovi-nasosi-thermocold-cwc-sht/>

19. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplotep.com.ua/2018/12/10/pryntsyp-roboty-teplovogo-nasosu/>

20. Екофлоу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecoflowukraine.com/5000000220/>

21. Інструкція з охорони праці для продавця непродовольчих товарів [електронний ресурс] Режим посилання: https://dnaop.com/html/31889/doc-instrukcijaz-ohoroni-pracidlya-prodavcyu-neprodovolychih-tovariv#google_vignette

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

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

