

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

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

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

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

на тему: «Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «Універсал-Сервіс» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-21 Ворона Валентин Олександрович
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ (підпис)

Валентин ВОРОНА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

к.т.н. Сергій САПОЖНИКОВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Суми – 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 58 сторінок, 16 рисунків, 7 таблиць, 1 додаток, 29 літературних джерела.

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

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- обстеження основних систем енергозабезпечення будівлі;
- аналіз рівня споживання енергетичних ресурсів будівлею;
- модернізація системи енергозабезпечення будівлі;
- 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 будівлі ТОВ «Універсал-Сервіс».

Об'єкт дослідження: будівля ТОВ «Універсал-Сервіс».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ВУЗОЛ ОБЛІКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ГЕНЕРАЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ.

Тема роботи – **«Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «Універсал-Сервіс» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення».**

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

РЕФЕРАТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ..... | 9 |
| 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження | 9 |
| 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження..... | 10 |
| 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта | 11 |
| 1.3.1 Система теплопостачання | 11 |
| 1.3.2 Система електропостачання..... | 12 |
| 1.3.3 Система водопостачання..... | 13 |
| 1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування..... | 14 |
| 1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду | 14 |
| 1.4 Опис методів та приладів вимірювання..... | 16 |
| 1.5 Аналіз результатів вимірювання..... | 16 |
| 1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води | 16 |
| 1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії..... | 16 |
| 1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії | 18 |
| 1.6.3 Аналіз обсягів споживання води | 19 |
| 1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності..... | 21 |
| 1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії..... | 21 |
| 1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії..... | 23 |
| 1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води..... | 24 |
| 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..... | 37 |
| 2.1 Опис можливих енергозберіжних заходів..... | 37 |
| 2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів | 42 |
| 2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі..... | 42 |
| 2.2.2 Встановлення сонячних панелей..... | 45 |
| 2.2.3 Встановлення вітрової установки | 48 |
| 2.3 Висновки за розділом..... | 50 |
| 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 51 |
| 3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження..... | 51 |
| 3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів..... | 52 |
| ВИСНОВКИ..... | 55 |

| | |
|----------------------------------|----|
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 57 |
| ДОДАТОК А | 60 |

ВСТУП

Енергетика має важливе значення для забезпечення комфортних умов проживання населення та ефективного функціонування промисловості. Проте, для досягнення надійного та ефективного забезпечення енергією потрібно вирішити кілька проблем [1].

Одна з найважливіших проблем - це старіння технічного господарства в енергетичній галузі. Багато енергетичних підприємств мають застарілі обладнання та інфраструктуру, що призводить до неефективності та надійності системи [1]. Розрахункова потужність багатьох старих електростанцій недостатня для забезпечення зростаючих потреб суспільства. Тому необхідно інвестувати в модернізацію технічного господарства, заміну застарілого обладнання та впровадження нових технологій для підвищення ефективності та надійності системи [1].

Крім того, ринкові засади господарювання в енергетичній галузі також потребують поліпшення. Недостатня конкуренція та відсутність стимулів для енергетичних компаній для ефективної роботи призводять до недостатньої якості та доступності послуг. Необхідно створити сприятливі умови для конкуренції, впровадження інновацій та залучення приватних інвестицій. Це можна зробити шляхом реформування законодавства, створення ринкових механізмів та прозорих правил гри [1].

Для забезпечення сталого розвитку енергетики також важливо розвивати альтернативні джерела енергії. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідроенергетика та інші, може допомогти зменшити залежність від традиційних вугільних та нафтових джерел, а також знизити негативний вплив на навколишнє середовище [1].

В цілому, для поліпшення ситуації в енергетичній галузі потрібні комплексні заходи, що охоплюють модернізацію технічного господарства, реформування ринкових засад господарювання та стимулювання розвитку альтернативних

джерел енергії. Це вимагатиме спільних зусиль уряду, бізнесу та суспільства для досягнення сталого й ефективного енергетичного сектора [1].

Енергетичний аудит включає обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з метою визначення можливостей зменшення споживання енергії і надання підприємству рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів. Його ціль полягає в тому, щоб ідентифікувати області, де можна досягти енергозбережень, і надати практичні рекомендації щодо впровадження механізмів ефективного енерговикористання [2].

Під час енергетичного аудиту зазвичай аналізуються витрати палива, а також інші енергетичні ресурси, які використовуються на підприємстві. Це може включати електрику, газ, тверді палива, пар, тепло, воду тощо. Проводиться детальний облік і аналіз споживання енергії в різних процесах і системах підприємства [2].

На основі результатів аудиту розробляються рекомендації щодо енергоефективних заходів, які можуть бути впроваджені для зменшення витрат енергоресурсів. Ці заходи можуть включати вдосконалення технологій, установку енергоефективного обладнання, впровадження системи управління енергетикою та інші заходи, спрямовані на оптимізацію споживання енергії.

Отже, енергетичний аудит сприяє ефективному використанню енергоресурсів, зменшенню витрат на енергію та покращенню енергетичної ефективності підприємства [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля ТОВ «Універсал-Сервіс» в місті Суми, за адресою вул. Скрябіна, 7 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі «Універсал-Сервіс»

Під час енергетичного обстеження будівлі були виконані наступні завдання:

1. Огляд будівлі: Проведення детального огляду будівлі для виявлення можливих проблем з утепленням, дефектів у конструкціях, пошкоджень систем теплопостачання, освітлення та водопостачання.

2. Вимірювання енергоспоживання: Збір даних про споживання енергії в системах теплопостачання, освітлення та водопостачання.

3. Аналіз технічного стану систем: оцінка роботи систем теплопостачання, освітлення та водопостачання, виявлення можливих несправностей, ефективності роботи обладнання та систем.

4. Визначення обсягів споживання енергії: розрахунок обсягів споживання енергії для різних систем та процесів у будівлі.

5. Вивчення тарифів на енергію: Аналіз поточних тарифів на енергію для розрахунку витрат на енергоспоживання.

6. Розробка енергозберігаючих заходів: Рекомендації щодо впровадження енергозберігаючих заходів для підвищення енергоефективності будівлі та систем.

Будівля змурована із цегли. Головний фасад будівлі зорієнтовано на схід.

Технічні характеристики будинку згідно наданої інформації такі:

- призначення будівлі – громадська будівля;
- кількість поверхів – 4 поверхи;
- площа забудови – 1265 м²;
- опалювальна площа будівлі – 3527 м²;
- опалювальний об'єм будівлі – 16910 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами – 17520 м³.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Під час енергообстеження було встановлено, що фундамент будівлі залізобетонний.

Стіни цегляні, оштукатурені цементним розчином.

Плити перекриттів – залізобетонні.

Перегородки – цегляні, оштукатурені цементним розчином.

Підлога складається з цементної стяжки та шару плитки, покритої лінолеумом.

Стеля – залізобетон, керамзит та руберойд. Вікна – металопластикові з двохкамерним склопакетом.

При обстеженні було виявлено, що в незадовільному стані знаходяться стіни та більша частина вікон. Вікна – забруднені, чистити на висоті їх дуже складно – це призводить до поганого проходження сонячних променів і поганого освітлення приміщення.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Дана будівля має централізовані системи теплопостачання, водопостачання та водовідведення.

Гаряче водопостачання в будівлі відбувається від електричних водонагрівачів.

1.3.1 Система теплопостачання

Система теплопостачання є централізованою, де ТОВ «Сумитеплоенерго» є постачальником тепла. Договір на поставку теплової енергії № 346-Т від 24.05.2020 р.

В тепловому пункті встановлений елеваторний вузол (рис 1.2). Схема теплового пункту наведена в додатку А.



Рисунок 1.2 – Елеваторний вузол системи теплопостачання

Система опалення однотрубна з верхнім розведенням.

У такій системі рух гарячого теплоносія (води) відбувається зверху вниз через труби та опалювальні прилади. Опалювальні прилади підключені до

вертикально розташованих трубопроводів. Ця система має деякі переваги, такі як менша металоємкість і більш простий монтаж порівняно з двотрубною системою.

Для обліку теплової енергії у будівлі використовується лічильник ВКР-231 (рис 1.3) який встановлений на вводі до будівлі, в тепловому пункті перед елеваторним вузлом. Цей лічильник дозволяє виміряти споживану теплову енергію, що надається постачальником.



Рисунок 1.3 – Лічильник обліку теплової енергії [3]

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 540. підстанції ТП-741, що знаходиться за територією підприємства. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 0,4 кВ.

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу НІК (рис 1.4).



Рисунок 1.4 – Лічильник електричної енергії [4]

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 530.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони вул. Скрябіна. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{XB}=0,4$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване. Трубопроводи холодного водопостачання по цеху – металеві. В деяких місцях встановлені хомути. Труби потребують заміни.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

Облік води здійснюється лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис 1.5), який встановлено на ввіді до цеху.



Рисунок 1.5 – Лічильник обліку холодної води [5]

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Будівля має природню систему вентиляції. Вона відбувається в результаті теплового та вітрового напору. Вентиляція забезпечує провітрювання виробничих приміщень а також санвузлів. Система знаходиться в задовільному стані, тому циркуляція свіжого повітря забезпечує належні санітарно-гігієнічні норми.

1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 17.11.2023 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

Для проведення енергоаудиту недостатньо візуального огляду будівлі, необхідно виміряти декілька параметрів.

Для вимірювання необхідних параметрів будівлі використовуються наступні вимірювальні прилади:

- безконтактний інфрачервоний пірометр Raytek MT-4;

- далекомір ;

- універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1.

Неконтактний інфрачервоний пірометр MT-4 фірми Raytek (рис 1.6) (використовується для безконтактного вимірювання температури різних поверхонь у приміщенні) .



Рисунок 1.6 – Неконтактний пірометр МТ-4 фірми Raytek [6]

2) Далекомір (рис 1.7) (Використовувався для вимірювання геометричних розмірів будівлі).



Рисунок 1.7 – Далекомір [7]

3) Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 (рис 1.8) (використовувався для вимірювання температури та вологості в приміщенні)



Рисунок 1.8 - Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [8]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 17.11.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: 1°C .

Результати вимірювань склали:

- 1) температура повітря в будівлі склала $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [9].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 52^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 44^{\circ}\text{C}$ (згідно показань вузла обліку теплової енергії).
- 3) відносна вологість повітря – 55%, що відповідає вимогам норм і правил [9].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії за три минулі опалювальні періоди наведено в таблиці 1.1 та на рисунку 1.9 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

Таблиця 1.1 – Величина споживання теплової енергії за 2020 – 2023 роки, Гкал

| Місяці | 2020 рік, Гкал | 2021 рік, Гкал | 2022 рік, Гкал | 2023 рік, Гкал |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Січень | 88,9 | 89,5 | 66,1 | 76,9 |
| Лютий | 79,7 | 78,9 | 28,1 | 43,4 |
| Березень | 61,1 | 66,3 | 9,7 | 36,4 |
| Квітень | 28,8 | 35,2 | 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 | 36,6 | 31,4 | 25,1 | - |
| Листопад | 52,7 | 56,9 | 46,1 | - |
| Грудень | 67,6 | 64,3 | 58,7 | - |
| Всього | 415,4 | 422,5 | 277,8 | - |

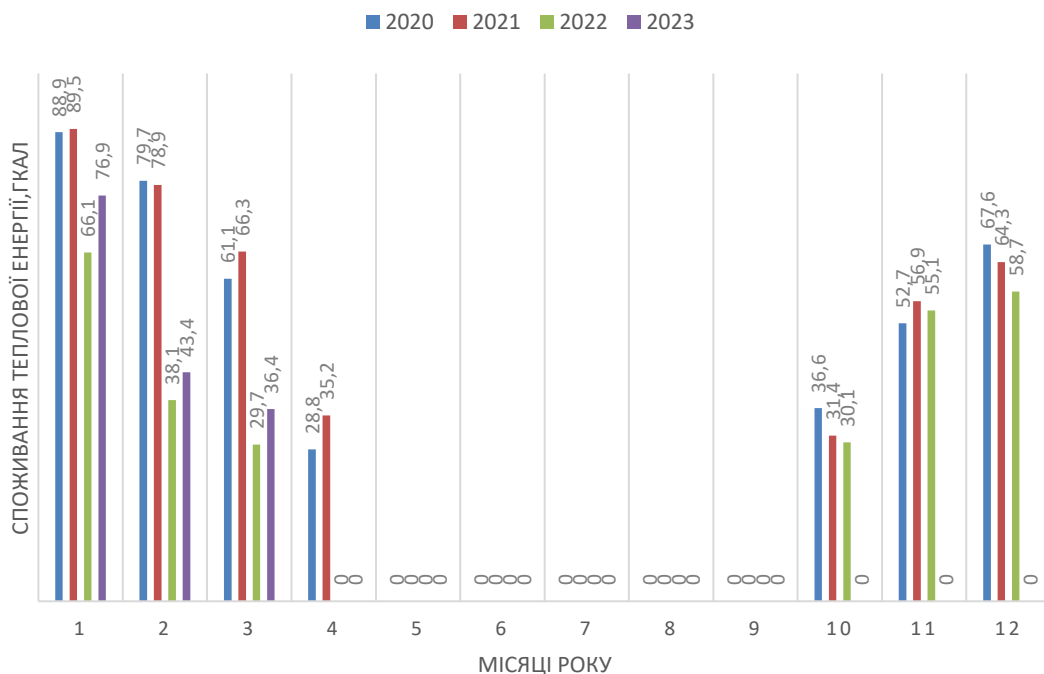


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що її споживання відбувається тільки в опалювальний період. Споживання протягом трьох останніх опалювальних періодів майже не змінне.

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 1.2 та на рисунку 1.10 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.2 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

| Місяці | 2020 рік, кВт·год | 2021 рік, кВт·год | 2022 рік, кВт·год |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Січень | 19856 | 18542 | 17965 |
| Лютий | 17569 | 18421 | 2564 |
| Березень | 17423 | 18065 | 3524 |
| Квітень | 17231 | 17985 | 9875 |
| Травень | 16987 | 17852 | 10251 |
| Червень | 16893 | 17325 | 14236 |
| Липень | 17852 | 16987 | 14689 |
| Серпень | 17452 | 17452 | 13658 |
| Вересень | 16567 | 17214 | 13547 |
| Жовтень | 15652 | 17362 | 14225 |
| Листопад | 16879 | 16852 | 15236 |
| Грудень | 17896 | 17056 | 14523 |
| Всього | 208257 | 211113 | 144293 |

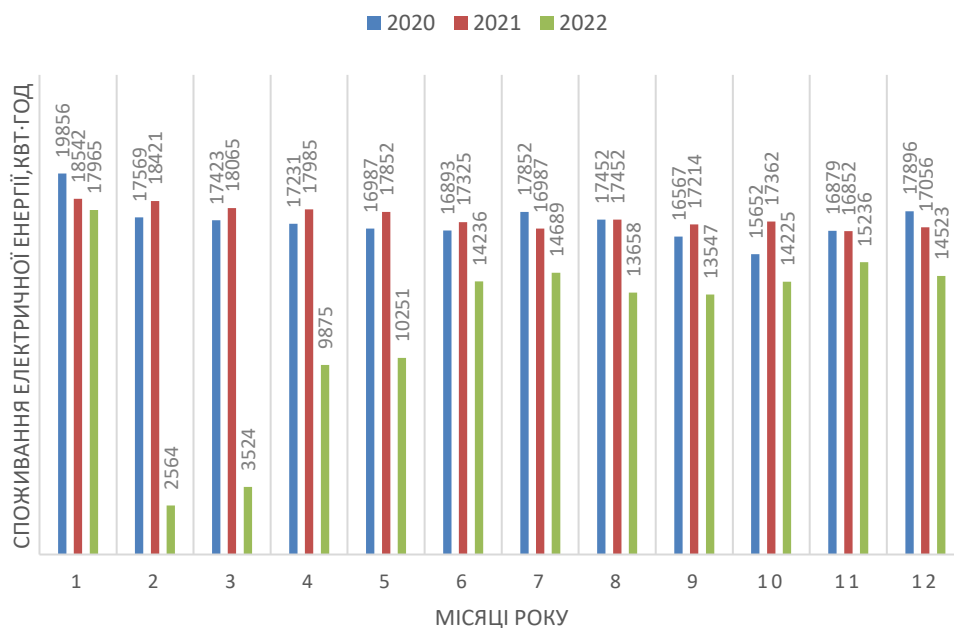


Рисунок 1.10 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що споживання електричної енергії за 2020-2021 роки майже не змінюється. Цех працював в дві зміни, електроспоживаюче обладнання працювало в сталому режимі, відбувався контроль за споживанням

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це є наслідком повномасштабного вторгнення росії в Україну.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.3 та на рисунку 1.11 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.3 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

| Місяці | 2020 рік, м ³ | 2021 рік, м ³ | 2022 рік, м ³ |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Січень | 151 | 149 | 140 |

Продовження таблиці 1.3

| | | | |
|---------------|-------------|-------------|------------|
| Лютий | 149 | 148 | 8 |
| Березень | 147 | 140 | 7 |
| Квітень | 148 | 141 | 69 |
| Травень | 142 | 143 | 84 |
| Червень | 144 | 142 | 92 |
| Липень | 143 | 139 | 91 |
| Серпень | 142 | 137 | 89 |
| Вересень | 140 | 138 | 96 |
| Жовтень | 138 | 142 | 97 |
| Листопад | 142 | 144 | 92 |
| Грудень | 140 | 145 | 90 |
| Всього | 1726 | 1708 | 955 |

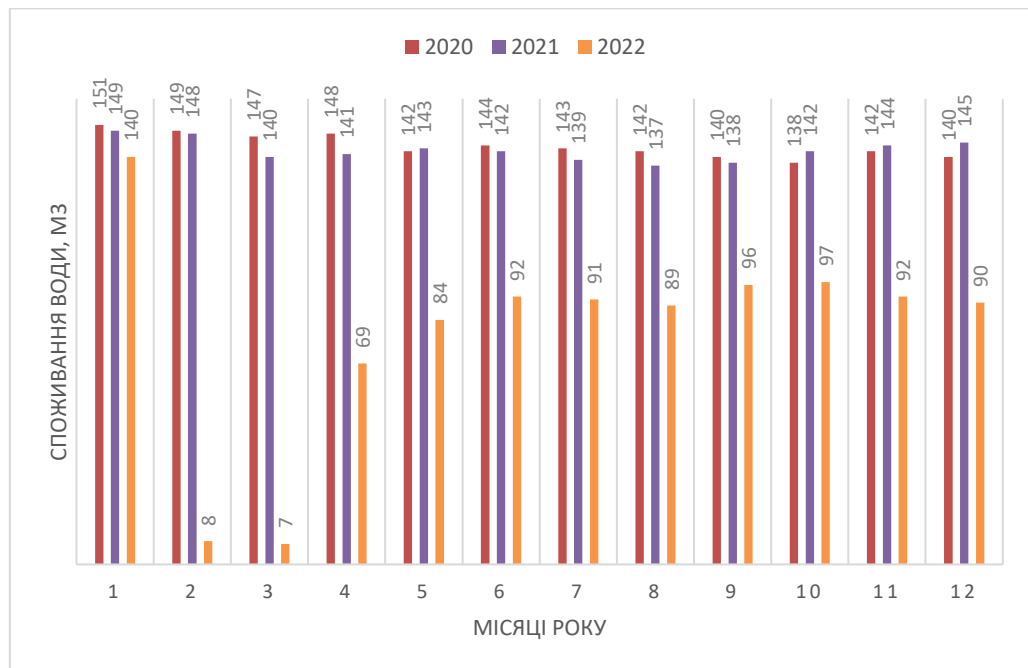


Рисунок 1.11 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Споживання холодної води протягом 2020-2021 років майже не змінюється. Це пояснюється контролем за рівнем споживання.

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це є наслідком повномасштабного вторгнення росії в Україну.

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 [10].

Нормативна питома енергопотреба для громадських будівель згідно [10]:

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

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

- за 2020-2021 рік – $Q_{оп} = 415,4$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 422,5$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 277,8$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,025$ Гкал/м³;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,025$ Гкал/м³;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,017$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,023$ Гкал/м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [10]:

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

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,023 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = -12\%$$

Згідно з [10] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «С».

Такий стан усіх технічних та конструктивних елементів, що визначають енергоефективність процесів виробництва та підтримання теплового балансу в будівлі, слід вважати таким, що відповідає сучасним вимогам енергоефективності.

Однак, враховуючи результати енергетичного обстеження, слід зазначити, що відбір теплової енергії регулюється шляхом "ручної" зміни режиму роботи теплопостачальних установок, тобто примусового зменшення теплоспоживання, в залежності від умов дотримання встановлених для будівлі лімітів теплоспоживання. При цьому будівля обігривається нерівномірно, що призводить до використання додаткових джерел тепла, що збільшує загальні витрати на енергозабезпечення. Така ситуація спричиняє такі проблеми, як порушення циркуляційного тиску теплоносія в системі опалення та відсутність тепловіддачі в крайніх ділянках системи теплопостачання.

Такі умови слід вважати незадовільними у всіх технічних та конструктивних елементах, що визначають енергоефективність процесу створення та підтримання теплового балансу будівлі.

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 будівлі ТОВ «Універсал - Сервіс» фактичне споживання електричної енергії складає:

Для будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2020 рік: } \frac{208257 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{3527} = 59 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{211113 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{3527} = 59,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{144293 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{3527} = 40,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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 [12]. Норма витрат води для а будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{1726000}{580} \right) / 365 = 8,2 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{1708000}{580} \right) / 365 = 8,1 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{955000}{580} \right) / 365 = 4,5 \text{ л/добу}.$$

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

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [13].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q \text{ min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [13].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

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

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, 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, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [13];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma \text{ пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (1.2) розраховується за формулою:

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

де α_6 , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (1.2), $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

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 [13]

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

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

$\sum Q_{\Delta}$ – 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, м^2 ;

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [13];

$t_e, t_{z.p}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

де $\sum Q_{cm}$ – 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

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

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

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

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

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_s^o + \Sigma Q_{ndл}^o, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

де: ΣQ_{op}^o – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

ΣQ_s^o – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\Sigma Q_{ndл}^o$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

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

$t_s, t_{з.р}$ - 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_e – 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 [13]:

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [13];

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с² [13];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с; II-а кліматична зона – 2,1 м/с) [13];

$\Delta\rho$ – 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):

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

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:

$$Q_{ер}^{инф} = G_{вр} \cdot c \cdot (t_e - t_{з.р}) \cdot k_e, \text{ кВт} \quad (1.13)$$

де $G_{вр}$ - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;
 c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [13];
 $t_в$ і $t_{з,р}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;
 $k_в$ – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкривання воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{з,д}^{инф} = 0,28 \cdot G_{з,д} \cdot c \cdot (t_в - t_з), \quad (1.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;
 $t_в$, $t_{з,р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;
 $G_{з,д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

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

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 [13];
 m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{С}$ [13];

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

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

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$ [13];

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

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

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

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

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

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_z, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

k_z – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

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

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 ($k_{О.П}=0,6$) [13].

Сумарні теплонадходження

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

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;

ΣQ_{mn} - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

| Вид огорожувальної конструкції | Матеріал | Товщина, δ , мм | Тепло-провідність | $R_{\Sigma np}$, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ | R_{qmin} , $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ |
|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------|--|---|
| Зовнішні стіни | Цементно-піщаний розчин | 12 | 0,81 | 0,86 | 4.0 |
| | Цегла | 550 | 0,81 | | |
| | Штукатурка (розчин цементно-піщаний) | 12 | 0,81 | | |
| Дах | Руберойд | 8 | 0,17 | 1,75 | 7.0 |
| | Керамзит | 30 | 0,35 | | |
| | Залізобетон | 300 | 2,04 | | |
| Двері | Металопластик ові зі склопакетом | 80 | 0,41 | 0,59 | 0,7 |
| Вікна | Металопластикові зі склопакетом | 80 | 0,41 | 0,59 | 0,9 |
| Підлога | Залізобетон | 300 | 2,04 | 0,39 | 5.0 |
| | Цементно-піщана стяжка | 15 | 0,81 | | |
| | Лінолеум | 3 | 0,33 | | |
| | Керамічна плитка | 8 | 1,1 | | |

Отримані результати ($R_{\Sigma np} \ll R_{qmin}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [10]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [14].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 1.5 та 1.6.

Таблиця 1.5 – 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 | 1457,5 |
| Загальна площа площі перекриття даху, м ² | 1265 |
| Загальна площа вікон, м ² | 435 |
| Загальна площа дверей, м ² | 8 |
| Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м ² | 1265 |
| 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 | 16910 |
| 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 | 580 |
| Явні теплонадходження від людей, Вт | 103 |
| Номінальна потужність електроустаткування, Вт | 35000 |
| 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 | 450 |
| 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 1.5

| | |
|---|-------|
| Площа заповнення світлових прорізів, м ² | 217,5 |
| Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ² | 217,5 |
| Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу | 0,6 |

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку

| Розрахункові дані | Значення параметру |
|---|--------------------|
| Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт | 0,86 |
| Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт | 1,75 |
| Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт | 0,59 |
| Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² ·К)/Вт | 0,59 |
| Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт | 0,39 |
| Втрати теплоти через стіни,Вт | 76264,53488 |
| Втрати теплоти через стелю,Вт | 32528,57143 |
| Втрати теплоти через двері,Вт | 784 |
| Втрати теплоти через вікна,Вт | 33177,9661 |
| Втрати теплоти через підлогу, Вт | 48653,84615 |
| Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт | 44067,24 |
| Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт | 189292,0957 |
| Сумарні тепловтрати | 424768 |
| Теплонадходження від людей, Вт | 59740 |
| Теплонадходження від електроустаткування, Вт | 9696,75 |
| Теплонадходження від джерел освітлення,Вт | 6480 |
| Теплонадходження від сонячної радіації,Вт | 45675 |
| Сумарні теплонадходження,Вт | 121591,8 |
| Теплова потужність будівлі, Вт | 303176,5 |

1.9 Висновки до розділу

1) При обстеженні було виявлено, що в незадовільному стані знаходяться стіни та більша частина вікон. Вікна – забруднені, чистити на висоті їх дуже складно – це призводить до поганого проходження сонячних променів і поганого освітлення приміщення.

2) Система теплопостачання в будівлі централізовано. Надавач послуги ТОВ «Сумитеплоенерго». В тепловому пункті встановлений елеваторний вузол. Регулювання подачі теплоносія відбувається в «ручному» режимі.

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР.

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 та вологість в середині приміщень та геометричні розміри будівлі. Наведено результати інструментального обстеження.

7) Виконано розрахунок опорів теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій, основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 303176,5Вт.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Система електропостачання є критично важливою для сучасного життя, і вибір конкретного способу енергозабезпечення може значно вплинути на комфорт і вартість експлуатації будинку. Ось кілька типів систем енергозабезпечення та їхні переваги і недоліки:

1) Мережеве електропостачання:

Переваги:

Надійність і стабільність.

Зручність в користуванні: енергія завжди доступна, не потрібно перейматися запасами.

Недоліки:

Залежність від централізованої системи, яка може викликати проблеми при аваріях чи відключеннях.

Може бути високий рахунок за споживану енергію.

2) Сонячна енергія:

Переваги:

Екологічно чиста та відновлювана енергія.

Зниження витрат на електроенергію у середньостроковій та довгостроковій перспективі.

Недоліки:

Високі витрати на встановлення сонячних панелей.

Залежність від погодних умов (наприклад, менша продуктивність в хмарний день або вночі).

3) Дизельні генератори:

Переваги:

Самостійність від централізованої системи.

Здатність працювати в автономному режимі довгий час.

Недоліки:

Витрати на паливе та обслуговування можуть бути високими.

Викиди газів і шум, пов'язані з роботою генератора.

4) Вітрові турбіни:

Переваги:

Відновлювана енергія.

Ефективність у вітряному регіоні.

Недоліки:

Високі витрати на встановлення і обслуговування.

Залежність від вітру, що може бути непередбачуваним.

Вибір системи енергозабезпечення повинен враховувати регіональні умови, бюджет, потреби будинку та особисті вподобання. Комбінація різних джерел енергії, така як сонячні панелі і резервний дизельний генератор, може бути оптимальним рішенням для забезпечення стабільності та надійності енергозабезпечення.

Існує кілька типів систем електропостачання для будинків [15].

1) Автономний тип. У цьому випадку електроенергію постачає генератор (бензиновий або дизельний), сонячна електростанція, вітроелектростанція або MINI-GES.

2) Зовнішнє. У цьому випадку енергія надходить ззовні по лініях електропередач.

3) Змішане. У цьому випадку енергопостачання частково забезпечується енергопостачальником, а частково - власними об'єктами генерації електроенергії.

Автономні джерела енергії грають важливу роль у забезпеченні стабільності та незалежності енергетичної системи. Давайте розглянемо основні характеристики кожного з типів автономних джерел енергії [15].

1. Непоновлювані ресурси:

- *Тверде або рідке паливо:* Це включає в себе електростанції, які працюють на вугіллі, нафті, природному газі тощо. Ці джерела енергії використовують

вичерпувані природні ресурси і, в більшості випадків, мають значний вплив на навколишнє середовище, що виникає від викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин [15].

2. Поновлювані ресурси:

- *Енергія сонця*: Сонячні панелі перетворюють сонячне випромінювання на електроенергію. Це чистий та безпечний метод виробництва енергії, але залежить від доступності сонячного світла.

- *Енергія вітру*: Використовуючи вітрові турбіни, можна отримувати електроенергію за рахунок руху повітря. Це екологічно чистий метод, але залежить від вітрового потенціалу регіону.

- *Енергія води*: Гідроелектростанції використовують рух води для виробництва електроенергії. Це ефективний, але часто пов'язаний із змінами в екосистемі річок.

Обидва типи мають свої переваги та недоліки, і вибір між ними часто залежить від конкретних умов і вимог. Врахування ефективності, вартості, екологічних наслідків і надійності є ключовими факторами при розгляді автономних джерел енергії.

В Україні сонячна енергія, здається, є привабливою альтернативою. Її використання може призвести до покращення якості навколишнього середовища, зниження залежності від імпортованих енергоресурсів та створення нових робочих місць

Важливо, щоб держава встановила ефективні регулюючі механізми та стимули, які сприяють розвитку відновлюваних джерел енергії, забезпечуючи відповідні стандарти та підтримку для новаторських рішень. Також важливо розглядати енергетичні проекти як частину комплексного стратегічного підходу до сталого розвитку [16].

При належному плануванні та реалізації, перехід до чистих джерел енергії може стати вигідним не лише для екології та громадян, але й для економіки країни.

Зважаючи на те, що ціни на енергоносії зростають з року в рік, альтернативна енергетика є життєздатним варіантом енергозабезпечення домогосподарств та бізнесу [16].

Враховуючи переваги та недоліки альтернативних джерел енергії, стає зрозуміло, наскільки вигідним може бути їх використання [16].

Є кілька причин, чому перехід на альтернативні джерела енергії є вигідним:

Мінімізація споживання електроенергії з центральної електромережі;

Висока автономність системи;

Опалення не залежить від погодних умов;

Необмежене використання енергії, оскільки всі альтернативні джерела енергії є відновлюваними/

Об'єкт може бути розширений, наприклад, шляхом додавання додаткового обладнання;

Крім того, електроенергія може постачатися до будівель, розташованих поблизу або далеко від інженерних комунікацій [16].

Недоліком є необхідність початкових інвестицій, тобто купівля обладнання та очікування, поки інвестиції окупляться. Це може зайняти кілька років, після чого електропостачання завжди буде екологічно безпечним, надійним і економічним.

Температура під землею залишається відносно стабільною протягом року і залежить від глибини. Цей ефект відомий як постійна температура ґрунту або температура ґрунту. На глибині приблизно одного метра, де вже не впливають сезонні зміни та коливання повітряної температури, температура може залишатися стабільною протягом року [17].

Це явище може бути важливим для рослин, тварин і бактерій, які знаходяться в ґрунті і залежать від сталої температури для свого життя. Також це може бути корисним при будівництві, оскільки стабільна температура може слугувати ізолюючим фактором для будівель і зменшувати витрати на опалення чи охолодження.

Зміни температури в глибині ґрунту пов'язані з різними факторами, такими як геотермічні процеси, сонячне випромінювання, тепловий обмін з атмосферою і інші [17].

Геотермальні системи є ефективним та сталим джерелом енергії для опалення, охолодження та гарячого водопостачання. Головний принцип роботи

полягає в тому, що земля за певною глибиною залишається стабільною температурою протягом усього року, незалежно від сезонів та погодних умов. Ця температура зазвичай зберігається від 4 до 21 градуса Цельсія.

Геотермальні системи використовують тепло об'єкта для опалення або охолодження приміщення. Взимку, коли зовнішня температура нижче, геотермальна система може видобувати тепло з ґрунту та передавати його до будинку. Навпаки, влітку система може видаляти тепло з будинку та відводити його в землю для охолодження [17].

Геотермальний контур, який складається з підземних труб, містить робочий розчин, який циркулює між будинком і ґрунтом, передаючи тепло туди, де воно потрібно. Ця система не тільки дозволяє економити електроенергію, але і має менший вплив на навколишнє середовище порівняно з традиційними системами опалення та кондиціонування повітря [17].

Основний принцип роботи геотермальних теплових насосів полягає в тому, що вони використовують стабільну температуру, яка знаходиться під поверхнею Землі. У глибоких шарах ґрунту температура зберігається на стабільному рівні протягом усього року, незалежно від змін зовнішньої температури повітря [17].

Порівняно з тепловими насосами, які витягують тепло з холодного повітря, геотермальні системи ефективніше працюють у холодний період року, коли найбільше потрібно опалення. Також вони є більш екологічно чистими, оскільки не використовують процеси згорання для отримання тепла, що допомагає зменшити викиди в атмосферу [17].

Однак важливо враховувати, що встановлення геотермальної системи може бути витратним і потребує наявності відповідного простору та ґрунтових умов. Також це може залежати від конкретних кліматичних умов і регіональних факторів [17].

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Для опалення будівлі вибираємо тепловий насос АІК МАХІ 100 [18] (рис 2.1). Це тепловий насос, який оснащений циркуляційними насосами з автоматичним регулюванням потужності та автоматикою [18].

Основні характеристики теплового насоса типу NIBE [18]:

- потужність – 250 кВт [18];
- резервування – вбудований, ступінчастий;
- температура подачі теплоносія – до 60⁰С [18];
- температура зворотнього теплоносія – 50⁰С;
- циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
- основні розміри: висота – 1900 мм; ширина – 700 мм; глибина – 850 мм; вага – 210 кг [18].
- дисплей – цвітний.
- оновлення програми – через USB.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд теплового насоса типу АІК МАХІ 250 [16]

Тепловий насос поєднуються з погодним або кімнатним регулюванням опалення. Погодний контроль дозволяє системі опалення швидко реагувати на зміни погодних умов.

Існує також можливість регулювання опалення по днях тижня, і за часом. Наприклад: зменшення температури вночі, або у вихідний день (зменшення температури в будівлі на 1°C зменшує витрати опалення на 12%) .

Вартість теплового насосу та робота, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 26204250$ грн [18].

Даний проект спрямований на відмову від централізованої системи тепlopостачання. Джерелом фінансування є власні кошти ТОВ «Універсал-Сервіс».

Тариф за споживання теплової енергії становить 2540,88 грн/Гкал.

Тоді споживання теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті за 2021 рік складає:

$$E_{опал} = 2540,88 \cdot 415,4 = 1055481,5 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу $\Delta Q = 303176,5$ кВт.
- циркуляційні насоси споживають $W_{ц.н.} = 2640$ кВт·год за рік.
- COP теплового насосу – 4,5.

Визначимо споживання електричної енергії тепловим насосом за формулою:

$$COP = \frac{\Delta Q}{W_{т.н.}}, \quad (2.1)$$

де ΔQ – тепла енергія яку виробив насос;

$W_{т.н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом.

Тоді:

$$W_{Т.Н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{303176,5}{4,5} = 67372,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Сумарне споживання електричної енергії:

$$W = W_{Т.Н.} + W_{Ц.Н.}, \quad (2.2)$$

де $W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом;

$W_{Ц.Н.}$ – споживання електричної енергії циркуляційними насосами.

$$W = 67372,6 + 2640 = 70012,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{\text{елект}} = 70012,6 \cdot 6,2 = 434077,8 \text{ грн.}$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 1055481,5 - 434077,8 = 621403,7 \text{ грн} / \text{рік.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{2620250}{621403,7} = 4,2 \text{ роки.}$$

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозберіжального заходу згідно методики [19].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

| Рік | Інвестиції I (капітальні витрати), грн | Вигоди D (дохід), грн | чистий грошовий потік, P_t , грн | Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$ | Приведен а дисконтна вартість, грн. | NPV, грн |
|-----|---|-------------------------------|---|--|---|---------------------|
| 0 | -2620250 | -2620250 | | 1 | | |
| 1 | 0 | 621403,7 | -1998846,3 | 0,909 | 564912 | -2055338 |
| 2 | 0 | 621403,7 | -1377442,6 | 0,826 | 513557 | -1541781 |
| 3 | 0 | 621403,7 | -756038,9 | 0,751 | 466870 | -1074911 |
| 4 | 0 | 621403,7 | -134635,2 | 0,683 | 424427 | -650484 |
| 5 | 0 | 621403,7 | 486768,5 | 0,621 | 385843 | -264641 |
| 6 | 0 | 621403,7 | 1108172,2 | 0,564 | 350766 | 86125 |
| 7 | 0 | 621403,7 | 1729575,9 | 0,513 | 318878 | 405003 |
| 8 | 0 | 621403,7 | 2350979,6 | 0,467 | 289889 | 694893 |
| 9 | 0 | 621403,7 | 2972383,3 | 0,424 | 263536 | 958429 |
| 10 | 0 | 621403,7 | 3593787 | 0,386 | 239578 | 1198007 |

Дисконтований термін окупності згідно [19]:

$$PP = 5 + \frac{350766 - 264641}{86125} = 6 \text{ років}$$

2.2.2 Встановлення сонячних панелей

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення виконаємо розрахунок сонячних панелей. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії для потреби систем освітлення необхідно приблизно 120 кВт/добу (в будівлі встановлені різні типи ламп).

Методика розрахунку наведена в [20]

Принципова схема встановлення сонячних панелей наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Принципова схема встановлення сонячної електростанції [21]

Обираємо сонячні панелі RSM110-8-545M (рис.2.3) [22].

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 1%.

$$W_3^{зар} = 120 \cdot 1,1 = 132 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



Рисунок 2.3 – Вигляд сонячної панелі [22]

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 [20];

0,545 – потужність однієї панелі, кВт/год [22]

Необхідна кількість панелей згідно [20]:

$$N = \frac{W_{заг}}{W} \quad (2.3)$$

Для зимового періоду:

$$N_z = \frac{132}{0,3} = 440 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 440 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [22].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [20]:

$$Q = \frac{Q_z \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.4)$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{132 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 190 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Обираємо 3 акумулятори LUXEON LX12-75MG - 12В - 75 А/ч [23].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 2956040$ грн [22].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Враховуючи, що лампи горять 250 днів по 6 годин на добу, маємо:

$$C = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 250 \text{ днів} \cdot 6 = 30000 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 30000 = 186000 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2956040}{186000} = 16 \text{ років.}$$

2.2.3 Встановлення вітрових установок

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

Розрахунок проводимо за методикою [20].

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

$$P^{заг} = 120 \cdot 1,2 = 144 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб необхідно вісім вітрогенераторів EuroWind 20 (рис 2.4). Місце встановлення біля будівлі.

Основні технічні характеристики наведені нижче [24]:

- 1) Потужність вітряка: 20 кВт [24]
- 2) Напруга: 220В (вбудований випрямляч) [24].
- 3) Маса: 3465 кг [24].

- 4) Кількість лопатей: 3 шт [24].
- 5) Стартова швидкість: 2 м/с [24].
- 6) Номінальна швидкість: 12м/с [24].



Рисунок 2.4 – Вітрогенератор EuroWind 20 [24]

Напруга генератора Eurowind 20 становить 240 вольт, тому потрібно 20 12-вольтових акумуляторів ($12\text{В} \cdot 20 = 240\text{В}$). Одна 12-вольтова батарея ємністю 150 Ач може зберігати до 1,8 кВт потужності. Двадцять таких батарей можуть зберігати до 36 кВт ($1800\text{Вт} \cdot 20 = 36\ 000\text{Вт}$) потужності; з 36 кВт резервної потужності система може працювати безперервно майже п'ять годин при середньому навантаженні в безвітряну погоду. Для цього знадобиться 20 батарей на 12 В ємністю 150 А-год. [20].

Вартість восьми вітрогенераторів, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій складає приблизно $K = 3567000$ грн [24].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Враховуючи, що лампи горять 250 днів по 6 годин на добу, маємо:

$$C = 120\text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{добу} \cdot 250\text{ днів} \cdot 6 = 30000\text{ кВт}\cdot\text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 30000 = 186000 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3567000}{186000} = 19 \text{ років.}$$

Зважаючи на великі терміни окупності заходів з використання альтернативних джерел енергії, врахування сучасної ситуації з війною та можливими обстрілами критичної інфраструктури вказує на додатковий розгляд стратегії сталого розвитку та забезпечення енергетичної незалежності.

Необхідно зробити збалансований аналіз витрат, потенційних користей та ризиків, а також врахувати стратегічне значення енергонезалежності у важких умовах для прийняття найбільш відповідального рішення.

2.3 Висновки за розділом

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

До основних заходів належать:

- встановлення теплового насосу для потреб опалення;
- встановлення сонячних панелей;
- встановлення вітрової установки.

В результаті розрахунків було підібрано тепловий насос, який забезпечує теплом та гарячою водою будівлю, а також встановлення сонячних панелей та вітрової установки для забезпечення електричною енергією.

Дані відновлювані джерела енергії роблять будівлю енергонезалежною та комфортною для робітників.

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 [25].

Фізичні фактори [25]

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 [25]

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

Біологічні фактори [25]

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

Психофізіологічні фактори [25]

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» [26], майже всі приміщення відносяться до категорії 2 «приміщення підвищеної небезпеки», оскільки вони обладнані комп'ютерами, кондиціонерами та іншими електричними приладами.

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» [27], 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 (Ia), 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 охолодження працівників [9].

Зазвичай рекомендовані температурні межі для легких робіт становлять від 20 до 24 градусів Цельсія [9].

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% [9].

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 [9].

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 [9].

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) [28].

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 [29].

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 є будівля ТОВ «Універсал-Сервіс» в місті Суми, за адресою вул. Скрябіна, 7.

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 303176,5 Вт.

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис енергозбережних заходів та здійснено їхній фінансовий аналіз. Для підвищення енергонезалежності будівлі ТОВ «Універсал- Сервіс» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії пропонується

1) Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2620250 грн; економія в грошовому еквіваленті – 621403,7грн; термін окупності заходу – 4,2 року, дисконтований термін окупності – 6 років)

2) Встановлення сонячної електростанції (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2956040 грн, економія в грошовому еквіваленті – 186000 грн; термін окупності заходу – 16 років).

3) Встановлення вітрової установки (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3567000 грн, економія в грошовому еквіваленті – 186000 грн; термін окупності заходу – 19 років).

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій «Ресурсо-зберігаючі технології на транспорті» [електронний ресурс] Режим посилання: <http://kk.nau.edu.ua/article/2987>
2. Енергетичний аудит будівлі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://servtech.com.ua/services/audit.html>
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sanspec.lvivmarket.net/goods/lichylnyk-tepla-calmex-n2-slovachchyna--1-vytratomir-tahometrychnogo-tyпу/>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://001.com.ua/uk/lichylnyk-elektroenergiyi-nik-2102-01-e2tr1-odnofaznyu-5-60-a-220-v-bagatotaryfnyu-nik>
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: MiniTemp MT2 фірми Raytek <https://www.indiamart.com/proddetail/raytek-mt-4-ir-thermometer-9209071355.html>
7. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bosch-tools.com.ua/ua/dalekom-ri-lazern-dalekom-ri/>
8. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-N1.
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. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
12. Норма споживання холодної води: Україна Сумська Міська Рада Виконавчий комітет РІШЕННЯ Від «20.04.99 №172» м. Суми «Про затвердження норм водопостачання для споживачів». Суми – 7 с.

13. 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

14. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://innov.com.ua/ru/novyny/dlya-chego-nuzhen-excel>

15. Електропостачання частки будинку - вибираємо з розумом [електронний ресурс] Режим посилання: <https://1solar.com.ua/ua/stati/elektrosnabzhenie-chastnogo-doma--vybiraem-s-umom.html>

16. Що таке альтернативні джерела енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://krepmetal.ua/uk/shho-take-alternatyvni-dzherela-energiyi/>

17. Геотермальний тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://alternetica.com.ua/blog/blog-stattia/203-geotermalni-teplovi-nasosi>

18. Тепловий насос [електронний ресурс] https://avante.com.ua/catalog/nasos_teplovoy_geotermaljnyy_aik_maxi-250_279_kv-06155/

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

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

21. Мережева сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/biudzhetna10kwt>

22. Сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>

23. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiA->

[rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9H
EACwAJAVoaAhRtEALw_wcB](https://ecoist.com.ua/vetrogenerator-vetrjak-eurowind-20000w.htm)

24. Вітрогенератор [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://ecoist.com.ua/vetrogenerator-vetrjak-eurowind-20000w.htm>

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

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

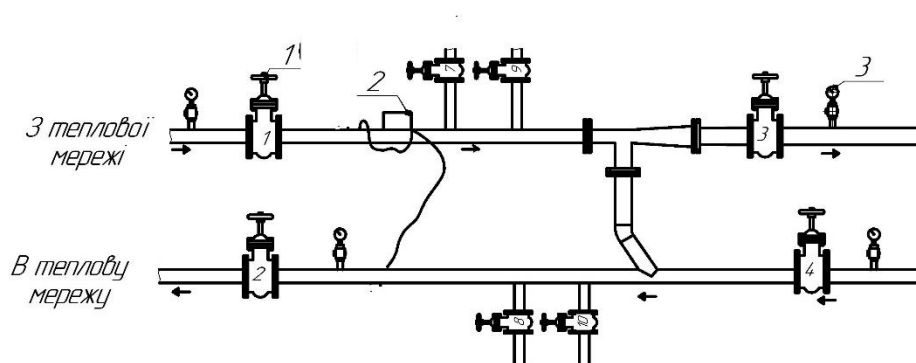
27. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні»
[електронний ресурс] Режим посилання:
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541

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

29. 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 будівлі ТОВ «Універсал-Сервіс»



Умовні позначення:

1 – запірна арматура;

2 – лічильник теплової енергії;

3 – манометр.