

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня магістр  
(бакалавр / магістр)  
зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)  
освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової ) (назва програми)

на тему: «Підвищення енергонезалежності будівлі учбового корпусу медичного інституту СумДУ за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії»

Здобувача групи ЕМ.м-21 Ясенюк Артем 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)

Артем ЯСЕНЮК

(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 59 сторінок, 14 рисунків, 11 таблиць, 2 додатки, 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 учбового корпусу медичного інституту СумДУ.

*Об'єкт дослідження*: будівля учбового корпусу медичного інституту СумДУ.

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

*Тема роботи* – **«Підвищення енергонезалежності будівлі учбового корпусу медичного інституту СумДУ за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії».**

## ЗМІСТ

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	10
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта .....	11
1.3.1 Система теплопостачання .....	11
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання.....	12
1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування.....	12
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв .....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	15
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	16
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	17
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води .....	18
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	18
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії .....	19
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води .....	21
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	22
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	22
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	24
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	24
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	25
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	25
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	32
1.9 Висновки за розділом.....	35
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	36
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	36
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів .....	41
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	41
2.2.2 Встановлення сонячних панелей.....	44
2.2.3 Встановлення вітрової установки .....	47
2.3 Висновки за розділом.....	49
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	50
3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів.....	51
3.3 Дії працівників закладу на випадок пожежі.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57

ДОДАТОК А .....	60
ДОДАТОК Б .....	61

## ВСТУП

Розвиток енергетичного сектору має вирішальний вплив на економіку країни та рівень життя її громадян.

Він має вирішальний вплив на рівень життя населення. Метою соціальної держави, як зазначено в Конституції України, є створення умов для розвитку добробуту населення [1].

Одним з найважливіших елементів добробуту в цивілізованій країні є забезпечення громадян і підприємств необхідними енергетичними ресурсами [1].

Запорукою реалізації цієї мети має стати надійне, економічно обґрунтоване й екологічно безпечне задоволення потреб населення й економіки в енергетичних продуктах [1].

Однією з головних проблем на сучасному етапі розвитку України є неефективне використання енергетичних ресурсів та відсутність стабільного енергопостачання.

У випадку України Рівень самозабезпеченості України енергоресурсами становить самозабезпеченість енергетичними ресурсами наразі становить менше 50% [2]. Тому проблема імпорту паливно-енергетичних ресурсів та залежність вітчизняної економіки від їх ефективного використання є однією з проблем, що стоять перед країною, а їх ефективне використання є одним з ключових викликів. Крім того, економічне використання енергоресурсів вимагає

Крім того, економічне використання енергоресурсів вимагає постійного зростання цін на енергоносії. Як наслідок, це призводить до зростання цін на енергоресурси [2].

Актуальність питання енергоефективності та енергозбереження в будівлях бюджетних установ обумовлена, з одного боку, соціальною значущістю цих об'єктів, а з іншого - марнотратним споживанням енергоресурсів та відсутністю системного підходу до впровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження є однією з основних причин дефіциту бюджетів усіх рівнів. Ситуація також відображається в тому, що бюджетна сфера є основним джерелом

споживання енергоресурсів в країні. Враховуючи, що останнім часом введено в експлуатацію мало нових об'єктів бюджетної сфери, основним резервом енергозбереження є підвищення енергоефективності вже збудованих будівель бюджетної сфери, при цьому економія паливно-енергетичних ресурсів в бюджетних установах зростає пропорційно до виділених на це коштів [3].

Слід зазначити, що для більшості навчальних закладів, основною функцією яких є забезпечення навчального процесу, енергоефективність не тільки призводить до економії бюджетних та виробничих коштів, але й покращує здоров'я учнів та студентів, з відповідним впливом на повноту та якість освіти, яку вони отримують [3].



# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Енергетичне обстеження проводилося в учбовому корпусі медичного інституту СумДУ. Дана будівля розташована за адресою: м. Суми, вул. Санаторна, 31.

Будівля складається із трьох блоків «А», «Б», «В».

Головний фасад будівлі зорієнтований на південь.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації :

- рік побудови 1992 р.
- площа забудови будівлі 3258,3 м<sup>2</sup>.
- опалювальна площа будівлі 5148,4 м<sup>2</sup>;
- опалювальний об'єм будівлі 21511,2 м<sup>3</sup>;

Теоретична кількість осіб, яка знаходиться в будівлі складає 600 осіб.

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

## 1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

При енергоаудиті було встановлено, що будівля складається з теоретичного та навчального крила. Підвальне приміщення має земляну підлогу і не опалюється. Є тамбур. Коридори будівлі мають роздільні двері, що відокремлюють сходи від коридорів і зменшують тепловтрати.

Конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі на момент обстеження наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічний опис конструктивних елементів будівлі

№ п/п	Найменування конструкцій елементів	Характеристика (матеріал)	Товщина, мм	
1	Фундамент	Залізобетонний, облицьований плиткою	600	
2	Стіни	Силікатна цегла, обштукатурені цементним розчином	550	
3	Перегородки	Цегляні	135	
4	Міжповерхові перекриття	З/бетонні плити	200	
5	Підлога	З/бетонні плити, утеплені шаром керамзиту та покрита бетоном на зольному гравію, дерево, керамічна плитка	300	
6	Вікна	У дерев'яних рамах (30%), пластикових рамах (70%)	60	
7	Двері	вхідні	Пластикові зі склінням	40
		запасний вихід	Залізньо-дерев'яні	40
8	Стеля	З/бетонні плити, керамзит та рубероїд	400	
9	Сходи	З/бетонні	-	

### 1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Основними системами енергозабезпечення будівлі є:

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

#### 1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему теплопостачання. Договір на поставку тепла укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Номер договору – 568 -Т. Теплоносій подається від котельні, яка знаходиться за адресою вул. Санаторна,3.

Теплоносій в системі опалення – технічно підготовлена вода.

Система опалення на досліджуваному об'єкті однотрубна з нижнім розподілом теплоносія.

Опалювальні прилади – чавунні радіатори. В деяких аудиторіях виконано заміну опалювальних приладів на нові, типу «Біметал». Підводи виконані з поліпропіленових труб, встановлені термостатичні клапани.

На вводі до будівлі в тепловому пункті на трубопроводах системи опалення встановлені повірені манометри та термометри. Теплова ізоляція в деяких місцях пошкоджена, потребує заміни на нову. Запірна арматура в технічно-справному стані.

Регулювання подачі теплоносія в систему опалення відбувається в «ручному» режимі, шляхом відкривання/закривання ввідної запірної арматури.

На момент обстеження на системі опалення виконувались роботи з гідравлічного випробування та гідропневматичного промивання. Були складені відповідні акти.

### 1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 4561. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-420, що знаходиться неподалік від будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 220 В.

### 1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання корпусу здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 6412.

Вода до корпусу подається по металевій трубі Ø 89 мм зі сторони вул. Санаторна. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав  $P_{\text{хв}}=0,4$  МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Джерело гарячої води – швидкісний водопідігрівач, який встановлений на котельні за адресою, вул Санаторна,3. Вода до будівлі подається по трубопроводу Ø 89 мм. Видимих дефектів систем гарячого та холодного водопостачання виявлено не було.

Основними споживачами холодної та гарячої води є відвідувачі будівлі.

### 1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

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

Корпус обладнаний системою природної вентиляції. Відведення вентилязованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, встановлені в будівельних конструкціях.

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

### 1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії відбувається за допомогою лічильника тепла Семпал» типу СВТУ-10. Клас точності В ( рис. 1.2). Періодичність повірки - один раз на 4 роки. Встановлений на котельні, за адресою вул. Санаторна,3.

Зняття показників відбувається один разів на місяць та передаються до тепlopостачальної організації ТОВ «Сумитеплоенерго».



Рисунок 1.2 – Лічильник обліку теплової енергії [4]

Основні характеристики лічильника представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	1 (2) в залежності від виконання
Живлення	Мережеве
Довжина кабеля	5 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильниками активної енергії типу НІК електронний, кількість – 2 штуки (рис. 1.3), термін повірки - 15 травня 2021 року. Лічильники знаходяться в електрощитовій на вводі до будівлі.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [5]

Основні характеристики лічильника представлено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника «НІК» [5]

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

Холодна вода обліковується лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.4), термін повірки якого 16 липня 2020 р.

Лічильник встановлений на водорамці в підвальному приміщенні.



Рисунок 1.4 - Лічильник холодної води [6]

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

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 [6]

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

### 1.3.6 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/м<sup>3</sup>;  
водовідведення – 16,67 грн/м<sup>3</sup>;  
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 термометр;
- далекомір ;
- універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1.

Безконтактний термометр (рис 1.5) (використовується для безконтактного вимірювання температури різних поверхонь у приміщенні).



Рисунок 1.5 – Безконтактний термометр [7]

2) Далекомір (рис 1.6). Даний прилад використовується для визначення геометричних показників будівлі (ширина, довжина, висота)





Рисунок 1.6 – Далекомір типу «BOSH» [8]

3) Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 (рис 1.7) (використовувався для вимірювання температури та вологості в приміщенні).



Рисунок 1.7 - Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [9]

### 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  $T_{в} = 21^{\circ}\text{C}$ , що відповідає санітарним вимогам [9].

2) температура теплоносія в системі опалення  $T_1 = 56^{\circ}\text{C}$ ;  $T_2 = 43^{\circ}\text{C}$  (згідно показань вузла обліку теплової енергії).

3) відносна вологість повітря – 56%, 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 у 2020, 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.5 та на рисунку 1.8 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

Таблиця 1.5 – Величина споживання теплової енергії за 2020 – 2023 роки, Гкал

Місяці	2020 рік, Гкал	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал
Січень	193,38	192,12	186,4	99,2
Лютий	152,087	145,78	36,1	84,7
Березень	131,26	129,62	17,2	56,7
Квітень	115,534	98,2	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	62,742	60,14	59,1	-
Листопад	83,904	81,23	63,4	-
Грудень	134,476	129,78	96,7	-
<b>Всього</b>	<b>873,383</b>	<b>836,87</b>	<b>458,9</b>	<b>-</b>

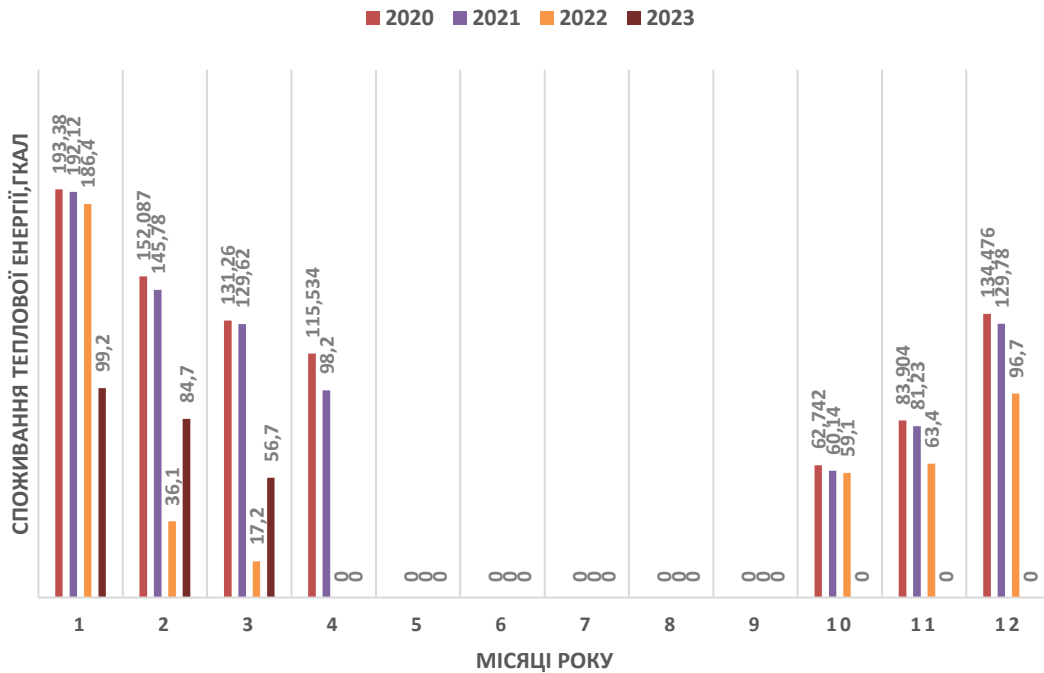


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2023 роки

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

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

#### 1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.6 та на рисунку 1.9 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.6 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	6950	6890	6580

Продовження таблиці 1.6

Лютий	5860	5750	3980
Березень	5790	5690	960
Квітень	4980	5050	550
Травень	4560	4790	2560
Червень	4250	4120	1520
Липень	4360	4150	2450
Серпень	4890	4780	2980
Вересень	5150	4950	3240
Жовтень	5950	5890	4250
Листопад	6870	6730	3250
Грудень	6770	6710	4520
<b>Всього</b>	<b>66380</b>	<b>65550</b>	<b>36840</b>

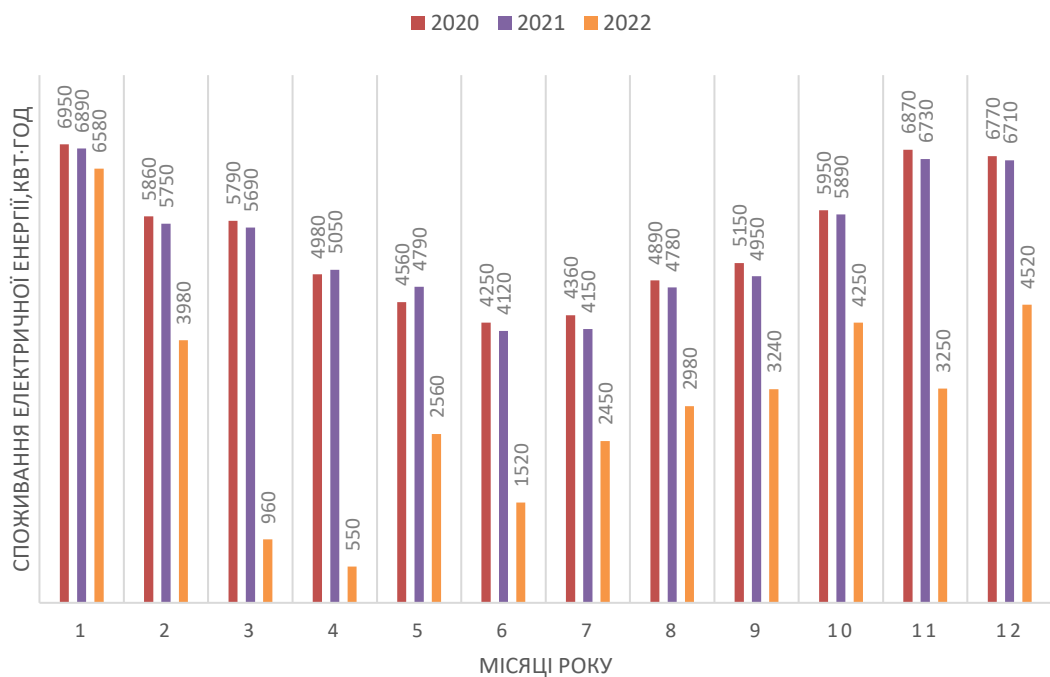


Рисунок 1.9 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

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

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

### 1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.7 та на рисунку 1.10 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.7 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м <sup>3</sup>	2021 рік, м <sup>3</sup>	2022 рік, м <sup>3</sup>
Січень	160	155	141
Лютий	158	145	98
Березень	90	112	16
Квітень	60	78	10
Травень	55	56	24
Червень	55	49	32
Липень	65	56	49
Серпень	85	78	56
Вересень	90	92	96
Жовтень	110	105	98
Листопад	130	125	101
Грудень	150	145	124
<b>Всього</b>	<b>1208</b>	<b>1196</b>	<b>845</b>

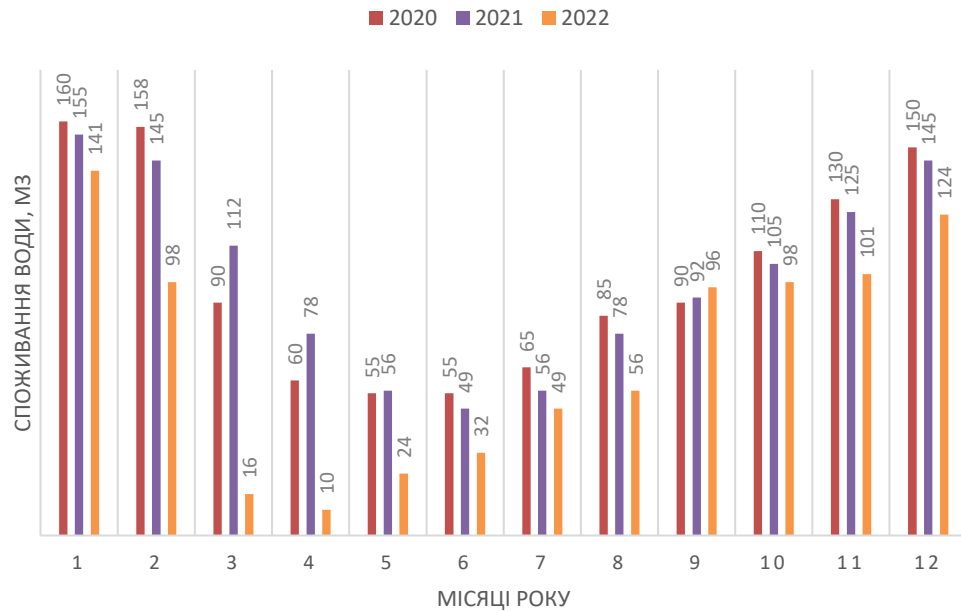


Рисунок 1.10 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

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

Найменше води споживалося в 2022 році. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням РФ на територію України. Кількість відвідувачів у будівлі була мінімальною.

## 1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

### 1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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

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

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

$A_f$  – опалювальна площа будівлі, м<sup>2</sup>.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [11]:

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

де  $EP_{use}$  – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м<sup>3</sup>;

$EP_p$  – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель, кВт год/м<sup>3</sup> [11].

Нормативна питома енергопотреба для будівель закладів освіти згідно [11]:

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

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

- за 2020-2021 рік –  $Q_{оп} = 873,383$  Гкал;
- за 2021-2022 рік –  $Q_{оп} = 836,87$  Гкал;
- за 2022-2023 рік –  $Q_{оп} = 458,9$  Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік –  $EP = 0,041$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2021-2022 рік –  $EP = 0,039$  Гкал/м<sup>3</sup>;
- за 2022-2023 рік –  $EP = 0,021$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить –  $EP = 0,034$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою, згідно [11]:

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

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left( \frac{0,034 - 0,032}{0,032} \right) \cdot 100\% = 6\%$$

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

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

### 1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Згідно з [12] норма споживання електричної енергії для навчальних закладів складає 37 кВт·год/м<sup>2</sup> корисної площі.

$$\text{- 2018 рік: } \frac{66380 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5148,4 \text{ м}^2} = 12,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2;$$

$$\text{- 2019 рік: } \frac{65550 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5148,4 \text{ м}^2} = 12,7 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{м}^2};$$

$$\text{- 2020 рік: } \frac{36840 \text{ кВт} \cdot \text{год}}{5148,4 \text{ м}^2} = 7,2 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{м}^2};$$

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

$$\text{- 2020 рік } \left( \frac{1208000}{600} \right) / 365 = 5,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2021 рік } \left( \frac{1196000}{600} \right) / 365 = 5,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left( \frac{845000}{600} \right) / 365 = 3,9 \text{ л/добу}.$$

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 проводимо згідно методики [14].

Розрахунок термічного опору огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних 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 [14].

Для зовнішніх огороджувальних 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  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

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

$n$  – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі,  $R_{\Sigma \text{ пр}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , 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  $\alpha_6$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\lambda_{ip}$  – 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 [14]

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

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,  $\text{м}^2$ ;

$R_{\Sigma\text{пр}}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків),  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  [14];

$t_e, t_{z.p}$  – 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

$$\sum Q_0 = \sum Q_{cm} + \sum Q_{cml} + \sum Q_{vkn} + \sum Q_{z.d} + \sum Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (1.6)$$

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

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

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

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

$\sum Q_{ndl}$  – 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;

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

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

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

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

$\Sigma Q_s^o$  – 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

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

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

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

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

$F_{вкн}$  – площа віконного прорізу, м<sup>2</sup>.

$n_e$  – 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 [14]:

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

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

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

$g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup> [14];

$v$  – 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/м<sup>3</sup>;

$\rho_c$  – середня густина повітряних мас, кг/м<sup>3</sup> (при нормальних умовах  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>):

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

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  $G_{вп}$  - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;  
 $c$  – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [14];  
 $t_в$  і  $t_{з,п}$  - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;  
 $k_в$  – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття 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;  
 $t_в$ ,  $t_{з,п}$  – 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 [14];  
 $m_n$  – маса 1 м<sup>3</sup> повітря (для практичних розрахунків беруть  $m_n = 1,3$  кг).  
Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

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

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

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

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

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

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається  $k_v=0,85$ ) [14].

### 1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей [14]

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

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;

$\eta$  – 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 м<sup>2</sup> скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м<sup>2</sup> ( $q_c=250$  Вт/м<sup>2</sup>;  $q_T=100$  Вт/м<sup>2</sup>);

$F_c$ ,  $F_T$  – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м<sup>2</sup>;

$k_{О.П}$  – 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;

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

Вихідні дані та результати розрахунку наведені в таблицях 1.8,1.9,1.10.

Розрахунок проводився за допомогою текстового редактора Microsoft Excel [16] (Додаток Б).

Таблиця 1.8 – Значення вихідних даних

№/п	Найменування конструктивних елементів	Матеріал	Товщина шару, $\delta, м$	Теплопровідність, $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$
1	Зовнішні стіни	Глиняна цегла на цементно-піщаному розчині	0,55	0,7
		Штукатурка	0,02	0,7
2	Стеля	Залізобетон	0,2	1,92
		Цементно-піщаний розчин	0,1	0,7
		Керамзит	0,15	0,12
3	Підлога	Цементно-піщаний розчин	0,03	0,7
		Залізобетонна плита	0,2	1,92
		Лінолеум	0,002	0,38

Таблиця 1.9 - Значення опору теплопередачі огорожувачих конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \min}, м^2 \cdot К/Вт$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma пр}, м^2 \cdot К/Вт$
Зовнішня стіна	4.0	1,2
Стеля:	7.0	1,75
Вікна	0.9	0,62
Двері	0.7	0,5
Підлога	5.0	0,65

Таблиця 1.10 – Результати розрахунку

Результати розрахунку теплової потужності будівлі			
Назва приміщення	Сумарна величина тепловтрат $\Sigma Q_{втр}, Вт$	Сумарна величина теплонадходжень $\Sigma Q_{тн}, Вт$	Величина теплової потужності $\Delta Q, Вт$
Навчальна будівля	953950	180213	<b>773737</b>

## 1.9 Висновки до розділу

- 1) Наведено опис технічного стану зовнішніх огорожуючих конструкцій.
- 2) Система теплопостачання в будівлі відбувається від газової котельні. Надавач послуги ТОВ «Сумитеплоенерго».
- 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) 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 773737 Вт.

## 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 [16]. Ось кілька типів систем енергозабезпечення та їхні переваги і недоліки [16]:

#### **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 [16].

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 [16].

**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 [16].

## 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 [17].

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 [17].

Враховуючи переваги та недоліки альтернативних джерел енергії, стає зрозуміло, наскільки вигідним може бути їх використання [17].

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 [17].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].

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 [18].



## 2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

### 2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі

Для опалення будівлі вибираємо тепловий насос АІК МАХІ 100 [19] (рис 2.1). Це тепловий насос, який оснащений циркуляційними насосами з автоматичним регулюванням потужності та автоматикою [19].

Основні характеристики теплового насосу типу NIBE [19]:

- потужність – 250 кВт [19];
- резервування – вбудований, ступінчастий;
- температура подачі теплоносія – до 60<sup>0</sup>С [19];
- температура зворотнього теплоносія – 50<sup>0</sup>С;
- циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
- основні розміри: висота – 1900 мм; ширина – 700 мм; глибина – 850 мм; вага – 210 кг [19].
- дисплей – цвітний.
- оновлення програми – через USB.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд теплового насосу типу АІК МАХІ 250 [19]

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 [19].

Даний проект спрямований на відмову від централізованої системи тепlopостачання.

Для забезпечення будівлі необхідною кількістю теплової енергії необхідно встановити 3 теплові насоси.

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

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

$$E_{опал} = 2540,88 \cdot 836,87 = 2126386,2 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу  $\Delta Q = 450000$  кВт.
- циркуляційні насоси споживають  $W_{ц.н.} = 2640$  кВт·год за опалювальний 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  $\Delta Q$  – тепла енергія яку виробив насос;

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

Тоді:

$$W_{Т.Н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{450000}{4,5} = 100000 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

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.

$$W = 100000 + 2640 = 102640 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{\text{елект}} = 102640 \cdot 6,2 = 636368 \text{грн}.$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 2126386,2 - 636368 = 1490018,2 \text{грн} / \text{рік}.$$

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{7860750}{1490018,2} = 5,2 \text{роки}.$$

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [20].

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.	<b>NPV,</b> <b>грн</b>
0	-7860750	-7860750		1		
1	0	1490018,2	-6370731,8	0,909	1354562	-6506188
2	0	1490018,2	-4880713,6	0,826	1231420	-5274768
3	0	1490018,2	-3390695,4	0,751	1119473	-4155295
4	0	1490018,2	-1900677,2	0,683	1017702	-3137593
5	0	1490018,2	-410659	0,621	925184	-2212409
6	0	1490018,2	1079359,2	0,564	841076	-1371332
7	0	1490018,2	2569377,4	0,513	764615	-606717
8	0	1490018,2	4059395,6	0,467	695104	88387
9	0	1490018,2	5549413,8	0,424	631913	720300
10	0	1490018,2	7039432	0,386	574467	1294767

Дисконтований термін окупності згідно [20]:

$$PP = 7 + \frac{695104 - 606717}{88387} = 8 \text{ років}$$

## 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 135 кВт/добу (в будівлі встановлені різні типи ламп).

Методика розрахунку наведена в [21]

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 10%.

$$W_3^{зар} = 135 \cdot 1,1 = 150 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



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 [21];

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

Необхідна кількість панелей згідно [21]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.3)$$

Для зимового періоду:

$$N_z = \frac{150}{0,3} = 500 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 500 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [22].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [21]:

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

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

$V$  - напруга, В;

$k$  – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{150 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 215 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Обираємо 3 акумулятори LUXEON LX12-75MG - 12В - 75 А/ч [22].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування

при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно  $K = 3256450$  грн [22].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

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

$$C = 135 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 250 \text{ днів} \cdot 6 = 33750 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 33750 = 209250 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3256450}{209250} = 15,6 \text{ років.}$$

### 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 [21].

Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20% [21].

$$P^{заг} = 135 \cdot 1,2 = 162 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

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. [23].

Вартість восьми вітрогенераторів, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій складає приблизно  $K = 3567000$  грн [23].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

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



$$C = 135 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 250 \text{ днів} \cdot = 33750 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 33750 = 209250 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3567000}{209250} = 17 \text{ років.}$$

Як бачимо з розрахунків, терміни окупності даних заходів дуже великий. Але враховуючи нинішню ситуацію з війною, масовими обстрілами критичної інфраструктури, впровадження даних заходів дозволяє зробити будівлю енергонезалежною і використовувати енергію Сонця та вітру для власних потреб.

### 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 [24].

#### **Фізичні фактори [24]**

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 [24]**

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

#### **Біологічні фактори [24]**

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

#### **Психофізіологічні фактори [24]**

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» [25], 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» [26], 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 охолодженню працівників [10].

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

### **Відносна вологість повітря:**

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

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

### **Швидкість руху повітря:**

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

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

Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщенні важливо для підтримання здоров'я та продуктивності працівників. Використання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря може бути необхідним для досягнення оптимальних параметрів мікроклімату. Також, регулярні вимірювання та оцінки мікроклімату можуть допомогти вчасно виявити та виправити будь-які аномалії [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) [27].

### **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 [28].

#### 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.

### 3.3 Дії працівників закладу на випадок пожежі

Коли працівник закладу вияви пожежу він зобов'язаний [26]:

- негайно викликати пожежну охорону, вказавши точну адресу, місце виникнення пожежі, наявність або відсутність людей та своє прізвище;

- вжити можливих заходів для евакуації людей матеріальних цінностей із закладу;

- викликати швидку допомогу, газову або іншу аварійну службу в разі потреби.

Прибувши на місце пожежі, керівник, відповідальна особа або черговий повинен [26]:

- переконатися, що пожежна охорона повідомлена;
- організувати порятунок людей, яким загрожує небезпека.
- евакуювати всіх працівників, які не беруть участь у гасінні пожежі, з місця пожежі в безпечне місце

- припинити роботи в будівлі або споруді, де виникла пожежа;
- вимкнути електрику (крім засобів протипожежного захисту), вентиляцію та вжити інших заходів для запобігання поширенню вогню;

- організувати зустріч пожежних та вказати необхідні дані;

- організувати евакуацію матеріальних цінностей;

- дотримуватися вимог безпеки та охорони праці.

Після прибуття пожежної бригади вона повинна мати вільний доступ на об'єкт.

Керівник об'єкта або компетентний технічний персонал під його керівництвом повинен проконсультувати пожежну команду щодо конструкції, технічних та інших особливостей об'єкта та прилеглих територій, на яких виникла пожежа, а також про те, як її локалізувати [26].

## ВИСНОВКИ

Енергетичне обстеження проводилося в учбовому корпусі медичного інституту СумДУ. Дана будівля розташована за адресою: м. Суми, вул. Санаторна, 31.

Будівля складається із трьох блоків «А», «Б», «В».

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було наведено інформацію про існуючий технічний стан будівлі та її основні характеристики. Виконано опис технічного стану основних огорожуючих конструкцій будівлі, систем енергоспоживання. Будівля опалюється від котельні, яка належить ТОВ «Сумитеплоенерго». Водопостачання та водовідведення – централізовані. Забезпечуються КП «Міськводоканал» СМР.

Зібрано та виконано аналіз щодо рівня споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води за останні три роки.

Виконано опис вузлів обліку теплової енергії, електричної енергії та холодної води, приладів для проведення вимірювань та результати інструментального обстеження.

Наведено положення методики розрахункового аналізу системи енергопостачання та представлення результатів розрахунку теплової потужності будівлі, яка склала **773737** Вт.

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

1) Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 7860750 грн; економія в грошовому еквіваленті – 1490018,2 грн; термін окупності заходу – 5,5 року, дисконтований термін окупності – 8 років).

2) Встановлення сонячної електростанції ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3256450 грн, економія в грошовому еквіваленті – 209250 грн; термін окупності заходу – 15,6 року,)

3) Встановлення вітрової установки ( капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3567000 грн, економія в грошовому еквіваленті – 209250 грн; термін окупності заходу – 17 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. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. [електронний ресурс] Режим посилання: <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStrategy2030.pdf>
2. Сучасний стан енергозбереження та використання енергоресурсів України [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream.pdf>
3. Підвищення енергоефективності в будівлях навчальних закладів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://mvk.if.ua/kperozv/32062>
4. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sempal.com/product/promyslennyj-scetcik-tepla-svtu-10m>
5. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://001.com.ua/uk/lichylnyk-elektroenergiyi-nik-2303-ap1t-1101-tryfaznyy-5-100-a-3x220-380-v-bagatotaryfnyy-nik>
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <http://ve-ltd.com.ua/katalog-tovarov/schetchiki-vody/schetchik-vody-sensus-sensus-wp-dynamic-50-50-du50-kh-v-detail>
7. Техпаспорт безконтактного термометра [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.microlife.ua/consumer-products/fever/infrared-thermometer/nc-200>
8. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bosch-tools.com.ua/ua/dalekom-ri-lazern-dalekom-ri/>
9. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-N1.
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
12. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>

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

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

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

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

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

19. Тепловий насос [електронний ресурс] [https://avante.com.ua/catalog/nasos\\_teplovoy\\_geotermaljnyy\\_aik\\_maxi-250\\_279\\_kv-06155/](https://avante.com.ua/catalog/nasos_teplovoy_geotermaljnyy_aik_maxi-250_279_kv-06155/)

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

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

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

23. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ergy.com.ua/p1205854223-solnechnaya-batareya->

[znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-](http://znshine.html?gclid=Cj0KCQiA-)

[rj9BRCAARIsANB\\_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw\\_wcB](http://rj9BRCAARIsANB_4AB2vBfoQu25NPSEVaFPLABmZjs4YAHNUjVbXHn93x8Z9HEACwAJAVoaAhRtEALw_wcB)

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](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

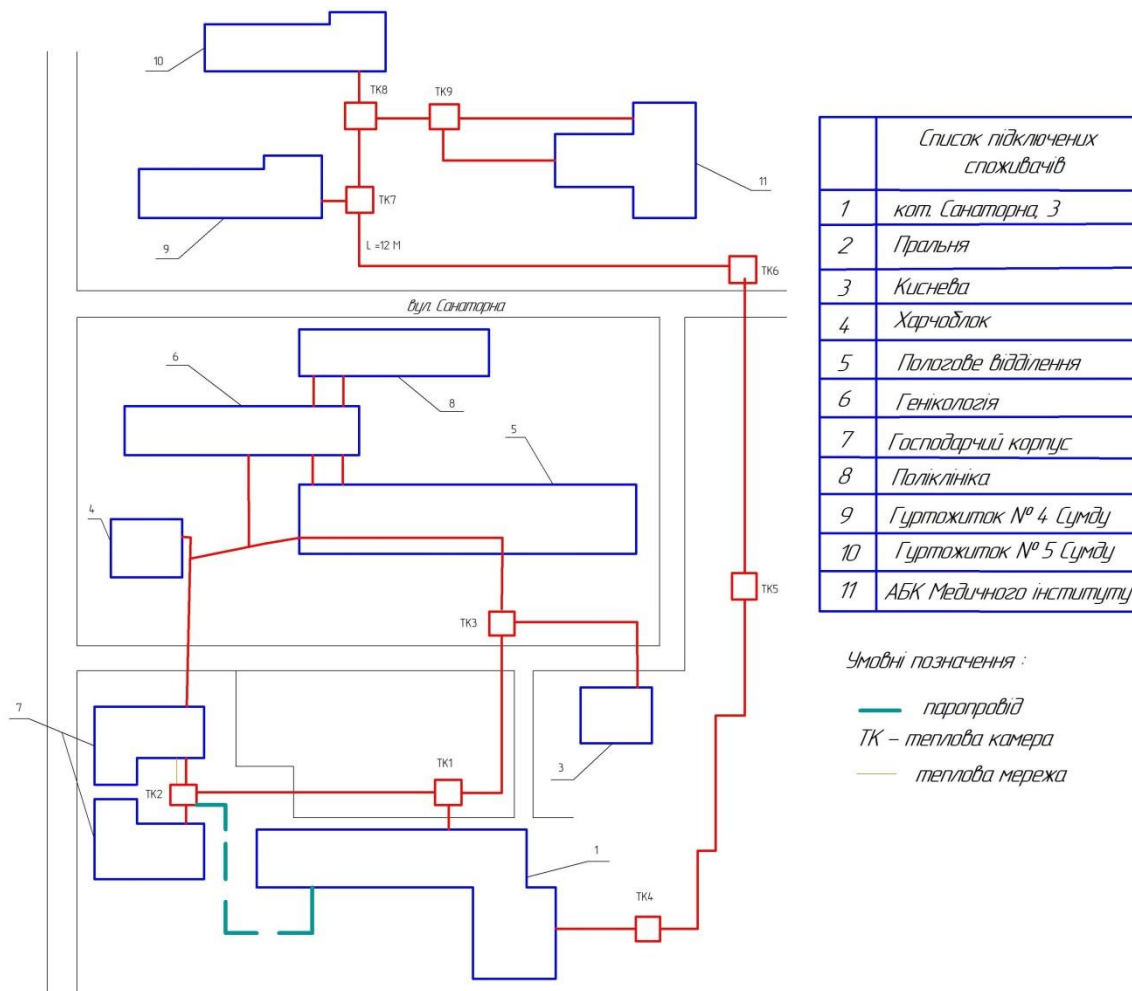
27. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=60541](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541)

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 теплопостачання будівлі



# ДОДАТОК Б

## Розрахунок теплової потужності за допомогою Microsoft Office Excel

Розрахунок теплової потужності будівлі АБК - Excel

Вихідні дані для розрахунку		Розрахункові дані	
Температура у середній приміщенні	20	Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	1,2
Температура в підвальному приміщенні	0	Приведений опір теплопередачі для стелі	1,75
Температура зовнішнього повітря	-25	Приведений опір теплопередачі для дверей	0,5
Загальна площа зовнішніх стін	9513,7	Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,42
Загальна площа поверхні даху	3177,6	Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	0,65
Загальна площа вікон	875,2	Втрати теплоти через стіни, Вт	356763,8
Загальна площа дверей	35	Втрати теплоти через стіно, Вт	81709,71
Загальна площа поверхні над тех. підповерх.	3177,6	Втрати теплоти через вікна, Вт	83771,43
Допоміжний коефіцієнт	0,28	Втрати теплоти через підлогу, Вт	58863,38
Кількість інфільтрованого холодного повітря через щільність віконного огоро	0	Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, Вт	88661,26
Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005	Тепловтрати на витяжку вентиляцію, Вт	274380,6
Внутрішній об'єм приміщення	24511,2	Сумарні тепловтрати, Вт	953950,2
Густина повітря, що випадає з приміщення	1,3	Теплонаходження від людей, Вт	41200
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення	0,85	Теплонаходження від електрообладнання, Вт	12467,25
Кратність повітрообміну приміщення	0,8	Теплонаходження від джерел освітлення, Вт	34650
Кількість людей в приміщенні	400	Теплонаходження від сонячної радіації, Вт	91896
Якні теплонаходження від людей	103	Сумарні теплонаходження, Вт	180213,3
Нормальна потужність електрообладнання	45000	Теплова потужність будівлі, Вт	773736,9
Коефіцієнт завантаження	0,85		
ККД електрообладнання	0,9		
Коефіцієнт періоду пика в приміщенні	0,6		
Коефіцієнт пошуку на електроенергію	0,3		
Потужність одного джерела освітлення	75		
Коефіцієнт періоду електричної енергії в теплову	0,4		
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6		
Кількість освітлених джерел освітлення	1923		
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> світлого освітленого поверху	250		
Тепловий потік, що надходить через 1 м <sup>2</sup> світлого перебуваючого в тіні	100		
Площа заповнення світлових прорізів	437,6		
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	437,6		
Коефіцієнт відносного проникання сонячної радіації через заповнення світлових	0,6		