

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 енергонезалежності адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «СУМИХІМПРОМ» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії»

Здобувачки групи ЕМ.м-21 Жукової Надії Владиславівни
(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)

Надія ЖУКОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

к.т.н. Сергій САПОЖНИКОВ

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

_____ (підпис)

Суми – 2023

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри СОТНИК Микола

« » 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

здобувача

Жукова Надія Владиславівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «СУМИХІМПРОМ» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2023 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 16.12.2023 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними. Висновки).

Розділ 2 – Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження. Висновки).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз. Висновки)

Загальні висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 63 сторінки, 13 рисунків, 11 таблиць, 1 додаток, 33 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії та розрахувати економічну доцільність їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану будівлі та систем енергоспоживання;
- визначення ключових сфер, де можна модернізувати системи енергоспоживання;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраного напрямку модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозбережних заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «Сумихімпром».

Об'єкт дослідження: адміністративна будівля заводу управління ПАТ «СУМИХІМПРОМ».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК ОБЛІКУ, ОПР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, ВІТРЯНА УСТАНОВКА, ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, МІКРОКЛІМАТ, ШУМ, ОСВІТЛЕННЯ.

***Тема роботи* – «Підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі заводу управління ПАТ «СУМИХІМПРОМ» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії»**

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	11
1.3.1 Система теплопостачання	11
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	13
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	19
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	19
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	20
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	22
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.....	26
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	26
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	27
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	27
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	34
1.9 Висновки за розділом.....	38
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	40
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	40
2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	41
2.1.2 Встановлення сонячних панелей та вітрогенератора	43
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	45
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	45
2.2.2 Встановлення сонячної електростанції.....	47
2.2.3 Встановлення вітрової установки	50
2.3 Висновки за розділом.....	52
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	53
3.2 Техніка безпеки при вимірюванні на об'єкті енергетичного обстеження.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

ВСТУП

Від початку повномасштабного військового вторгнення Росії в Україну об'єкти нашої енергетичної інфраструктури були і залишаються однією з головних цілей ворожих сил. Спочатку це були нафтопереробні заводи, нафтобази, електростанції та підстанції, що живлять залізницю, а зараз - ключові енергетичні об'єкти [1].

Регулярне і цілеспрямоване руйнування енергетичної інфраструктури України призвело до аварійних і стабільних відключень електроенергії, вимкнення вуличного освітлення, обмеження руху метро і тролейбусів, а також обмеження енергоспоживання промисловими компаніями [1].

Війна в Україні також суттєво вплинула на світовий енергетичний ринок, спричинивши волатильність цін, дефіцит поставок, проблеми з безпекою та економічну невизначеність - все це Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) вже назвало "першою справжньою глобальною енергетичною кризою" [1].

Відновлювана енергія – це енергія, отримана з природних джерел, що поповнюється з більшою швидкістю, ніж споживається. Така енергія не може вичерпатися на відміну від викопних видів палива (вугілля, нафти і газу), що є невідновлюваними ресурсами, на формування яких витрачаються сотні мільйонів років, а при їх спалюванні утворюються шкідливі викиди парникових газів [1].

З переходом до відновлюваної енергетики енергетика більше не є інструментом політичного чи військового впливу однієї країни на іншу. Більшість війн, що відбулися у світі до цього часу, були пов'язані з конфліктами за енергію та енергетичні ресурси, такі як нафта, газ і вугілля. Україна, зокрема, є країною, яка вже 31 рік з моменту здобуття незалежності намагається вижити в умовах постійного енергетичного шантажу та тиску з боку Російської Федерації [1].

Нарешті, відновлювана енергетика гарантує безпеку і здоров'я суспільства. Аварія на Чорнобильській АЕС показала, наскільки небезпечною є ядерна енергетика для виживання людства. Також нинішня російська окупація Запорізької АЕС показує, наскільки ефективним може бути "ядерний тероризм" у власних

інтересах. Ані українське, ані європейське суспільство не знає, скільки бомб та снарядів влучило у безпечні для життя та здоров'я вітроелектростанції та вітрогенератори [2]. Водночас увага світової спільноти прикута до ситуації на Запорізькій АЕС та діяльності російських терористів на її території. У зв'язку з цим велике занепокоєння викликає масштабне будівництво нових ядерних об'єктів і продовження терміну експлуатації старих, задеклароване на рівні державної влади і закріплене в плані реконструкції України. Занепокоєння [2].

Відновлювана енергетика, така як сонячна та вітрова енергія, дійсно вважається більш безпечною з точки зору викидів та екологічного впливу. Однак важливо зазначити, що кожен джерело енергії має свої переваги та недоліки, і потрібно збалансовано розвивати різноманітні джерела для забезпечення стабільної та безпечної енергетичної системи.

Обговорення на цю тему є важливим етапом у визначенні майбутнього енергетичного сектору, де безпека, сталість та ефективність грають важливу роль [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Як об'єкт енергетичного обстеження була вибрана адміністративна будівля заводоуправління ПАТ «Сумихімпром». Дана будівля розташована за адресою: м. Суми, вул. Харківська п/в 12.

Рік побудови будівлі – 1961. Головний фасад будівлі зорієнтований на схід. Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації :

- загальна площа будівлі 4488 м²;
- опалювана площа будівлі 4332 м²;
- об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 16840 м³;
- опалюваний об'єм будівлі 15710 м³;

Кількість працівників, яка знаходиться в будівлі складає 440 осіб.

Режим роботи будівлі – 5-денний робочий (субота, неділя – вихідні).

Графік роботи - з 8:00 до 17:00 год. Обідня перерва з 12.00 до 13.00 год.

На вході до будівлі цілодобово чергує охорона, яка складається з 6-ти осіб.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Під час візуального обстеження зовнішніх огорожуючих конструкцій будівлі видимих дефектів виявлено не було. Зовнішні стіни будівлі викладені з цегли. Стіни покриті штукатуркою всередині та зовні. Ізоляція відсутня.

Більшість вікон у задовільному стані, протікання у місцях з'єднання скла з рамою відсутні. Будівля не має балконів.

Підлога будівлі - залізобетонна плита, без ізоляції, вирівняна цементною стяжкою і вкрита лінолеумом або керамічною плиткою.

При обстеженні було встановлено, що підвальні приміщення не опалюються.

Стеля складається із залізобетонної плити, шару керамзиту та шару руберойду.

Будівля має три входи, два з яких призначені для постійного використання і один для аварійного використання. Даний вихід спроектований як тамбур, що значно зменшує втрати тепла через дверний отвір. Всі входні двері виготовлені з металопластику. Видим дефектів зовнішніх дверей виявлено не було.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Основними системами енергозабезпечення будівлі є:

- автономна система теплопостачання;
- система електропостачання;
- система водопостачання та водовідведення;
- система вентиляції та кондиціонування.

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля забезпечується тепловою енергією для опалення від спеціально побудованої котельні на території ПАТ «СУМИХІМПРОМ». Котельня обладнана газовим водогрійним котлом ПТВМ-30 М (рис 1.2).

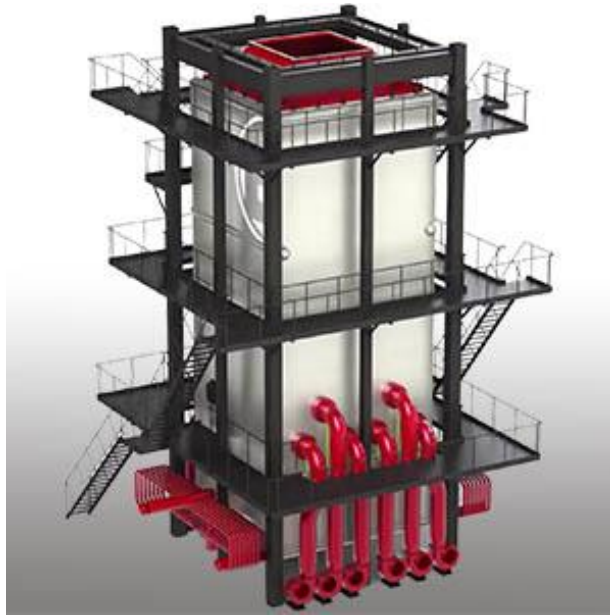


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд котла ПТВМ-30 М [3]

Трубопроводи тепломережі виготовлені зі сталі і прокладені в підземних каналах. Ізоляція трубопроводів - мінеральна вата.

Система опалення будівлі двотрубна з верхньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, зі штучною циркуляцією теплоносія.

Система опалення не автоматизована, за винятком манометра і вхідного термометра.

В якості опалювальних приладів використовуються конвекційні чавунні радіатори типу MS-140-АО, загальна кількість яких становить 250 штук.

Радіатори розташовані під вікнами кожної кімнати. Доступ до опалювальних приладів не обмежений.

Терморегулятори перед опалювальними приладами відсутні.

1.3.2 Система електропостачання

Електроенергія постачається ТОВ «Енера Суми» за договором про постачання електроенергії № 567/54 від 24.06.2019.

Електропостачання здійснюється від підстанції ТП-854, розташованої поруч з будівлею. Електроенергія подається до електрощитової споживача двома кабельними лініями 0,4 кВ.

Недоліків в системі теплопостачання при візуальному обстеженні не виявлено.

1.3.3 Система водопостачання

Система водопостачання будівлі забезпечується від власної свердловини ПАТ «Сумихімпром». Основними споживачами холодної води є працівники та відвідувачі будівлі. Під час обстеження було встановлено, що тиск в зовнішній мережі в точці підключення складає 0,3 МПа, що забезпечує гарний напір води в змішувачах. Водопровідна мережа запроектована зі сталевих водопровідних труб Ø 50 мм. Глибина залягання водопровідної мережі 1,8 м.

Водовідведення здійснюється по металевій трубі Ø80 мм централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі договору № 489 від 14.09.2018 р.

Джерело гарячої води – електричні водонагрівачі. Температура гарячої води на виході 55 °С. Тиск забезпечується напором системи холодного водопостачання.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Вентиляція призначена для створення і підтримки прийнятних параметрів повітря в приміщеннях всередині будівлі.

Будівлі обладнуються системами природної вентиляції.

Подача повітря для системи природної вентиляції забезпечується через щілини в напівпрозорих зовнішніх стінах і зовнішніх дверях.

В будівлі встановлені побутові кондиціонери.

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії за допомогою лічильника обліку теплової енергії CALMEX типу VKP-431 (рис 1.3).



Рисунок 1.3 – Лічильник обліку теплової енергії [4]

Основні характеристики лічильника представлено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

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

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильниками активної енергії типу Меридіан СО Е-1.02/2 електронний, кількість – 3 штуки (рис. 1.4),

термін повірки - 11 жовтня 2020 року. Лічильники знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [5]

Основні характеристики лічильника представлено в таблиці 1.2.

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

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

Облік холодної води здійснюється лічильником ЛЛТ 50Х (рис.1.5).



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку холодної води

Терміни повірки – 22 серпня 2021 рік.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника ЛЛТ 50Х [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	30 м ³ /год
Номінальна витрата	15 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,45 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 13.11.2023 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 2540,88 грн/Гкал;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

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

1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Вимірювання грають важливу роль у зборі інформації під час проведення енергоаудиту. Ось деякі ключові аспекти вимірювань під час аудиту [7]:

1) Оцінка достовірності інформації:

Вимірювання дозволяють перевірити точність та достовірність інформації, отриманої з документів або інших джерел. Якщо, наприклад, у документах вказані енергетичні параметри обладнання, вимірювання можуть слугувати для перевірки, чи вони відповідають фактичним умовам [7].

2) Перевірка статистичних показників:

Вимірювання можуть доповнювати або перевіряти статистичні дані про споживання енергії в об'єкті [7].

Результати вимірювань можуть допомогти в уточненні середніх значень та виявленні аномалій у споживанні енергії [7].

3) Визначення фактичних характеристик обладнання:

Вимірювання використовуються для визначення фактичних характеристик режимів роботи енергозберігаючого обладнання чи окремих споживачів енергії.

Це може включати вимірювання температур, вологості, електричної потужності та інших параметрів [7].

4) Використання систем обліку та контролю:

Вимірювання можуть базуватися на існуючих системах обліку та контролю, які вже встановлені на об'єкті.

Дані з цих систем можуть бути використані для аналізу та оцінки ефективності використання енергії [9].

Загалом, вимірювання є ключовою частиною енергоаудиту, оскільки вони надають точні дані, які використовуються для аналізу та розробки рекомендацій щодо оптимізації споживання енергії.

Під час енергетичного обстеження використовувались наступні прилади:

1) Неконтактний інфрачервоний пірометр МТ-4 фірми Raytek (використовувався для безконтактного вимірювання температури різних поверхонь у приміщенні) .



Рисунок 1.3 – Неконтактний пірометр МТ-4 фірми Raytek [8]

2) Далекомір (використовувався для вимірювання розмірів кімнат, вікон, дверей, а також інших приміщень та об'єктів).



Рисунок 1.4 – Далекомір [9]

3) Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 (використовувався для вимірювання температури та вологості в приміщенні)



Рисунок 1.5 - Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [10]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 13.11.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: 4°C.

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала $T_{\text{в}} = 21^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [11].

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 55^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$ (згідно показань вузла обліку теплової енергії).

3) відносна вологість повітря – 54%, що відповідає вимогам норм і правил [11].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

На об'єкті ведеться щомісячний облік споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води. Дані записуються в спеціальний журнал обліку енергоресурсів.

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

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

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

Місяці	2020 рік, Гкал	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал
Січень	122,62	120,42	119,2	106,7
Лютий	103,34	102,47	48,1	98,4
Березень	84,64	82,52	15,1	24,4
Квітень	65,95	63,21	0	0
Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	66,87	65,14	41,3	33,7
Листопад	87,35	85,65	74,1	-
Грудень	119,47	118,97	110,6	-
Всього	650,24	638,38	408,4	-

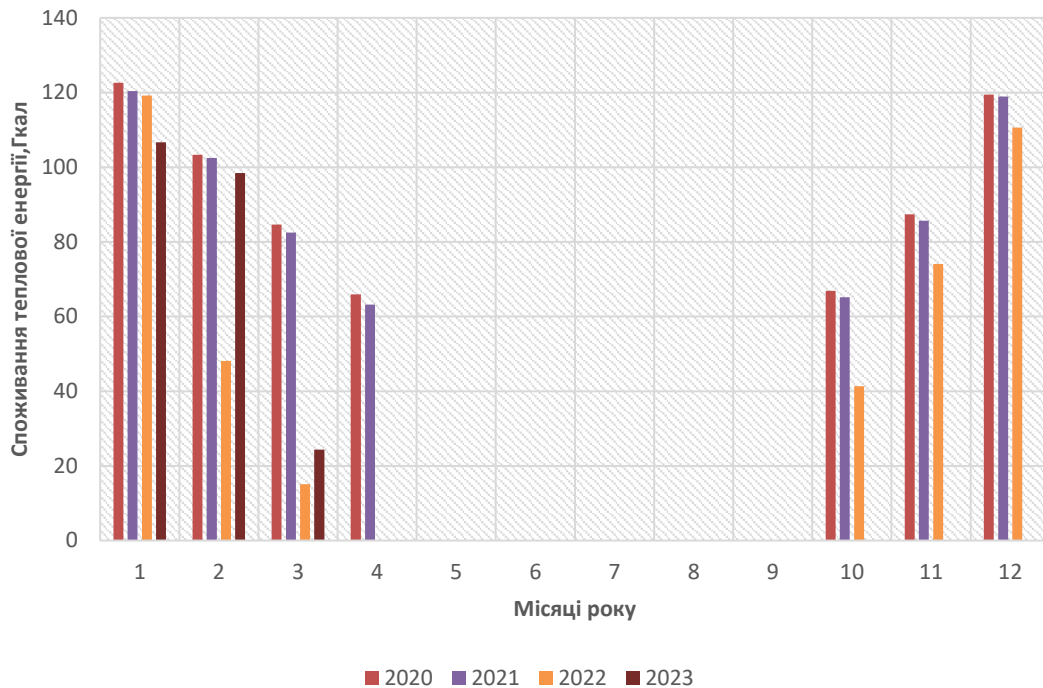


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2023 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що найбільше даного енергоресурсу споживається в зимові місяці. При збільшенні температури навколишнього середовища, рівень споживання зменшується.

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 1.7 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	23400	22150	20752

Продовження таблиці 1.5

Лютий	28200	26500	6580
Березень	15900	14900	5740
Квітень	24100	23570	6260
Травень	25600	24940	8450
Червень	23200	22580	20360
Липень	23900	22800	21480
Серпень	24300	24100	23560
Вересень	24000	23900	21782
Жовтень	24800	24850	20632
Листопад	16500	16350	15326
Грудень	23600	22840	24701
Всього	273700	277500	195623

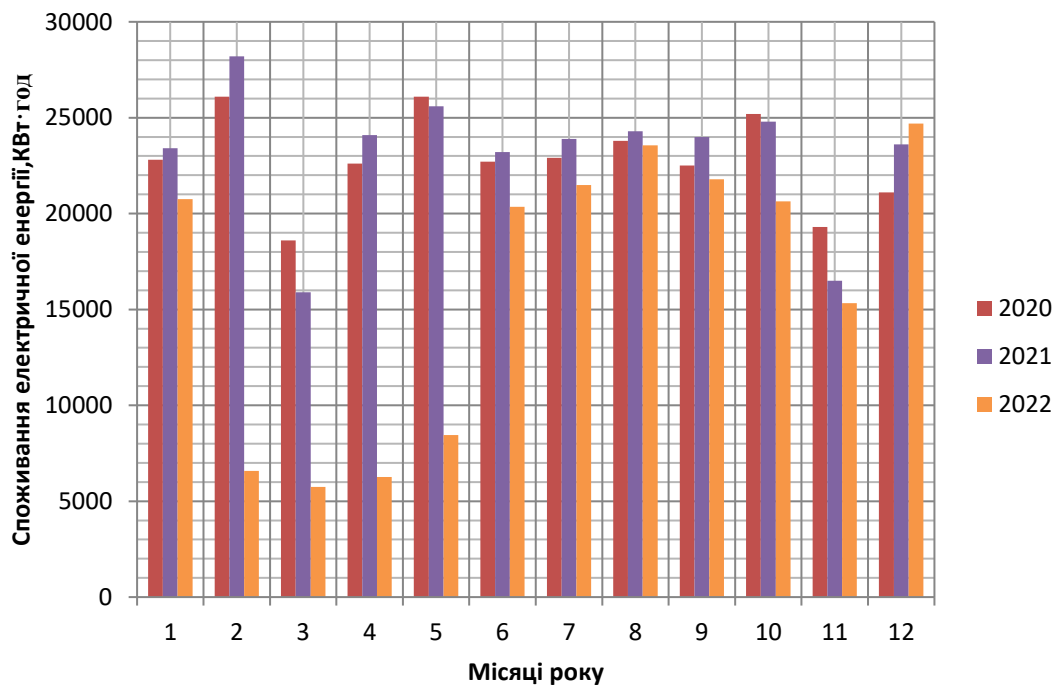


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що незначне зростання рівня споживання електричної енергії відбувається в осінньо-зимовий період. Це пояснюється збільшенням навантаження на систему 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.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.6 та на рисунку 1.8 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	63	62	52
Лютий	74	69	8
Березень	71	68	7
Квітень	72	65	15
Травень	65	64	46
Червень	76	74	43
Липень	66	62	52
Серпень	62	60	51
Вересень	60	59	56
Жовтень	69	65	61
Листопад	73	69	63
Грудень	66	66	62
Всього	817	783	516

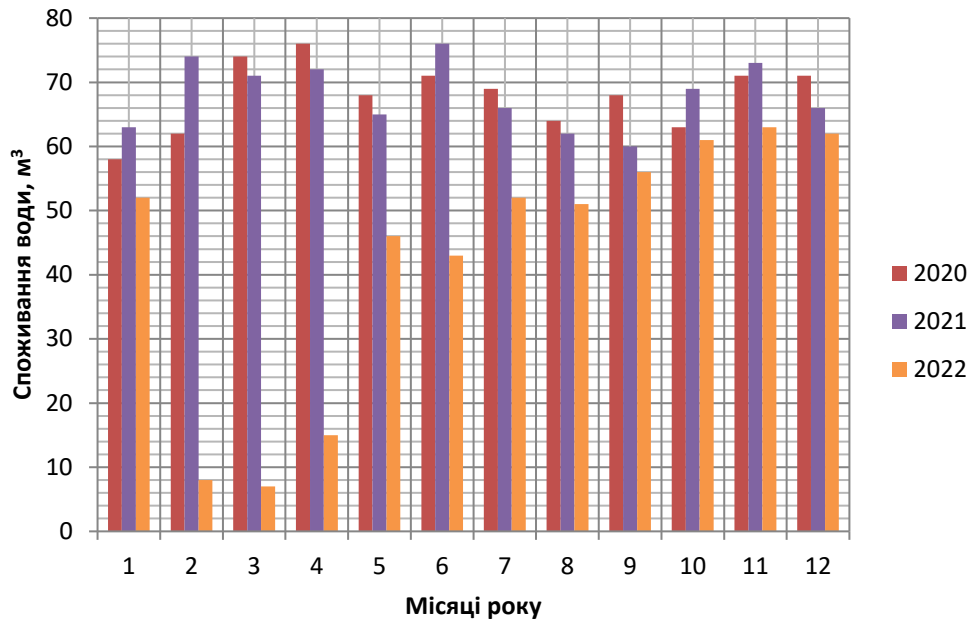


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Як видно з діаграми, рівень споживання холодної води протягом останніх трьох років майже не змінюється. Це обумовлюється контролем за рівнем споживання холодної води.

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

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

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 [12]:

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

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 [8]:

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

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 [12].

Нормативна питома енергопотреба для громадських будівель згідно [12]:

$$EP_p = [30] \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

- за 2020-2021 рік – $Q_{оп} = 650,24$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 638,38$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 408,4$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м²;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,041$ Гкал/м²;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,026$ Гкал/м².

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,036$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [8]:

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

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,036 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 38\%$$

Згідно з [8] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «F».

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, а саме: такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати такими, що не задовольняють сучасним вимогам з енергоефективності.

Щоб вирішити цю проблему та покращити енергетичну ефективність, необхідно звернути увагу на автоматизовані системи управління тепlopостачанням, які забезпечують оптимальний режим роботи в залежності від потреб будівлі та зовнішніх умов.

Також слід розглянути можливості модернізації системи опалення та внутрішніх мереж для забезпечення більш ефективного та рівномірного розподілу

тепла усередині будівлі. Впровадження енергоефективних технологій та матеріалів також може сприяти поліпшенню ситуації.

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 [11] норма споживання електричної енергії для приміщень адміністративно-управлінських установ складає 115 кВт·год/м² корисної площі. Для адміністративної будівлі ПАТ «СУМИХІМПРОМ» фактичне споживання електричної енергії складає:

Для будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2020 рік: } \frac{273700 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4332} = 63,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{277500 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4332} = 64,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{195623 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{4332} = 45,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Як видно з розрахунків фактичне значення не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [13]. Норма витрат води для адміністративної будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{817000}{450} \right) / 365 = 5 \text{ л/добу};$$

- 2021 рік ($\frac{783000}{450}$)/365 = 4,8 л/добу;

- 2022 рік ($\frac{516000}{450}$)/365 = 3,2 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 [11].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$ 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:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (1.1)$$

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:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (1.2)$$

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 (2.2) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (1.3)$$

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]

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

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

$\sum Q_{\text{д}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

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

$\sum Q_{\text{в}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{\text{озр}}}{R_{\Sigma\text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

де $F_{\text{озр}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

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

$t_{\text{в}}, t_{\text{з}}$ – 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

$$\sum Q_0 = \sum Q_{ct} + \sum Q_{стл} + \sum Q_{вкн} + \sum Q_{з.д} + \sum Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (1.6)$$

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

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

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

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

$\sum Q_{ндл}$ – 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

$$\sum Q_{op}^d = \sum Q_{ct} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

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

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [14].

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

$$\Sigma Q_{\text{подл}}^{\circ} = 0,13 \cdot Q_{\text{подл}}, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

де $Q_{\text{подл}}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_{\circ} = \Sigma Q_{\text{ор}}^{\circ} + \Sigma Q_{\text{в}}^{\circ} + \Sigma Q_{\text{подл}}^{\circ}, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

де: $\Sigma Q_{\text{ор}}^{\circ}$ – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\Sigma Q_{\text{в}}^{\circ}$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\Sigma Q_{\text{подл}}^{\circ}$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot n_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (1.10)$$

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

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{з.р}}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{С}$;

$G_{\text{н.вкн}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$F_{\text{вкн}}$ – площа віконного прорізу, м^2 .

$n_{\text{в}}$ – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

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

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (1.11)$$

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 м/с² [11];

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

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м³;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м³ (при нормальних умовах $\rho = 1,3$ кг/м³):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{ср.он})]} \quad (1.12)$$

де $t_{ср.он}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

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

$$Q_{вр}^{инф} = G_{вр} \cdot c \cdot (t_g - t_{з.п}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (1.13)$$

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

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [11];

t_g і $t_{з.п}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

k_6 – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{3,д}^{инф} = 0,28 \cdot G_{3,д} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (1.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·0С;

$t_6, t_{3,р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, 0С;

$G_{3,д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{3,д} = b_{н,д} \cdot L_{н,д} \cdot v_{ср,н,д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.15)$$

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 [11];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{ср}^{инф} + Q_{3,д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (1.16)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_g = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_{z,p}) \cdot n_k \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (1.17)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [11];

t_g і $t_{z,p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м³;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [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

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (1.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

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

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

де $N_{л}$ – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

$k_{з}$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_{л}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{о.п}, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

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

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

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

Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_{л} + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (1.22)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{стп} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (1.23)$$

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Матеріал	Товщина, δ , мм	Тепло-провідність	$R_{\Sigma np}$, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}$	R_{qmin} , $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}$
Зовнішні стіни	Цементно-піщаний розчин	10	0,81	0,77	4.0
	Цегла	500	0,81		
	Штукатурка (розчин цементно-піщаний)	10	0,81		
Дах	Руберойд	6	0,17	1,45	7.0
	Керамзит	20	0,35		
	Залізобетон	300	2,04		
Двері	Металопластикові з термопанелями зі склопакетом	60	0,41	0,52	0,7
Вікна	Металопластикові зі склопакетом	–	–	0,52	0,9
Підлога	Залізобетон	300	2,04	0,28	5.0
	Цементно-піщана стяжка	10	0,81		
	Лінолеум	2	0,33		
	Керамічна плитка	6	1,1		

Отримані результати ($R_{\Sigma np} \ll R_{qmin}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [12]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [16].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 1.10 та 1.11.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, °С	20
Температура в підвальному приміщенні, °С	8
Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	2321,6
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	1122
Загальна площа вікон, м ²	378,4
Загальна площа дверей, м ²	26,5
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м ²	1122
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м ³	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, , кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м ³	15710
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/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	450
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номінальна потужність електроустаткування, Вт	25000
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	100
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	1200
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

Продовження таблиці 1.10

Площа заповнення світлових прорізів, м ²	189,2
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	189,2
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 1.11 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт	0,77
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,45
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,52
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт	0,52
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,28
Втрати теплоти через стіни,Вт	135677,9221
Втрати теплоти через стелю,Вт	34820,7
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна,Вт	32746,15385
Втрати теплоти через підлогу, Вт	48085,71429
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	38333,4336
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	175859,1853
Сумарні тепловтрати	466307
Теплонадходження від людей, Вт	46350
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	6926,25
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	28800
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	39732
Сумарні теплонадходження,Вт	121808,25
Теплова потужність будівлі,Вт	344443
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	735050,6

1.9 Висновки до розділу

1) При візуальному обстеженні встановлено, що зовнішні огорожувальні конструкції будівлі без видимих дефектів.

2) Система теплопостачання в будівлі - автономна. Джерелом теплопостачання є власна котельня на території ПАТ «СУМИХІМПРОМ».

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

- 4) В будівлі встановлені лічильники обліку теплової енергії, електричної енергії та холодної води.
- 5) Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.
- 6) За допомогою приладів (далекоміра, пірометра, універсального вимірювача) було виміряно температуру предметів в середині приміщень та геометричні розміри будівлі.
- 7) Виконано розрахунок опорів теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій, основних видів тепловтрат та теплонадходжень.
- 8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 735050,6 Вт.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, газ і атомні станції, призводять до численних серйозних проблем, таких як зміна клімату, забруднення повітря та води, проблеми з безпекою та інші екологічні та геополітичні проблеми [17].

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) є обіцяним рішенням цих проблем. Серед них [17]:

Сонячна енергія [17]:

Використання сонячних панелей для перетворення сонячної енергії на електричну.

Чиста та безпечна енергія, не викидає парникові гази та не потребує великих обсягів води.

Вітрова енергія [17]:

Використання вітряних турбін для генерації електроенергії.

Має низький вуглецевий викид та досить великий потенціал генерації.

Гідроенергетика [17]:

Використання річкових течій або водосховищ для виробництва електроенергії.

Ефективна та низькоєфективна енергія з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Геотермальна енергія [17]:

Використання тепла, яке генерується в глибинах Землі, для виробництва електроенергії.

Ефективна та стійка до погодних умов.

Морська енергія [17]:

Використання енергії припливів, хвиль або тепла океану для виробництва електроенергії.

Має великий потенціал, особливо для країн з великим узбережжям.

Перехід до відновлюваних джерел енергії допоможе зменшити викиди парникових газів, поліпшити якість повітря та води, зменшити залежність від нестабільних ресурсів і забезпечити стійкий і безпечний енергетичний майбутній [17].

Людство знаходиться на роздоріжжі у виборі способів доставки енергії в майбутньому. Залежно від того, яку енергетичну інфраструктуру ми будемо зараз, ми можемо усунути десятиліття викидів, які призводять до глобального потепління, або закласти міцну основу для майбутньої екологічно чистої енергетики та запобігти найгіршим наслідкам кліматичної кризи [18].

У всьому світі на відновлювані джерела енергії припадає близько 3,1% виробництва електроенергії, і ця частка зростає. За даними Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA), у 2022 році потужність відновлюваних джерел енергії зросла до рекордних 295 ГВт. Крім того, за даними агентства, на відновлювані джерела енергії припадає понад 80% всіх додаткових потужностей за останній рік [18].

2.1.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення

Якою б не була ваша мета - зменшення споживання енергії, контрольований рівень комфорту, незалежне опалення та охолодження, зменшення вуглецевого сліду або міжнародна сертифікація будівель - теплові насоси роблять це можливим [19].

Від компактних, потужних агрегатів до каскадних систем, які об'єднують високопродуктивні агрегати паралельно для досягнення необхідної загальної потужності [19]. Незалежно від того, скільки окремих блоків об'єднано, інтелектуальна система управління автоматично визначає потребу в опаленні та охолодженні і комплексно керує роботою всіх блоків [19]. Процес безшумний і не потребує технічного обслуговування [19].

Як ґрунтові, так і повітряні теплові насоси можуть забезпечувати опалення, гаряче водопостачання та охолодження для великих приватних будинків, підприємств, офісних будівель, бізнес-центрів та інших комерційних приміщень [19]. Крім того, вони можуть використовуватися як джерело тепла або гарячої води для централізованого теплопостачання (коли одне джерело тепла покриває потреби окремих приміщень (офісів, квартир тощо) в одному або сусідніх будинках) і для підігріву води в басейнах [19].

Придбання теплового насосу означає, що використання газового опалення практично виключається, що особливо важливо в осінньо-зимовий період, коли ціни на нього значно зростають. Крім того, така система опалення має такі переваги [20].

- 1) Пожежна безпека обладнання та системи в цілому [20].
- 2) Не потрібно встановлювати димохід.
- 3) Простота в обслуговуванні.
- 4) Тривалий термін служби. В середньому, системи теплових насосів служать близько 100 років, а компресори - близько 30 років.

5) Економічність завдяки низькому енергоспоживанню. У разі відключення електроенергії систему можна підключити до резервного джерела живлення або дизель-генератора.

6) Екологічність. Опалення приміщень цим методом абсолютно безпечне з точки зору екологічності.

7) Повна автоматизація системи. Сучасні системи опалення дуже чутливі і можуть підлаштовувати свої температурні показники при незначних змінах погоди.

Давайте розглянемо основні етапи його роботи:

1. **Збір тепла:** Тепловий насос може використовувати тепло з різних джерел, таких як повітря, вода, або ґрунт. Залежно від типу теплового насоса, він може брати тепло зовнішнього повітря, ґрунту або води.
2. **Випарник :** Тепло, зібране з джерела, передається в теплоносії, яким часто є спеціальний розчин пропілен гліколю. Цей розчин циркулює через

випарник, розташований на зовнішньому частині теплового насоса. Тут тепло випаровує теплоносії.

3. **Компресор:** Після того, як теплоносії випаровано, його тиск збільшується за допомогою компресора. Це призводить до підвищення температури теплоносія.
4. **Тепловий обмінник:** Тепловий насос використовує тепло, отримане від компресора, для нагріву води або повітря, яке потім передається в систему опалення або для вироблення гарячої води.
5. **Розширювач:** Теплоносії потім проходить через розширювач, де він розширюється, знижуючи тиск і температуру, готовий для нового циклу.

Таким чином, тепловий насос використовує принцип роботи холодильника, але у зворотньому напрямі, переносячи тепло з джерела тепла до приміщення, замість того, щоб видаляти тепло зсередини.

2.1.2 Встановлення сонячних панелей та вітрогенератора

Використання сонячних електростанцій у комерційних будівлях, зокрема в офісах та бізнес-центрах, стає все більш поширеним та ефективним рішенням для забезпечення електроенергії. Деякі переваги використання сонячних електростанцій у комерційних об'єктах включають [21]:

Енергонезалежність: Сонячні електростанції дозволяють будівлям стати менш залежними від традиційних джерел енергії, таких як вугілля чи газ. Це може сприяти стійкості постачання електроенергії та зменшенню вартості електроенергії в майбутньому [21].

Зменшення витрат: Встановлення сонячних батарей дозволяє ефективно використовувати безкоштовну енергію від сонця для освітлення, кондиціонування та інших потреб, що може призвести до зменшення витрат на комунальні послуги [21].

Сприяння сталому розвитку: Застосування відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших негативних впливів на довкілля, сприяючи сталому розвитку [21].

Продаж надлишків енергії: Якщо сонячна електростанція генерує більше енергії, ніж споживає будівля, надлишки можуть бути продані у зовнішні мережі, що може призвести до додаткових доходів для власника будівлі [21]

Підвищення іміджу та репутації: Використання сонячних технологій у будівлях може покращити імідж компанії та вказати на приналежність до відповідального підходу до використання енергії та екологічної свідомості.

Інтеграція сонячних електростанцій у комерційні будівлі є перспективною та раціональною стратегією для досягнення сталого та високоефективного енергоспоживання [21].

Вітроенергетика є одним із видів відновлювальних джерел енергії і грає важливу роль у сучасній енергетичній системі, сприяючи зменшенню викидів парникових газів та залежності від традиційних джерел енергії.

Основний принцип дії вітрогенератора полягає в тому, що лопаті ротора використовують кінетичну енергію вітру для створення обертального руху. Цей рух передається генератору, який конвертує його в електричну енергію. За допомогою трансформатора електрична енергія може бути піднята до відповідного напруги для подальшого розподілу [21].

Вітрогенератори можуть бути встановлені як на суходолі, так і в морському просторі. Великі вітропарки, розташовані на платформах у відкритому морі, називають офшорними вітропарками. Вони можуть бути особливо ефективними, оскільки вітер у морі часто стабільніший і сильніший, ніж на суходолі.

Сучасні технології дозволяють вітрогенераторам працювати при різних швидкостях вітру, що розширює їхні можливості застосування в різних регіонах. Також, як ви зазначили, вони можуть бути використані для створення приватних електростанцій та продажу електроенергії за "зеленим тарифом"[21].

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Теплові насоси, які забезпечують необхідну роботу системи опалення, повинні мати достатній робочий діапазон і потужність, щоб система споживала як мінімальну, так і максимальну теплову енергію.

Метою проекту є впровадження теплового насоса для потреби системи опалення, та відмову від існуючої системи теплопостачання.

Методику розрахунку наведено в [22].

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [22]:

$$P_{on} = \frac{344443 \cdot 24}{(20 + 2)} = 375756 \text{ Вт.}$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора [22]:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{375756 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 9,2 \text{ м}^3 = 9200 \text{ л.}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [12]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{ТН}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.1)$$

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса [22].

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м згідно [22].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [22].

$$L_c = \frac{375756}{50} \left(\frac{5,01-1}{5,01} \right) = 6000.м$$

Кількість зондів вибрано $n=100$. Отже довжина одного зонду $L=60$ м. Місце для розміщення – територія навколо адміністративної будівлі.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу Cooper & Hunter (рис.2.1) [23] .



Рисунок 2.1 – Тепловий насос Cooper & Hunter [23]

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.2 [24].

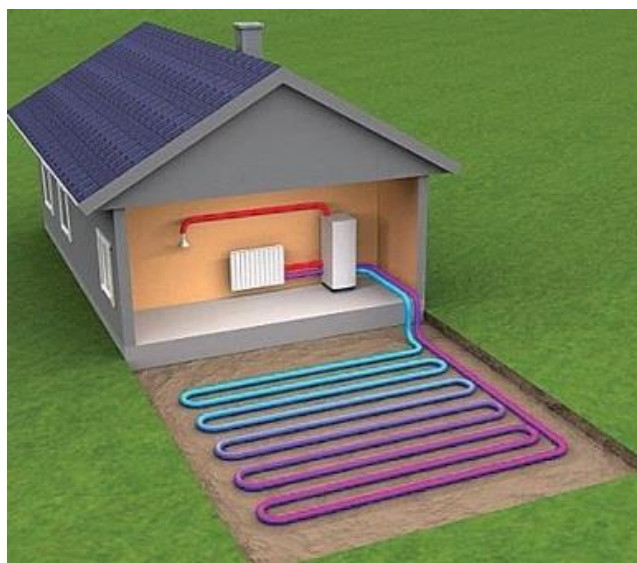


Рисунок 2.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу [25]

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K_{\text{тн}} = 700000$ грн [24].

Монтаж теплового насосу складає 35 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_{\text{н}} = 700000 \cdot 1,35 = 945000 \text{ грн.}$$

Для адміністративної будівлі ПАТ «СУМИХІМПРОМ» необхідно встановити 2 теплових насоси.

Тоді капітальні витрати складуть: $K = 1890000$ грн.

За опалювальний рік будівлею споживається теплової енергії (в грошовому еквіваленті):

$$\Delta E = 408,4 \cdot 2540,88 = 1037695,4 \text{ грн}$$

Простий термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1890000}{1037695,4} = 1,8 \text{ року.}$$

2.2.2 Встановлення сонячної електростанції

В зв'язку з повномасштабним вторгненням росії та постійними обстрілами критичної інфраструктури, відключенням електричної енергії потрібно забезпечити адміністративну будівлю автономним джерелом вироблення електричної енергії, яким є сонячна електростанція.

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення виконаємо розрахунок сонячної електростанції. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії для потреби систем освітлення необхідно приблизно 100 кВт/добу (в будівлі встановлені різні типи ламп).

Методика розрахунку наведена в [22]

Принципова схема встановлення сонячної електростанції наведена на рисунку 2.3.

До складу сонячної електростанції входять:

- сонячні модулі;
- контролер;
- акумулятор;
- інвертор.

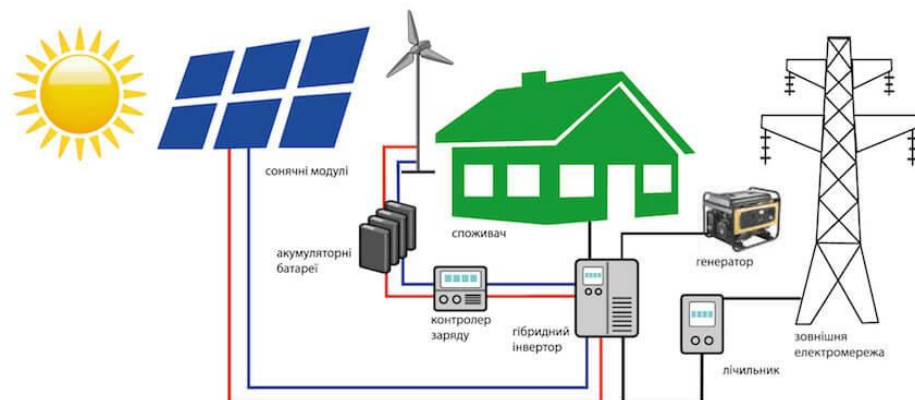


Рисунок 2.3 – Принципова схема встановлення сонячної електростанції [25]

Обираємо сонячні панелі RSM110-8-545M (рис.2.4) [26].

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 10%.

$$W_s^{зар} = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$

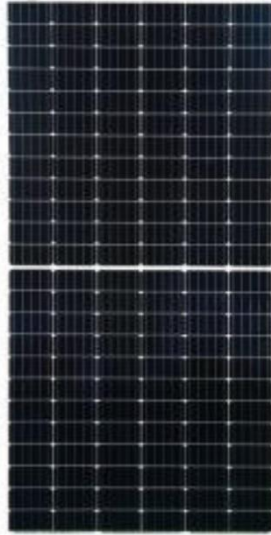


Рисунок 2.4 – Вигляд сонячної панелі [26]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,545 = 0,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періодів відповідно [22];

0,545 – потужність однієї панелі, кВт/год [26]

Необхідна кількість панелей згідно [22]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.26)$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{120}{0,3} = 400 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 400 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [26].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [22]:

$$Q = \frac{Q_3^n \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.27)$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{120 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 170 \text{ A} \cdot \text{год}.$$

Обираємо 2 акумулятори LUXEON LX12-80MG - 12В - 85 А/ч [27].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 25280000$ грн [26].

2.2.3 Встановлення вітрової установки

Вітрогенератор - пристрій, що перетворює кінетичну енергію вітру в електричну, що складається з вітротурбіни, генератора та допоміжного обладнання.

Вітрова турбіна і супровідне обладнання забезпечує власнику відновлюваний безкоштовний ресурс, споживач зменшує залежність від системи енергопостачання та вирішує проблеми з нестабільною напругою [27].

Розрахунок проводимо за методикою [22].

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

$$P^{заг} = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Встановимо шість вітрогенераторів EuroWind 20 (рис 2.5), Тим паче, що Місце для установки вітрогенераторів в нашому випадку не критично - є вільна площа навколо адмінбудівлі.

Технічні характеристики даного типу вітрогенератора [28]:

Потужність: 20 кВт

Номинальна напруга: 220В (вбудований випрямляч)

Маса генератора: 3465 кг

Кількість лопатей: 3 шт.

Стартова швидкість: 2 м/с.

Номинальна швидкість: 12м/с.



Рисунок 2.5 – Вітрогенератор EuroWind 20 [28]

Напруга генератора Eurowind 20 становить 240 вольт, тому потрібно 20 12-вольтових ($12В \cdot 20 = 240В$) акумуляторів . Один 12-вольтовий акумулятор ємністю 150 А-год може зберігати до 1,8 кВт електроенергії. З 20 такими батареями можна зберігати до 36 кВт ($1800 Вт \cdot 20 = 36\ 000 Вт$) електроенергії; з 36 кВт резервної потужності можлива майже 5 годин безперервної роботи при середньому

навантаженні за відсутності вітру. Для цього потрібно 20 акумуляторів 12 В ємністю 150 А-год [14].

Вартість шести вітрогенераторів, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій складає приблизно $K = 2670000$ грн [28].

2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозбережних заходів та виконано їхній розрахунковий аналіз.

Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить виконати альтернативне енергозабезпечення будівлі.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Важливість безпеки праці та визначення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів є важливим аспектом в сфері енергоменеджменту та роботи на енергетичних об'єктах [29].

Фізичні фактори

Механічні впливи: Ризик травм під час роботи з обладнанням або в умовах підвищеної вібрації.

Термічні умови: Ризик перегріву або охолодження під час роботи в екстремальних температурних умовах.

Хімічні фактори

Хімічні речовини: Ризик впливу або контакту з небезпечними речовинами під час обслуговування чи ремонту обладнання.

Біологічні фактори

Мікроорганізми: Ризик інфекцій або захворювань, пов'язаних з роботою в умовах, де присутні бактерії або інші мікроорганізми.

Психофізіологічні фактори

Стрес: Ризик стресу, пов'язаного з високою відповідальністю, тиском термінів, або іншими факторами, що можуть впливати на психічний стан.

Нервово-психічні перевантаження:

Психічні навантаження: Ризик виникнення неврозів, депресії або інших психічних проблем через велике навантаження чи стрес.

Забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників в енергоменеджменті вимагає ретельного вивчення та управління цими ризиками. Це включає в себе використання безпечних технологій, навчання персоналу щодо правил та процедур безпеки, а також використання відповідного захисного обладнання. Регулярні оцінки ризиків і адекватні заходи забезпечення безпеки дозволяють забезпечити ефективну та безпечну роботу на енергетичних об'єктах.

3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електрична безпека

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» [30], майже всі приміщення відносяться до категорії 2 «приміщення підвищеної небезпеки», оскільки вони обладнані комп'ютерами та кондиціонерами.

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» [31], 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 [11].

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% [11].

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 [11].

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 [11].

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) [32].

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 [33].

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

Об'єктом енергетичного обстеження була будівля заводууправління ПАТ «Сумихімпром». Адреса будівлі: м. Суми, вул Харківська, 12 п/в.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було наведено інформацію про технічний стан будівлі та її основні характеристики. Виконано опис технічного стану основних огорожуючих конструкцій будівлі, систем енергопостачання та холодної води.

Виконано виміри геометричних розмірів будівлі за допомогою далекоміра.

Зібрано та виконано аналіз щодо рівня споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води.

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 344443 Вт.

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис енергозбережних заходів та здійснено їхній фінансовий аналіз. Для підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі заводууправління ПАТ «СУМИХІМПРОМ» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії пропонується

1) Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1890000 грн; економія в грошовому еквіваленті –1037695,4 грн; термін окупності заходу – 1,8 року)

2) Встановлення сонячної електростанції (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 25280000 грн)

3) Встановлення вітрової установки (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2670000 грн).

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Економічні проблеми енергозбереження та енергоефективності на підприємствах [електронний ресурс] Режим посилання: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/7_2018/15.pdf

2. «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»» [електронний ресурс] Режим посилання: zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80 (Accessed 31 may 2018).

3. Газовий котел [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mmzavod.com.ua/index.php/kotly-vodogrejniye/kotel-ptvm-30>

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://galychenergo.prom.ua/p350406523-lichilnik-elektroenergiyi-odnofaznij.html>

6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>

7. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств [електронний ресурс] Режим посилання: https://saee.gov.ua/sites/default/files/2021_04_02_Practical_Energy_Audit_Guidebook.pdf?fbclid=IwAR3aJedcPZ6mixqQtel-E2K6KP6rCRYyV9VL9ACIv5hACo9N3YXkRd1-Oas

8. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: MiniTemp MT2 фірми Raytek <https://www.indiamart.com/proddetail/raytek-mt-4-ir-thermometer-9209071355.html>

9. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: https://tehnoshok.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900/?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuY7L-7dnLATRGilxL-mhNS41hE1tWpXGuXKNyTAf3IBoC5dcQAvD_BwE

10. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-H1.
11. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
12. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
13. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
14. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>
15. 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
16. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>
17. Енергетика [електронний ресурс] Режим посилання: https://ecoaction.org.ua/diyalnist/energetyka?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC6LN78QH64Q2WFSCgqK40RT85jTZ0WhZAh4wO7zZZiCenekYGFmRoCU7wQAvD_BwE
18. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА НАБИРАЄ ОБЕРТІВ [електронний ресурс] Режим посилання: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/vidnovlyuvana-energetika-nabirae-obertiv
19. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dimplex.org.ua/blog/teplovi-nasosy-dlya-opalennya-ta-oholodzhennya-velykyh-budynkiv-abo-kommerciinyh-prymischen>
20. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/catalog/1129-nasosy-teplovye/>

21. Сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>
22. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».
23. Теплові насоси типу «С&Н» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplonasos.kiev.ua/ua/teplovoj-nasos-cooperhunter-uimnm-36-65-70-77-kvt/>
24. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://heatidea.com.ua/ru/teplovye-nasosy-grunt-voda/>
25. Принципова схема встановлення сонячних панелей [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecolog-ua.com/news/zelenyy-taryf-v-ukrayini-istoriya-dynamika-perspektyvy>
26. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://riseupcompany.com.ua/ua/p1504901919-risen-545-monokristallicheskaya.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC4_wzy-ZFKFiq89PF52A7mBWnfBhNJp_zu7jqJmY1L2Dg3qGbCCZxoChjEQAvD_BwE
27. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCKQIA-rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB
28. Вітрогенератор [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecoist.com.ua/vetrogenerator-vetrjak-eurowind-20000w.htm>
29. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv
30. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості Українию - – Київ, 2017 р. – 600 с

31. 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

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

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

ДОДАТОК А

Схема теплового пункту

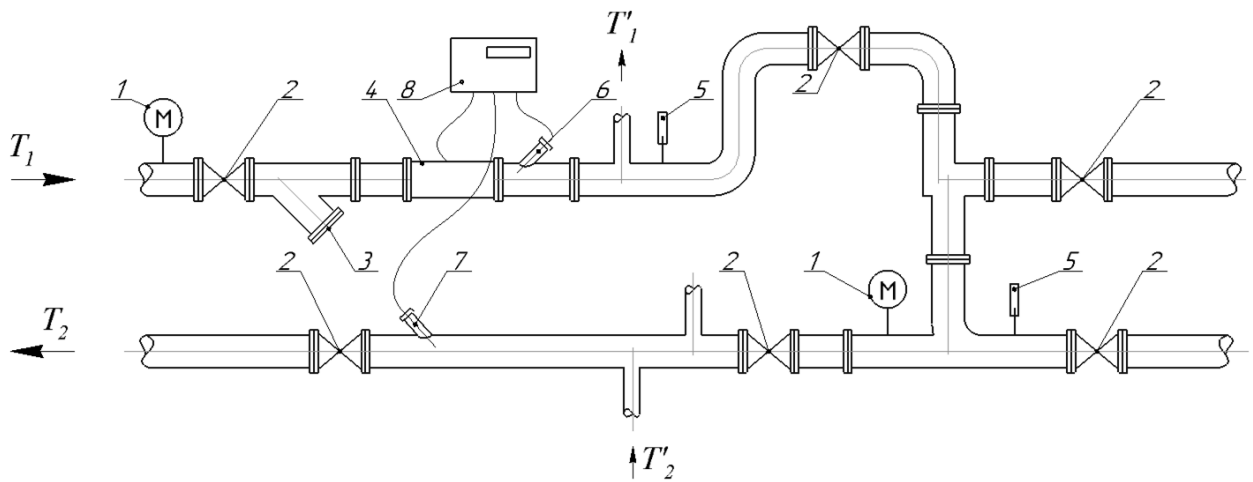


Рисунок А1 - Принципова схема теплового пункту будівлі

1 – манометр; 2 – засувки; 3 – фільтр; 4 – водомір; 5 – термометр; 6 – датчик температури на вході у систему тепlopостачання; 7 – датчик температури на виході з системи тепlopостачання; 8 – лічильник теплоти; лінії T'_1 та T'_2 – відповідно падаючий та зворотній трубопроводи на бойлер (відключено з видимим розривом)

* Зовнішній діаметр трубопроводу, на якому встановлений лічильник теплоти $d=89\text{мм}$.