

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)

_____ 2023 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 будівлі «Г» СумДУ за рахунок впровадження відновлювальних джерел енергії

Здобувача(ки) групи ЕМ.м-21 Давиденко Андрій Вікторович
(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.

Андрій ДАВИДЕНКО

_____ (підпис)

_____ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник к.т.н, доцент, Сергій САПОЖНИКОВ

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

_____ (підпис)

Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм
навчання Кафедра прикладної
гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ПГМ
Микола СОТНИК
« » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача Давиденка Андрія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Підвищення енергонезалежності будівлі «Г» СумДУ за рахунок
впровадження відновлювальних джерел енергії

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

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 16.12.2023 р

3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Результати аналітичного вивчення
проектної та статистичної інформації щодо актуальності проведення робіт з
обстеження визначеного об'єкта за темою магістерської роботи

4 Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика кваліфікаційної роботи. Надання аргументованих висновків щодо доцільності та актуальності виконання випускної роботи за обраною темою).

Розділ 1 – Характеристика об'єкта енергетичного обстеження (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних: аналіз результатів вимірювання; аналіз споживання енергоносіїв та води; визначення питомих величин рівня енергоефективності; аналіз енергетичного балансу. Визначення та характеристика способу або методики

проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними. Висновки).

Розділ 2 – Розрахунковий аналіз умов запровадження енергозбережних заходів
(Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним енергозбережним заходом. Аналіз отриманих результатів з розробки заходів або напрямів з удосконалення енергетичної ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження. Висновки).

Розділ 3 – Охорона праці та безпека 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 виконання кваліфікаційної 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, прізвище і ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис, прізвище і ініціали)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Індекси та скорочення:

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

\emptyset – діаметр.

Абревіатура:

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ТП – трансформаторна підстанція;

АТ – акціонерне товариство;

КП – комунальне підприємство;

ПВХ – полівінілхлорид

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 60 с., 12 рисунків, 12 таблиць, 31 літературних джерел.

Мета роботи – визначення потенціалу енергозбереження, запровадження енергозбережних альтернативних джерел енергії та розрахунок економічної складової для їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

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

Об'єкт дослідження: будівля «Г» Сумського державного університету.

Предмет дослідження: система енергопостачання та енергоспоживання будівлі «Г» СумДУ.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНІ ЗАХОДИ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНА ПАНЕЛЬ, ВІТРОВА УСТАНОВКА.

Тема роботи - Підвищення енергонезалежності будівлі «Г» СумДУ за рахунок впровадження відновлювальних джерел енергії

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	11
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	11
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	12
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	13
1.3.1 Система опалення	13
1.3.2 Система електропостачання.....	14
1.3.3 Система водопостачання.....	14
1.3.4 Система вентиляції.....	14
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	15
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	18
1.4 Опис приладів та методів вимірювання.....	18
1.5 Результати інструментального обстеження.....	20
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	20
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії	20
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	22
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води.....	23
1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв	25
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплоенергії.....	25
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії.....	26
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	27

1.8 Висновки за розділом.....	27
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ	29
2.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	29
2.1.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	29
2.1.2 Розрахунок тепловтрат.....	30
2.1.3 Розрахунок тепло надходжень.....	36
2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	37
2.2 Розрахунок можливих енергозбережних заходів	42
2.2.1 Розрахунок фотоелектричних панелей для виробництва електричної енергії.....	42
2.2.2 Розрахунок вітрової установки.....	45
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера.....	48
3.2 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Повітряна тривога»	51
3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом	54
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

Енергоефективність - невід'ємний компонент енергетичної безпеки держави, а також її сталого інноваційного розвитку. На тлі сьогоденних подій на глобальній енергетичній арені, коли росія чинить енергетичний шантаж цивілізованого світу, питання зменшення залежності від імпорту традиційних енергоресурсів стали актуальними як ніколи як для України, так і для ЄС.

У цьому контексті питання енергоефективності вчергове доводять своє стратегічне значення не лише для низьковуглецевого розвитку і надійного енергозабезпечення, а й безпосередньо - для суверенітету та незалежності держави. [1]

У 2020 році кінцеве споживання енергії сектором послуг (комерційними та бюджетними будівлями) становило 10,2 % загального кінцевого енергоспоживання в Україні. Це не найбільший споживач енергії, але згідно з іншим дослідженням, українські громади витрачали в середньому 7% своїх бюджетів на оплату енергоносіїв. Тому впровадження енергоефективних заходів в закладах освіти, лікарнях, адміністративних будівлях може допомогти заощадити кошти платників податків та використати їх на щось корисніше. Крім того, саме бюджетні заклади можуть стати позитивним прикладом для інших громадян. [2]

Метою дослідження в даній роботі є підвищення ефективності функціонування систем енергоспоживання будівлі «Г» «Сумського державного університету» шляхом діагностування стану її огорожуючих конструкцій, аналізу фактичного споживання енергоресурсів та енергії, режимів їх споживання, діагностування стану та режимів функціонування енергоспоживаючих систем, вивчення технічних можливостей їх модернізації для запровадження нових технологій з використання у тому числі альтернативних видів енергоресурсів та енергії, розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Поставленими задачами дослідження є:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі,

зважаючи на її конструктивні особливості;

- визначення основних напрямків можливої модернізації огороджуючи конструкцій та систем енергоспоживання будівлі;

- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;

- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Об'єктом дослідження є навчально-науковий корпус СумДУ за адресою вул. Римського-Корсакова, 2 та його системи енергозабезпечення.

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

Автором зібрано статистичні дані за минулі три роки щодо функціонування систем енергоспоживання будівлі. Проаналізовано режими та обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води. Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками. Виконано необхідні економічні розрахунки.

Проведено аналіз потенційно небезпечних факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації будівлі та систем енергоспоживання. [3]

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є Сумський державний університет розташований у місті Суми. Будівлі університету розташовані на 8 локаціях. Цей енергоаудит стосується будівлі Навчально-адміністративного корпусу «Г» що розташована за адресою вул. Римського-Корсакова, 2. Точне розташування будівлі зображено на рисунку 1.1 нижче. [4]

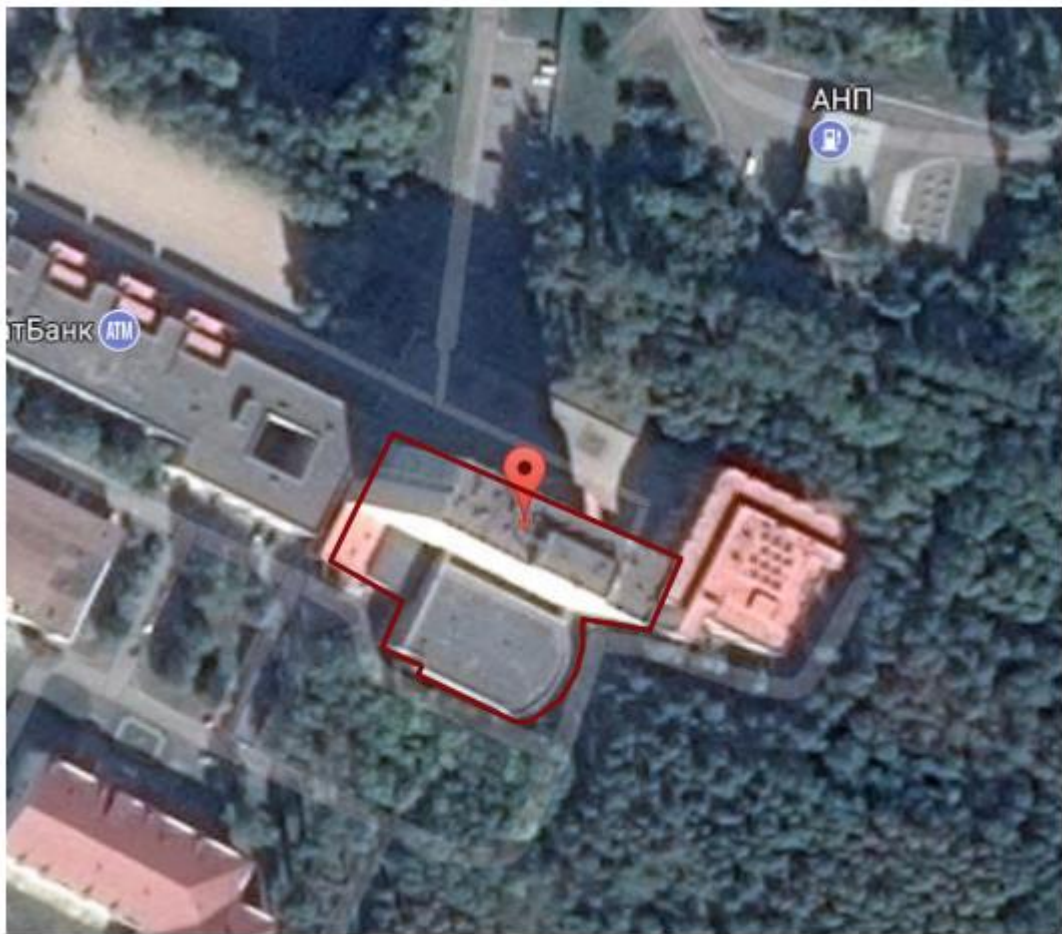


Рисунок 1.1 – Навчальний корпус «Г» СумДУ

Навчальний корпус «Г» не є історичною будівлею, тому обмежень для ремонтних робіт немає. Будівля була споруджена у 1983 і з огляду на те, що стандарти енергоефективності на той час були досить низькими, або не існували взагалі, не дивно, що будівля споживає велику кількість енергії. Будівля

характеризується масивною конструкцією і займає 14 поверхи. [4]

Технічні характеристики будівлі:

- площа забудови – 1385 м²;
- загальна площа – 13870 м²;
- опалювальна площа – 12485 м²;
- опалювальний об'єм – 55480 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішнім обміром – 65137 м³.

Склад людей: одночасно в будівлі знаходиться 990 осіб;

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-пт, вихідні – сб-нд;

Робочий день у будівлі: 08:00 -17:00;

Обідня перерва: 12:00 -12:45.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи опалення.

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано.

1.2 Опис дійсного стану об'єкту енергетичного дослідження

Основним конструктивним елементом зовнішніх стін є залізобетон який поштукатурений зсередини і ззовні. На зовнішніх стінах не виявлені ушкодження на конструкційному матеріалі та штукатурці. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (проведення теплоізоляції) на зовнішніх стінах не проводилися раніше. Коефіцієнт теплопередачі був усереднений для всієї площі та на даний момент знаходиться на рівні 1,13 Вт/м²К.

Наявні вікна і двері мають дерев'яну раму з подвійним заскленням, ПВХ раму з подвійним заскленням. Заходи з підвищення рівня енергоефективності (заміна вікон та / або дверей) проводилися раніше в 2010-2014.

Дах досліджуваного будинку - представлений суміщеним покриттям (плоске перекриття). Будівля облаштована технічним поверхом. Горище не обігрівається, тому воно є частиною неопалювальної площі будівлі. В Конструкції

даху видимі пошкодження відсутні. Енергоефективні заходи із додатковою теплоізоляцією на поверхні даху / горища не проводилися раніше. Коефіцієнт теплопередачі був усереднений для всієї площі та на даний момент знаходиться на рівні 0,94 Вт/м²К

Підлога досліджуваної будівлі знаходиться в задовільному стані та має прийнятні теплові властивості. Енергоефективні заходи з точки зору додаткової теплоізоляції підвального перекриття не проводилися раніше. Коефіцієнт теплопередачі був усереднений для всієї площі та на даний момент знаходиться на рівні 0,17 Вт/м²К. [4]

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежувана будівля отримує тепло з системи централізованого тепlopостачання. Договір на тепlopостачання укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Загальне тепловантаження будівлі складає 1791 кВт. Встановлена система опалення в будівлі - однотрубна. Комунікації встановлені по всій будівлі і виготовлені переважно зі сталі. Труби в неопалювальних приміщеннях і тепловому пункті частково ізолювані власними силами. Встановлені в будівлі радіатори переважно сталеві панельні. Усі вони без встановлених термостатичних регуляторів. Протікання в радіаторах під час проведення дослідження – не виявлено. Наявні радіатори пошкоджень не мають. Клапани в тепловому пункті в задовільному стані. Водопідготовка не встановлена в тепловому пункті. Розширювальний резервуар не використовується. Регулювання температури теплоносія не здійснюється в автоматичному режимі. [4]

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є АТ «Сумиобленерго» на підставі Договору про постачання електричної енергії. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-166, що знаходиться на території університету і вимірюється в одній окремій точці Живлення струмоприймачів споживача здійснюється по двох кабельних лініях 0,4 кВ.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання корпусу здійснюється згідно договору з КП «Міськводоканал» СМР. Вода надходить до будівлі по зовнішнім мережам вул. Харківська. Зовнішні мережі водопроводу виконані із сталевих водопровідних труб Ø 150 мм. Тиск зовнішньої водопровідної мережі – $P_{хв}=0,25$ МПа. Водовідведення корпусу – централізоване. В підвальному приміщенні встановлені насоси для підвищення тиску, а на технічному поверсі бак запасу води. Основними споживачами води є обслуговуючий персонал та наукові співробітники корпусу.

1.3.4 Система вентиляції

У будівлі встановлена механічна система вентиляції. Встановлена система може використовуватися для постачання свіжого повітря та витягу використаного повітря з будівлі. Система охоплює всю будівлю. Матеріал наявних повітропроводів - листовий метал . Повітропроводи на даний час в задовільному стані. Вентиляційні установки в задовільному стані. В санітарних приміщеннях (туалетах) - встановлена витяжна система вентиляції. [4]

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік споживання теплоенергії виконує ультразвуковий лічильник тепла QALCO (SKS-3), (рис. 1.2), термін повірки – 20 вересня 2020 року.

Встановлений лічильник в тепловому пункті, будівлі «Ц».



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [5]

Технічні характеристики лічильник представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики лічильника теплової енергії

Назва параметру	Значення
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина лінії зв'язку	До 5 метрів
Кількість каналів виміру розходу	1
Періодичність повірки	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

Облік споживання електричної енергії здійснюється двома трансформаторними лічильниками активного та реактивного електричного

струму типу ЕМН (LZQJ-ХС), (рис. 1.3), в парі з трансформаторами струму 400/5 та 600/5, що відповідає другому класу надійності. Термін повірки 18 серпня 2020 року.

Встановлені лічильники в електрощитовій будівлі.

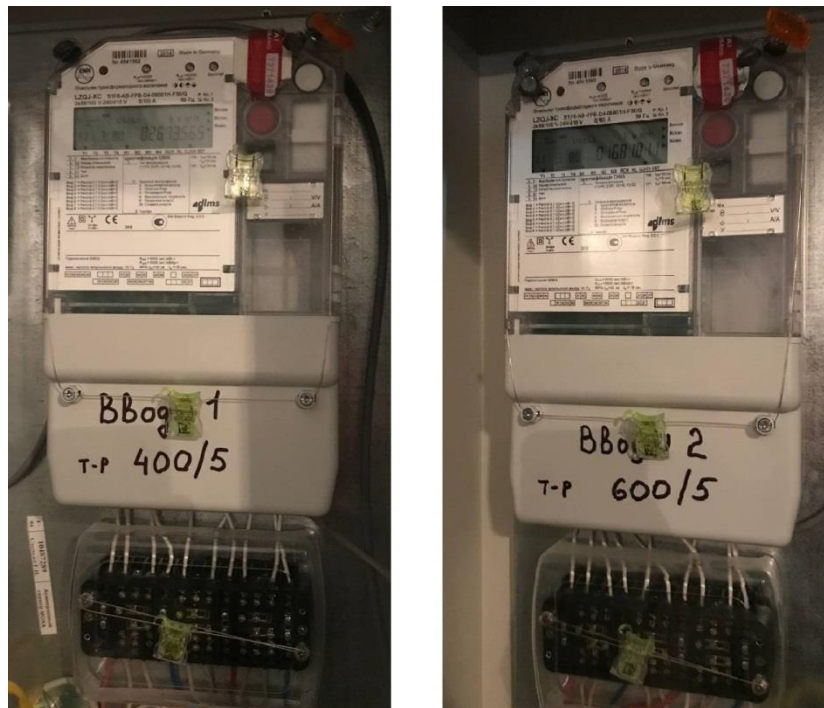


Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії

Технічні характеристики лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики лічильника електричної енергії

Назва параметру	Значення
Номінальна напруга	380 В
Клас точності	1
Номінальна частота	50 Гц
Періодичність повірки	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

Облік споживання води виконує крильчастий багатоструйний лічильник SENSUS (MT QN6,0 T40) (рис. 1.4), термін повірки – 11 червня 2020 року.

Встановлений лічильник в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики лічильника холодної води

Назва параметру	Значення
Номінальний тиск	1,6 Мпа
Максимальна витрата	12 м ³ /год
Номінальна витрата	6,0 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,14 м ³ /год
Періодичність повірки	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 22.11.2023 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

- теплова енергія – 3403,00 грн/Гкал;
- водопостачання – 15,984 грн/м³;
- водовідведення – 16,668 грн/м³;
- електрична енергія – 7,84 грн / кВт·год.

1.4 Опис приладів та методів вимірювання

Для проведення енергетичного обстеження необхідно провести виміри температури поверхонь радіаторів опалення та внутрішньої температури повітря об'єкта.

Для виконання необхідних вимірів було використано наступні прилади:

- портативний безконтактний пірометр TROTEC (BP17);
- вимірювач температури та вологості UNI-T (UT333).

Основний принцип роботи пірометра TROTEC (BP17) (рис. 1.5). полягає в тому, що він вимірює температуру об'єкта, відчувачи тепло/випромінювання, що випромінюється від об'єкта, без контакту з об'єктом[10].



Рисунок 1.5 – Безконтактний пірометр TROTEC (BP17)

Таблиця 1.4 – Технічні характеристик пірометра TROTEC (BP17)

Назва параметру	Значення
Одиниці вимірювання	°C або °F
Діапазон вимірювань	Від -50 до +380°C
Похибка вимірювань	± 2 °C
Швидкість відгуку	0,5 сек.
Оптичний дозвіл	10:1
Розміри приладу	185x135x40 мм.
Напруга живлення	9 вольт

Принцип роботи вимірювача температури та вологості UNI-T (UT333) (рис. 1.6). досить простий: для вимірювання використовується сенсор на наконечнику. Цей сенсор має електричний опір, що реагує на вимірювання температури. Для цього використовують напівпровідникові сенсори, у яких під впливом температури підвищується провідність [11]



Рисунок 1.6 – Вимірювач температури та вологості UNI-T (UT333)[12]

Таблиця 1.5 – Технічні характеристик пірометра UNI-T (UT333)

Назва параметру	Значення
Одиниці вимірювання	°C або °F
Діапазон вимірювань	Від -10 до +60°C
Похибка вимірювань	± 0,1 °C
Розміри приладу	155x50x28 мм.
Напруга живлення	4,5 вольт

1.5 Результати інструментального обстеження

Дата проведення вимірювання 30.11.2023 року.

В період обстеження зовнішня температура повітря становила: $t = -5^{\circ}\text{C}$.

Було проведено вимірювання зовнішніх поверхонь радіаторів опалення з 9 по 2 поверх з метою визначення їхнього стану роботи, для виключення наявності повітряних бар'єрів в системі опалення, що призводить до нерівномірної віддачі тепла в приміщенні.

Результат обстеження показав, що всі радіатори опалення мають температуру в межах від $+27^{\circ}\text{C}$ до $+29^{\circ}\text{C}$, це свідчить про нормальний режим їхньої роботи та відсутність повітряних бар'єрів.

Вимірювання внутрішньої температури повітря показало, що температура повітря коливається в межах $17-20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарному регламенту для закладів освіти [13].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Обсяги споживання теплової енергії будівлі м по місяцях за 2020, 2021 та 2022 роки наведено в таблиці 1.6 , та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання теплової енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання теплової енергії , Гкал		
	2020	2021	2022
Січень	141,1	254,2	216,4
Лютий	150,9	224,0	97,7
Березень	123,6	132,2	13,7
Квітень	57,9	0,0	0,0
Травень	0,0	0,0	0,0
Червень	0,0	0,0	0,0
Липень	0,0	0,0	0,0
Серпень	0,0	0,0	0,0
Вересень	0,0	0,0	0,0
Жовтень	0,0	72,1	0,0
Листопад	98,8	114,7	73,6
Грудень	229,0	226,9	179,2
Всього	801,2	1024,1	580,7

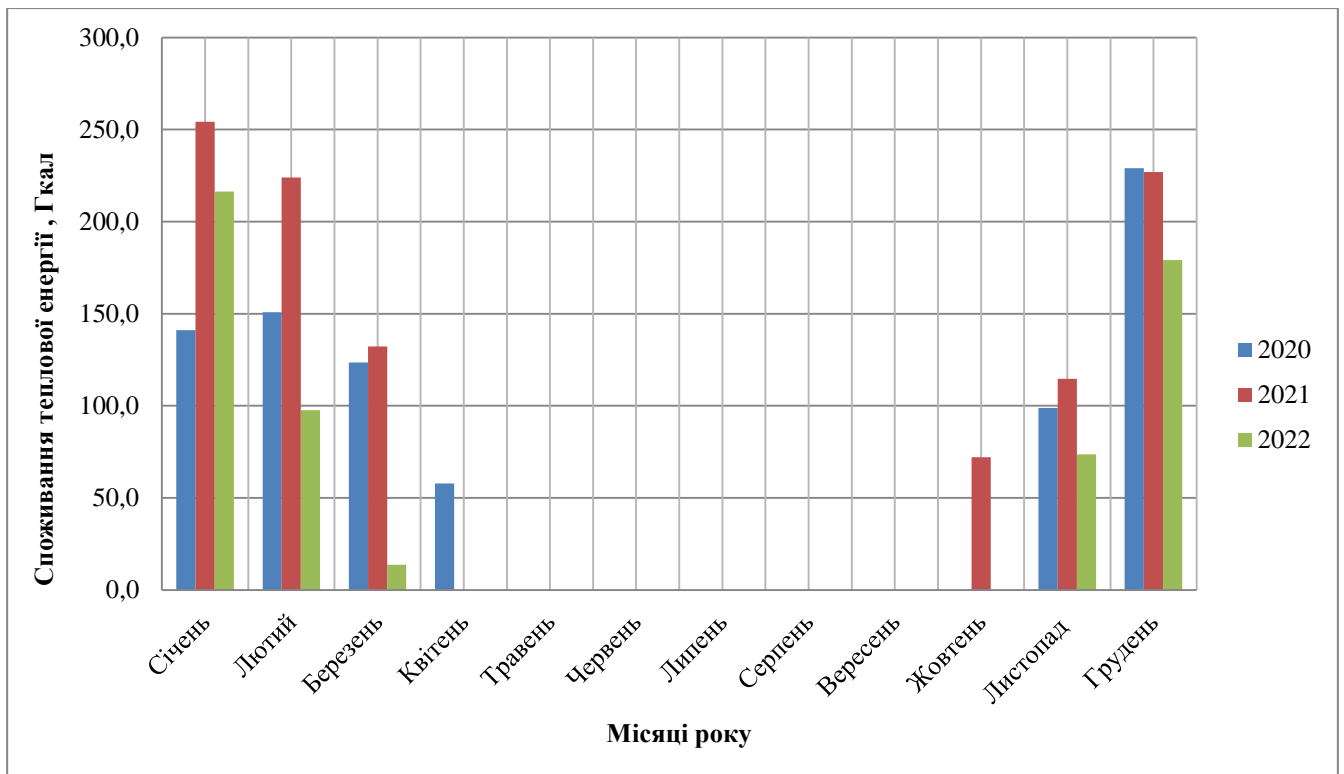


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання теплової енергії за 2020 – 2022 роки

Річне споживання теплової енергії нерівномірне та циклічно зростає на початку опалювального періоду кожного року та знижується в інші місяці, влітку зовсім відсутнє. Нерівномірність пов'язана зі зміною середньодобової температури, так як температура повітря для ввімкнення опалення повинна становити нижче +8°C.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлі «Г» по місяцях за 2020, 2021 та 2022 роки наведено в таблиці 1.7, та на рисунку 1.8.

Таблиця 1.7 – Обсяги споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання електричної енергії , кВт*год		
	2020	2021	2022
Січень	44996	25747	33626
Лютий	45327	33865	29222
Березень	28005	34456	21927
Квітень	18677	30968	12341
Травень	19105	20895	14135
Червень	21614	18859	16228
Липень	15842	24847	14109
Серпень	14644	17797	12752
Вересень	21886	22173	14771
Жовтень	18916	37233	19856
Листопад	39714	35486	33864
Грудень	36375	42382	31673
Всього	325101	344708	254504

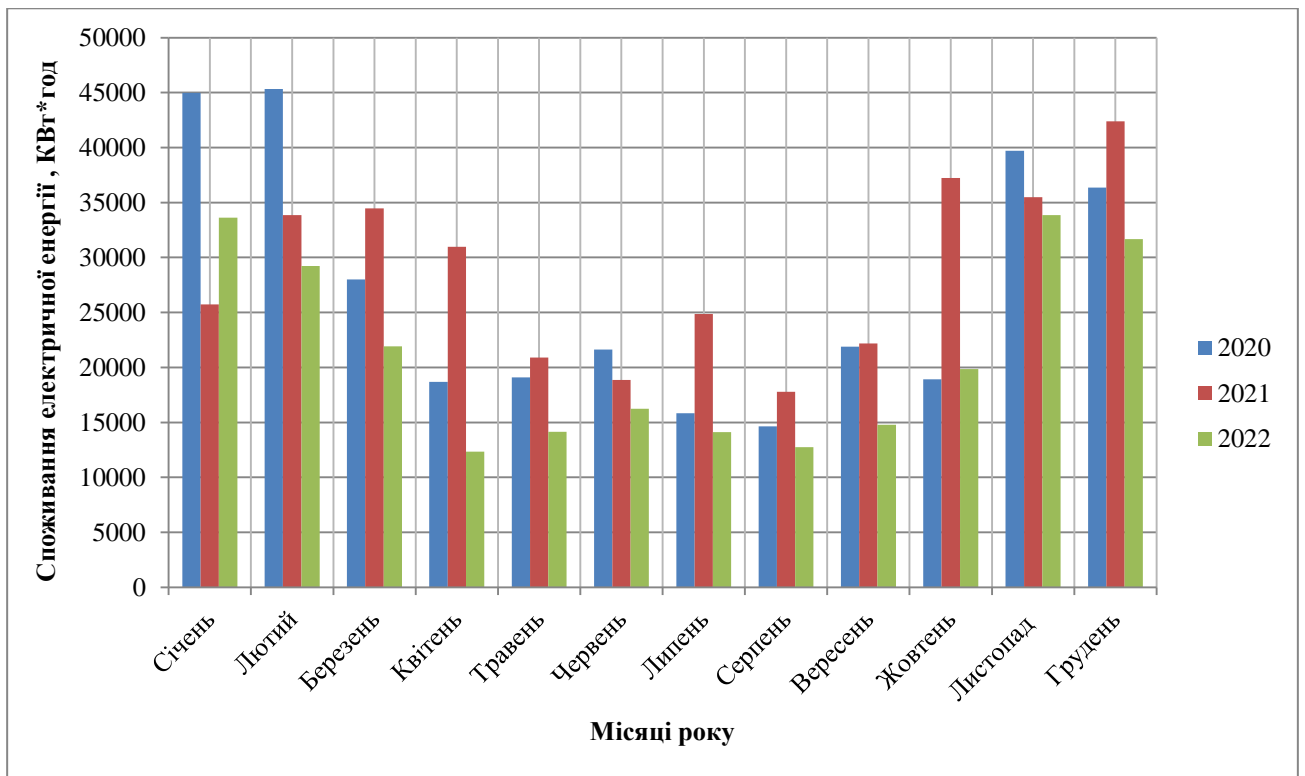


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Споживання електричної енергії впродовж року плавно змінюється залежно від пори року, так як з травня по вересень тривалість світлового більша, тому потреба в додатковому освітленні зменшується.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Обсяги споживання води будівлі «Г» по місяцях за 2020, 2021 та 2022 роки наведено в таблиці 1.8, та на рисунку 1.9.

Таблиця 1.8 – Обсяги споживання води за 2020 – 2022 роки

Місяці	Споживання холодної води, м3		
	2020	2021	2022
Січень	241	164	189
Лютий	235	185	174
Березень	216	225	84
Квітень	109	194	43

Продовження таблиці 1.8

Травень	97	149	67
Червень	142	239	86
Липень	116	116	120
Серпень	155	156	139
Вересень	176	197	116
Жовтень	252	223	120
Листопад	217	197	119
Грудень	189	186	110
Всього	2145	2231	1367

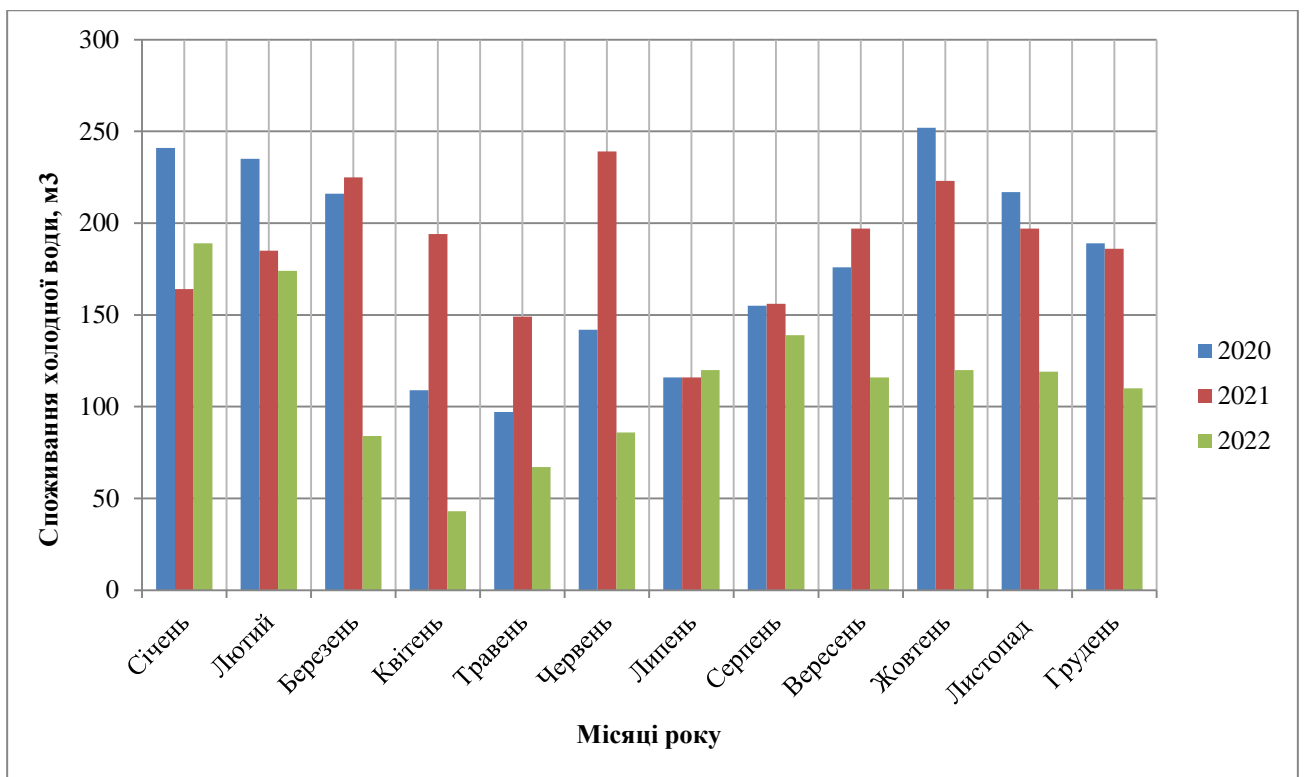


Рисунок 1.9 – Діаграма споживання води за 2020 – 2022 роки

Споживання води впродовж усього року нерівномірне, найменше споживання спостерігається в період літніх місяців. Це пов'язано зі зменшенням кількості осіб які перебувають на даний період в будівлі, через призупинення навчання.

1.7 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплоенергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами. Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [7]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [7]:

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

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

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

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

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

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

- за 2020 рік - $Q_{оп} = 801,2$ Гкал;
- за 2021 рік - $Q_{оп} = 1024,1,2$ Гкал;
- за 2022 рік - $Q_{оп} = 580,7$ Гкал.

-

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020 рік - $EP = 0,014$ Гкал/м³;
- за 2021 рік - $EP = 0,018$ Гкал/м³;
- за 2022 рік - $EP = 0,010$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,014$ Гкал/м³.

Отриманий результат по будівлі відповідає нормативній умові (1.2). Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати задовільними.

1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електроенергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням. Згідно з [8] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м² корисної площі.

- за 2020 рік: $\frac{325101}{12485} = 26,0$ кВт · год/м²;
- за 2021 рік: $\frac{344708}{12485} = 27,6$ кВт · год/м²;
- за 2022 рік: $\frac{254504}{12485} = 20,4$ кВт · год/м².

Для будівлі фактичне споживання 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 [9]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 12 л/добу.

- за 2020 рік: $(\frac{2145000}{990})/280 = 7,7$ л/добу;
- за 2021 рік: $(\frac{2231000}{990})/280 = 8,0$ л/добу;
- за 2022 рік: $(\frac{1367000}{990})/280 = 5,0$ л/добу.

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

1.8 Висновки за розділом

Огороджувальні конструкції будівлі «Г» знаходяться в задовільному стані.

Обстежувана будівля отримує тепло з системи централізованого теплопостачання.

Постачальником електроенергії є АТ «Сумиобленерго» на підставі Договору про постачання електричної енергії.

Водопостачання корпусу здійснюється згідно договору з КП «Міськводоканал». Вода надходить до будівлі по зовнішнім мережам.

Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв відповідає всім вищезазначеним нормам.

Санітарні норми цілком відповідають регламенту.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

2.1.1 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 $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [14].

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

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (2.1)$$

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

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q min}$, 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:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.2)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [14];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорій огорожувальній конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.2) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2.3)$$

де: $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальній конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

2.1.2 Розрахунок тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень згідно [14]

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_{\text{е}}, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

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;

ΣQ_{inf} – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

ΣQ_6 – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{озр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_6 - t_{з.р}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

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

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

$t_6, t_{з.р}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C;

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{стл} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

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

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

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

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

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

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

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

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^{\partial} = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

де: ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати зовнішніх стін 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

$$\Sigma Q_{ndл}^{\partial} = 0,05 \cdot Q_{ndл}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_{\partial} = \Sigma Q_{op}^{\partial} + \Sigma Q_{\partial}^{\partial} + \Sigma Q_{ndл}^{\partial}, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

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

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

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

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{inf} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з.р}) \cdot n_{в}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

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

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

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

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

$n_{в}$ – 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:

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

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

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

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

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

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

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

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{ср.он}})]} \quad (2.12)$$

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

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

$$Q_{\text{вп}}^{\text{інф}} = G_{\text{вп}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}}) \cdot k_{\text{в}}, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де: $G_{\text{вп}}$ - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С; [15]

$t_{\text{в}}$ і $t_{\text{з.р}}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{з.д}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \quad (2.14)$$

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

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{з.р}}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

$$G_{\text{з.д}} = b_{\text{н.д}} \cdot L_{\text{н.д}} \cdot v_{\text{ср.н.д}} \cdot m_{\text{н}} \cdot 3600, \quad (2.15)$$

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

$L_{н.д}$ – довжина нещільності, м;

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

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг)[15].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{вр}^{инф} + Q_{з.о}^{инф}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_e = 0,28 \cdot V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_e - t_{з.р}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

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

t_e і $t_{з.р}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

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

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 (за умовою завдання приймається $k_v=0,85$)[14].

2.1.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де: q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження (за умовами завдання $k_{II}=0,85$);

η – ККД електроустаткування (за умовами завдання 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення ($k_T=0,9$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію (за умовами завдання $k_c=0,3$).

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

де: N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення – $k_{осв}=0,95$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення (за умовою завдання);

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{O.П}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

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

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

$k_{O.II}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу (за умовами завдання $k_{O.II}=0,6$) [14].

Сумарні теплонадходження

$$Q_{mn} = Q_l + Q_{el} + Q_{ocv} + Q_{rad} + Q_m, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

2.1.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{mn}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

де: $\Sigma Q_{втр}$ - 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 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \text{ min}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{ пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Зовнішні стіни	3,3	2,64
Дах	4,95	3,96
Двері	0,5	0,48
Вікна	0,75	0,60
Підлога	3,75	3,00

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [14, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

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

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, °С	18
Температура в підвальному приміщенні, °С	15
Температура зовнішнього повітря, °С	-5
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	6386
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	1384
Загальна площа вікон, м ²	3214
Загальна площа дверей, м ²	42,7
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям, м ²	1384
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження, м ³	8

Продовження таблиці 2.2

Коефіцієнт теплоємності повітря, кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м ³	55480
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	990
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номинальна потужність електроустаткування, Вт	225600
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	5000
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем, Вт	250

Продовження таблиці 2.2

Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні, Вт	100
Площа заповнення світлових прорізів, м ²	205
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	205
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² · К)/Вт	1,13
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² · К)/Вт	0,94
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² · К)/Вт	2,56
Приведений опір теплопередачі для вікон, (м ² · К)/Вт	2,56
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги, (м ² · К)/Вт	0,17
Втрати теплоти через стіни, Вт	129980,531
Втрати теплоти через стелю, Вт	33863,82
Втрати теплоти через двері, Вт	383,63
Втрати теплоти через вікна, Вт	28875,78
Втрати теплоти через підлогу, Вт	187247,05

Продовження таблиці 2.3

Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, Вт	165585,28
Тепловтрати на витяжну вентиляцію, Вт	317424,64
Сумарні тепловтрати, Вт	863361
Теплонадходження від людей, Вт	101970
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	129720
Теплонадходження від джерел освітлення, Вт	120000
Теплонадходження від сонячної радіації, Вт	43050
Сумарні теплонадходження, Вт	394740
Теплова потужність будівлі, Вт	468621
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	2725511

Клас енергетичної ефективності визначаємо за формулою [7]:

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

$$EP = \frac{2725511}{55480} = 49,1.$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\left(\frac{49,1 - 30}{30} \right) \cdot 100\% = 63,3\%$$

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

2.2 Розрахунок можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Розрахунок фотоелектричних панелей для виробництва електричної енергії

Обираємо сонячні панелі JA SOLAR JAM72S30-550/MR потужністю 550 Вт, 41,96 В (рис.2.1) [17].

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

$$W_3^{\text{зар}} = 30 \cdot 1,1 = 33 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$



Рисунок 2.1 – Вигляд сонячної панелі [17]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 * 0,550 = 0,275 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу};$$

де 0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періодів відповідно [18];

0,550 – потужність однієї панелі, кВт/год

Необхідна кількість панелей згідно [18]:

$$N = \frac{W^{\text{заг}}}{W}$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{33}{0,275} = 120 \text{ панелей};$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 120 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 2279x1134 мм [17].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [18]:

$$Q = \frac{Q_3^H \cdot t}{V \cdot k}$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{33000 \cdot 12}{42 \cdot 0,7} \approx 15000 \text{ А} \cdot \text{год};$$

Обираємо 150 акумуляторів Ultracell UCG100-12 GEL 100 Ah [19]

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно 820 000 грн.

Вартість 15 акумуляторів Ultracell UCG100-12 GEL складає 1 275 000 грн.

Загальна вартість: $K_1 = 1275000 + 820000 = 2095000$ грн.

Монтаж установки складає 10 % від її вартості:

$$K = K_1 \cdot 1,1 = 2\,304\,500 \text{ грн};$$

Розраховані проекти спрямовані на відмову у використанні електричної енергії із зовнішньої електромережі.

На листопад місяць 2023 р. ціна за спожитий кіловат складає 8,6 грн. Враховуючи поправковий коефіцієнт для зимового періоду потужність станції за рік складає 66 000 кВт, що в грошовому еквіваленті складає:

$$\Delta E = 66\,000 \cdot 8,6 = 567\,600 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності даних заходів складає:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2304500}{567600} = 4 \text{ роки.}$$



Рисунок 2.2 – Принципова схема встановлення сонячних панелей [20]

2.2.2 Розрахунок вітрової установки

Вітрогенератор (вітрова турбіна) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну, що складається з вітрової турбіни, електрогенератора та допоміжного обладнання [21].

Розрахунок проводимо за методикою [21].

Встановимо генератор EuroWind 30 (рис 2.3), який працюватиме поза будівлею, так як даний тип генератора встановлюється на відкритій місцевості. Місце для установки вітрогенератора в даному випадку є вільна площа навколо будівлі.

Технічні характеристики даного типу вітрогенератора [22]:

- Потужність: 30 кВт.
- Номінальна напруга: 380В (вбудований випрямляч).
- Маса генератора: 2600 кг.
- Кількість лопатей: 3 шт.
- Стартова швидкість: 3 м/с.
- Номінальна швидкість: 13 м/с.



Рисунок 2.3 - Вітрогенератор EuroWind 30 [22]

Відповідно до характеристик заявлених виробником середньомісячне вироблення енергії становить 7000 кВт за місяць, при середній швидкості вітру 8 м/с., що цілком відповідає швидкості руху повітряних мас у Сумській області. Виходячи з цих даних середньорічне вироблення становить приблизно 84 000 кВт., а добова потужність складає 233 кВт. [23]

Виконаємо підбір акумулятора для заданих умов.[23]

Так як в технічному паспорті генератора вказано, що напруга підключення акумуляторів до генератора становить 12 В., то виконаємо розрахунок на дану напругу.

Обираємо акумуляторну батарею Toyota NPG200-12, саме такі батареї рекомендовані заводом – виробником.

Технічні характеристики акумуляторних батарей: [23]

- Ємність акумулятора: 200 А/год;
- Напруга: 12 В;
- Робоча температура: від -20°C до +50°C;
- Габарити: 522x240x219.

З розрахунку, що одна акумуляторна батарея 12В 200 А/год здатна зберегти до 2,4 кВт електроенергії, то для повної акумуляції потужності знадобиться 120 батарей.

Вартість вітрової установки, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає: $K = 2\,850\,000$ грн.

На листопад місяць 2023 р. ціна за спожитий кіловат складає 8,6 грн. Враховуючи середньорічну потужність 84 000 кВт., що в грошовому еквіваленті складає:

$$\Delta E = 84\,000 \cdot 8,6 = 722\,400 \text{ грн.}$$

Простий термін окупності даних заходів складає:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2850000}{722400} = 4 \text{ роки.}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера

Під час роботи на об'єкті на енергменеджера можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів [24].

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні [25]. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші - на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електробезпека

На основі «Правила улаштування електроустановок» [26] практично всі приміщення відносяться до 2-ої категорії «Приміщення з підвищеною безпекою», оскільки в них розміщені персональні комп'ютери, кондиціонери.

У приміщеннях відсутні відкриті струмопровідні частини. Ураження електричним струмом можливо тільки у разі несправності апаратури і живлячих кабелів. Вся електропроводка проводиться в захищених від людини місцях, що виключає можливість пошкодження її ізоляції працівниками.

Для захисту від ураження електричним струмом в будівлі наявні:

- заземлення всіх установок з опором не більш 4 Ом

- застосовується прихована електропроводка в захищаючих від механічних пошкоджень трубах;
- марковані роз'єми і розетки;
- автоматичні вимикачі для знеструмлення всього електроживлення.

Пожежна безпека

Пожежу супроводжують такі небезпечні фактори: відкритий вогонь та іскри, висока температура повітря, предметів, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, низька концентрація кисню, обвалення, пошкодження будинків та споруд, вибух.

Приміщення будівлі оснащено первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними вогнегасниками. Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [27] будівля відноситься до категорії В пожежної безпеки приміщень. Пожежні крани встановлені в коридорах, на майданчиках сходових кліток, біля входів. Щити протипожежного захисту оснащені ручними вогнегасниками. Для гасіння пожеж в замкнутих об'ємах, якими і є приміщення, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища спалаху.

Первинними засобами пожежогасіння можуть слугувати ручні вогнегасники типу: ОУ-6 і ОУ-8.

Мікроклімат в приміщенні

Мікрокліматичні умови характеризуються такими показниками:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

В приміщенні проводяться роботи легкої категорії (Ia). Тобто майже всі

роботи виконуються сидячи та супроводжуються незначним фізичним напруженням.

В таблиці 3.1 приведені оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень.

Таблиця 3.1 – Оптимальні та фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень для легкої категорії робіт (Ia).

Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична	Оптим.	Фактична
Холодний	20-22	20-21	40-60	58	$\geq 0,1$	0,02-0,18
Теплий	23-25		40-60		$\geq 0,2$	

Освітлення робочої зони

Освітлення робочого місця – найважливіший чинник створення нормальних умов праці. У даній будівлі застосовується комбіноване освітлення, яке складається із загального та місцевого. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори (вікна) в приміщеннях. Штучне освітлення приміщень здійснюється LED лампами та лампами розжарювання.

Коефіцієнт природнього освітлення (при боковому освітленні) в приміщенні для зорової роботи IV (в) точності має становити $e_n = 1,5 \%$.

Освітленість робочої поверхні має відповідати нормам встановленим

ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [28] для зорової роботи IV в точності і становити 300 лк.

Шум

У приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої основним джерелом шуму є вентилятори охолодження блоків апаратури, а також кондиціонери. Шум вентиляторів є середньочастотним. Рівень шуму в приміщеннях для теоретичних робіт і обробки даних, а також для операторів ЕОМ повинен бути не більше 50 дБА [29].

3.2 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Повітряна тривога» [30]

Сигнал «Повітряна тривога» подається включенням сирен (гудків) з метою попереджається населення про небезпеку ураження противником.

Тривалість звучання сигналу «Повітряна тривога» становить від двох до п'яти хвилин.

При сигналі «Повітряна тривога» об'єкти припиняють роботу, у навчальних закладах припиняються заняття і всі прямують в захисні споруди цивільного захисту.

Учасники освітнього процесу повинні:

- бути ознайомлені з місцем розташування захисних споруд (укриття), а також «Порядком дій у разі отримання сигналу «Повітряна тривога»;

- пройти інструктаж (вступний, первинний) з питань охорони праці в Університеті з підписом в Журналі реєстрації інструктажів здобувачів вищої освіти з питань безпеки життєдіяльності.

Під час евакуації до укриття учасників освітнього процесу має супроводжувати відповідальна особа з числа працівників Університету (викладач, керівник підрозділу).

Порядок дій при отриманні сигналу «Повітряна тривога» в навчальних корпусах:

1. Відповідальна особа (черговий) у разі надходження сигналу «Повітряна тривога», вмикає наявну систему оповіщення Університету.
2. Викладач (керівник підрозділу) повинен:
 - сповістити учасників освітнього процесу (студентів, працівників Університету) про загрозу та припинити навчальне заняття (роботу);
 - організувати переміщення студентів (працівників Університету) в укриття згідно з планом укриття, затвердженого ректором;
 - вимкнути світло, електричні прилади та обладнання в приміщенні;
 - скоординувати переміщення учасників освітнього процесу до укриття.
3. Всі повинні взяти засоби індивідуального захисту, документи та особисті речі.
4. Учасники освітнього процесу, які знаходяться на подвір'ї Університету, в коридорах, під час сигналу «Повітряна тривога», повинні самостійно рухатися до найближчого укриття.
5. Відповідальні особи після оголошення сигналу оповіщення повинні перевірити всі приміщення закладу на відсутність в них учасників освітнього процесу та працівників закладу. А по завершенню – відправитися в найближче укриття.
6. В укритті викладач (керівник підрозділу), повинен допомогти учасникам освітнього процесу швидко та спокійно зайняти місця.

7. Під час переміщення до укриття необхідно враховувати наявність осіб з обмеженими фізичними можливостями. У випадку присутності студентів з обмеженими фізичними можливостями — попередньо проводити з ними навчання та бесіди, передбачити швидке та спокійне їх переміщення.
8. Під час перебування в укритті відповідальні особи здійснюють необхідну підтримку усіх учасників освітнього процесу та контроль за порядком.
9. Після оголошення сигналу про «Відбій повітряної тривоги»:
 - відповідальна особа подає короткий дзвінок про «Відбій повітряної тривоги»;
 - викладач (керівник підрозділу) забезпечують вихід з укриття усіх учасників освітнього процесу;
 - відновлюється навчальний процес (робота).
10. Після закінчення тривоги та оповіщення про відбій, викладачі та відповідальні особи стежать за тим, щоб вихід всіх учасників освітнього процесу з укриття проводився колонами або групами.

Порядок дій при отриманні сигналу «Повітряна тривога» в
гуртожитках:

1. Завідувач господарством гуртожитку (в робочий час) та чергові гуртожитку (цілодобово) у разі надходження сигналу «Повітряна тривога» повинен сповістити мешканців та працівників про загрозу.
2. Мешканці гуртожитку після сигналу «Тривога»:
 - вимкнути електроенергію, перекрити воду та закрити двері на замок;
 - швидко вийти з кімнати, взявши з собою тривожну валізу;

- швидко прямувати в укриття;

- зберігати спокій і дотримуватись порядку.

3. Під час евакуації завідувач господарством гуртожитку або черговий гуртожитку знаходиться біля вхідних дверей, спрямовує потоки людей, не допускаючи скупчення.
4. Студенти, які перебувають за межами своєї кімнати під час сигналу повинні негайно прямувати в укриття.
5. Прибувши в укриття, зайняти місце і залишити укриття лише після оголошення сигналу про «Відбій повітряної тривоги».

3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом

Людина, яка піддається дії струму, не може покликати на допомогу та самостійно звільнитись від предмету, через який її ударило струмом. Дотик до струмопровідних частин у більшості випадків призводить до судом м'язів, які обмежують здатність рухатись чи говорити. Як правило, про те, що людина у небезпеці свідчить її несподіване падіння на вулиці або неприродне відкидання від джерела струму невидимою силою, раптова втрата свідомості, судоми, яскраво виражене мимовільне скорочення м'язів, опіки на тілі з різко окресленими межами. [31]

Перші дії для допомоги потерпілому від ураження струмом

При ураженні електричним струмом в першу чергу потрібно звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. Необхідно швидко відключити від мережі ту частину електрообладнання, до якої доторкається людина. Будь-яке зволікання при наданні допомоги призводить до загибелі людини, яка знаходиться під дією струму. При звільненні потерпілих від

струмопровідних частин або проводу вимикають струм, використовуючи сухий одяг, палицю, дошку, шапку, сухі рукавиці, рукав одягу, діелектричні рукавиці. Провідники перерізають інструментом з ізольованими ручками, перерубують сокирою з дерев'яним сухим топорищем.

Особистий захист при відтягуванні потерпілого від джерела струму

Потерпілого можна відтягнути від струмопровідних частин за сухий одяг. При цьому, людина, яка відтягує потерпілого повинна уникати дотику до навколишніх металевих предметів та до відкритих частин тіла потерпілого. Відтягуючи потерпілого за ноги, не можна торкатися його взуття, оскільки воно може бути сирим і стає провідником електричного струму. Той, хто надає допомогу, повинен одягнути діелектричні рукавиці або обмотати руки шарфом, натягнути на них рукав піджака або пальта. Можна також ізолювати себе, ставши на гумовий килимок, суху дошку тощо.

Надання першої медичної допомоги ураженій струмом людині

Після звільнення потерпілого від дії струму потрібно відразу ж надати йому першу медичну допомогу.

Негайно сповістіть службу екстреної медичної допомоги.

Почніть серцево-легеневу реанімацію у будь-якої людини, що не подає ознак життя.

Якісний непрямий масаж серця (якомога швидше починайте виконувати непрямий масаж серця, виконуйте натискання у нижній половині грудини («в центрі грудної клітки»)), натискайте на глибину не менше 5, але не більше 6 см, натискайте на грудну клітку зі швидкістю 100–120 натисків/хв з якомога меншою кількістю переривань, дайте грудній клітці повністю випрямитися після кожного стиснення; не спирайтеся на груди (грудну клітку); виконуйте натискання на грудну клітку на твердій поверхні.

Штучне дихання (чергуйте 30 натискань та 2 вдихи; якщо ви не можете забезпечити штучну вентиляцію легенів, виконуйте безперервне натискання на грудну клітку).

Лікаря необхідно викликати незалежно від того чи притомний потерпілий. Номер телефону швидкої допомоги – 103. Якщо потерпілий після звільнення від дії електричного струму і надання медичної допомоги прийшов до тями, його не слід самого відпускати додому. Над таким потерпілим встановлюють спостереження у лікарні, так як наслідки від впливу електричного струму можуть проявитися через кілька годин і призвести до більш важких наслідків.

Комплекс цих заходів, виконаних вчасно та якісно, дозволить врятувати життя людині, яку вразило струмом. Але краще все таки не допускати ураження струмом. Для цього важливо пам'ятати, що краще триматись осторонь електрообладнання та ліній електропередач у дощову погоду, не користуватися зламаними електроприладами.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання будівлі навчального корпусу «Г» Сумського державного університету, яка знаходиться за адресою м.Суми, вул. Римського-Корсакова, 2. Економія енергоресурсів досягається за рахунок вдосконалення системи енергопостачання та впровадження відновлювальних джерел енергії.

У розділі «ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі, розглянуто обсяги споживання теплової енергії, води та електроенергії та виконано технікоекономічний аналіз енергоносіїв.

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано розрахунок енергетичного балансу будівлі. Проведені розрахунки теплової потужності будівлі, та визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Визначено основні види тепловтрат та теплонадходжень в будівлі. Теплова потужність будівлі склала $\Delta = Q 468621$ Вт.

З метою зменшення споживання електричної енергії було запропоновано встановлення фотоелектричних панелей та вітрової установки.

В грошовому еквіваленті економія електроенергії склала:

- фотоелектричні панелі: $\Delta E = 567\ 600$ грн., термін окупності 4 роки;
- вітрова установка: $\Delta E = 722\ 400$ грн., термін окупності 4 роки.

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

- 1) Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера;
- 2) Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Повітряна тривога»;
- 3) Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Розвиток сфери енергоефективності в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency>
- [2] Енергетична ефективність [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecoaction.org.ua/shcho-take-ee.html>
- [3] Запровадження альтернативних джерел [електронний ресурс] Режим посилання: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/82145>
- [4] Звіт енергоаудиту [електронний ресурс] Режим посилання: https://sumdu.edu.ua/images/content/general/public-info/energy-efficiency/Main-building_EA-report.pdf
- [5] Теплолічильник [електронний ресурс] Режим посилання: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.evm.ua%2Findex.php%3Froute%3Dproduct%2Fproduct%2Fdownload%26product_id%3D246%26download_id%3D73&psig=AOvVaw1zONU7ORt3aLcxPa8LNmyg&ust=1701028377839000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwjBzf3S9t-CAxUu6AIHbjKCrcQr4kDegQIARBB
- [6] Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.ter-en.com/uploads/vdm-8-2013-07-21-10-37-43.pdf>
- [7] ДБН В.2.6-31:202. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2021. – 30 с.
- [8] Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG4396.html
- [9] Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua> Також
- [10] Пірометр [електронний ресурс] Режим посилання: <https://simvolt.ua/bezkontaktniy-infrachervoniy-pirometr-zastosuvannya-na-virobnitstvi/>

[11] Цифровий термометр [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://rudana.com.ua/news/riznovydy-sfera-vykorystannya-ta-pryncypy-roboty-cyfrovyh-termometriv>

[12] Вимірювач температури [електронний ресурс] Режим посилання:
https://radio-shop.com.ua/izmeritel-temperatury-i-vlazhnosti-uni-t-ut333?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgqGrBhDtARIsAM5s0_n_kzyzR62G5Jhc9X1ktkA99wIiYdFtP5asL5CtXneqyqRW0qI9sCkaAsJwEALw_wcB

[13] Санітарний регламент [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20#Text>

[14] Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р.

[15] Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnohovodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html> Чому

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

[17] Сонячна панель [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://svitakb.ua/alternativnaya-energetika/solar-panel/jasolar-jam72s30-550-mr>

[18] Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання:
https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya-znshine.html?gclid=Cj0KCQiArj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9H EACwAJAVoaAhRtEALw_wcB

[19] Акумляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://sun-energy.com.ua/solar-power/accumulator/ultracell-ucg100-12-gel>

[20] Автономна сонячна станція [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://super7svet.com.ua/ua/p1684689202-gibridnaya-avtonomnaya-solnechnaya.html>

[21] Методика розрахунку вітрогенератора [електронний ресурс] Режим посилання: http://ecost.lviv.ua/ua/osnov_parametr.html.

[22] Вітрогенератор вітрогенератора [електронний ресурс] Режим посилання: <https://altern-energy.com.ua/project/vetrogenerator-eurowind-30/>

[23] Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: https://sun-energy.com.ua/solar-power/accumulator/npg_200a_12v

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

[25] Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>

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

[29] ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.

[30] Порядок дій у разі отримання сигналу «Повітряна тривога»_ [електронний ресурс] Режим посилання: <https://duit.edu.ua/trust-and-support/actions-during-air-alert/>

[31] [Удар електричним струмом: перша допомога, наслідки після ураження](#) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/news/strum.html>