

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,  
(код та назва)

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

на тему: «Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР та впровадження технологій альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача(ки) групи ЕМ.м-21  
(шифр групи)

Павловської Оксани Владиславівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

Оксана ПАВЛОВСЬКА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент каф. ПГМ Сергій ХОВАНСЬКИЙ  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри ПГМ  
\_\_\_\_\_ Сотник М.І.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача \_\_\_\_\_ Павловської Оксани Владиславівни  
(прізвище, ім'я по батькові)

1 Тема роботи «Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР та впровадження технологій альтернативного енергозабезпечення»

затверджена наказом університету № 1314-VI від « 11 » листопада 2023р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи - до 16.12.2023

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 із подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. 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 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 прийняла до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис, прізвище і ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 94 с., 24 рисунки, 13 таблиць, 2 додатки, 55 літературних джерел.

*Мета роботи:* визначення потенціалу енергозбереження системи теплоспоживання, розроблення і обґрунтування енергозбережних заходів, зменшення витрат на енергоносії.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі завдання:

- Аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- Розрахунок питомих витрат на енергоносії;
- Розроблення та обґрунтування енергозбережних засобів.

*Об'єкт енергообстеження:* процес енергопостачання та енергоспоживання будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

*Предмет енергообстеження:* система споживання теплової, електричної енергії та системи водопостачання.

*Методи дослідження:* інструментальне вимірювання показників енергоносіїв та їхнє перетворення, статистичний метод визначення динаміки споживання енергії в часі, теплові та економічні методи розрахунку енергозбережних заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

**Тема роботи – «Підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР та впровадження технологій альтернативного енергозабезпечення»**

## ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА .....	2
РЕФЕРАТ .....	4
ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ .....	11
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження .....	11
1.2 Опис дійсного стану об'єкту енергетичного обстеження. ....	12
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкту .....	12
1.3.1 Система опалення.....	12
1.3.2 Система електропостачання .....	13
1.3.3 Система водопостачання .....	14
1.3.4 Система вентиляції.....	14
1.3.5 Система обліку ресурсів .....	14
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду .....	16
1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води .....	17
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії .....	17
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії .....	19
1.4.3 Аналіз обсягів споживання води .....	21
1.4.4 Проміжний висновок .....	23
1.5 Аналіз ефективності роботи систем тепlopостачання.....	23
2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	26
2.1 Розрахунковий аналіз стану огорожувальних конструкцій будівлі .....	26
2.2 Теплові втрати через огорожувальні конструкції будівлі.....	31
2.3 Розрахунок теплонадходжень до будівлі.....	38

2.4 Розрахунок теплової потужності всієї будівлі .....	41
2.5 Запровадження першочергових заходів з енергозбереження.....	44
2.5.1 Утеплення стін будівлі.....	45
2.5.2 Утеплення підлоги будівлі .....	49
2.5.4 Утеплення даху будівлі.....	53
2.5.5 Заміна дерев'яних вікон на металопластикові .....	56
2.5.6 Розрахунок теплової потужності будівлі після впровадження першочергових заходів з енергозбереження .....	59
2.6 Встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю .....	61
2.7 Розрахунок геотермального теплового насоса для системи тепlopостачання.....	64
2.8 Концепція встановлення сонячних панелей .....	70
2.9 Висновки за розділом .....	76
<b>3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>78</b>
3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	78
3.1.1 Електронебезпека .....	78
3.1.2 Механічна безпека.....	79
3.1.3 Термічна безпека .....	79
3.1.4 Мікроклімат .....	80
3.1.5 Повітря робочої зони .....	80
3.1.6 Освітлення робочої зони.....	81
3.1.7 Шум та дія електромагнітних полів .....	81
3.1.8 Пожежна безпека.....	82
3.2 Дії персоналу під час оголошення «Повітряної тривоги».....	84
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>86</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>89</b>

ДОДАТОК А.....	95
ДОДАТОК Б .....	96

## ВСТУП

Енергетика становить основу для економіки будь-якої країни, визначаючи успішний розвиток всіх галузей національного господарства та рівень життя населення. У вітчизняній енергетиці за останні роки численно накопичилося складних проблем, які вимагають ефективного та оперативного вирішення. Серед них висувуються проблеми надійного та якісного енергозабезпечення, підвищення енергетичної безпеки України, впровадження енергоощадних технологій, а також реконструкція та оновлення технічної бази підприємств для виробництва менш енергоємної продукції [1].

Питання енергоефективності та енергозбереження привертають значну увагу на міжнародному рівні. Українські наукові дослідження в цьому напрямку розпочалися з моменту набуття незалежності та тривають і сьогодні, не втрачаючи своєї практичної важливості. Хоча вже є позитивні зрушення для підвищення енергоефективності, існують невирішені системні проблеми, що значно впливають на стан та конкурентоспроможність української економіки [2].

Вирішення енергетичної проблеми на сучасному етапі розвитку національної економіки вимагає інтенсивного підходу, що передбачає більш раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів або впровадження політики ресурсозбереження. Це включає розробку енергоефективних проектів на промислових підприємствах України [1].

Підвищенню енергоефективності часто ускладнюють ситуації ринкового характеру, де вартість розробки проектів перевищує очікувану економію енергії, фінансові бар'єри, де інвестиції в енергоефективність вважаються складними та ризикованими з високими витратами, інформаційні обмеження, коли відсутня достатня інформація для розуміння та прийняття рішень щодо раціонального використання та інвестицій, а також інституціональні перешкоди, де тарифи на енергію не стимулюють інвестиції в енергоефективність та структура стимулів спонукає енергетичні компанії продавати енергію, а не інвестувати в економічну енергоефективність. Також існують технічні труднощі, де відсутні доступні



технології енергоефективності, що можуть бути найбільш ефективними в конкретних умовах, та обмеження у потенціалі визначення, розробки, впровадження та підтримки інвестицій в енергоефективність. Ці виклики є характерними для всіх країн, і політика енергоефективності в основному спрямована на подолання цих перешкод [3].

Незважаючи на очевидну важливість енергозбереження, політика в цій сфері поки що не знаходить адекватної підтримки ні від урядових структур, ні від суспільства, переважно через високі витрати та відсутність загального розуміння соціально-екологічних перспектив енергозбереження як ресурсу для розвитку. Більшість суспільно-економічних досліджень у цьому напрямку фокусувалися на аналізі енергозбереження у всьому господарському комплексі країни, тож вивчення енергоефективності та енергозбереження на рівні окремого регіону залишається актуальним завданням, що вимагає розробки власної методології та методичного підходу [4].

#### **Актуальність теми:**

Альтернативна енергетика стає однією з ключових сфер світової економіки. Використання відновлюваних джерел енергії не лише сприяє зменшенню залежності від вуглеводневих ресурсів, але й стає вагомим перевагою для країн, які ефективно впроваджують ці технології [5].

Розвиток відновлювальної енергетики в Україні може суттєво покращити економічний та енергетичний стан країни, оскільки вона має значні можливості для використання різноманітних джерел відновлювальної енергії. Участь України в Європейському союзі та різноманітних міжнародних енергетичних об'єднаннях сприятиме прискоренню цього процесу. Подальше вирішення проблеми низького рівня енергоефективності України вимагає постійного контролю за виконанням поставлених завдань [3].

Головною перевагою використання відновлюваних енергоресурсів є їх необмеженість та екологічна безпечність, що сприяє поліпшенню стану навколишнього середовища та не впливає на енергетичний баланс планети. Використання відновлюваних джерел енергії виключає потребу у видобуванні, переробці, збагаченні та транспортуванні палива, вирішуючи проблему утилізації

чи захоронення шкідливих відходів, що є характерним для традиційних енергетичних виробництв [6, с.146].

Впровадження сучасних технологій у виробництво дозволяє знизити собівартість "зеленої" електроенергії порівняно з тепловими і навіть атомними станціями. На поточному етапі Україна активно взялася за використання альтернативних джерел енергії, річно нарощуючи темпи їх розвитку. Законодавчі акти створили правову базу для ефективного впровадження альтернативного енергозабезпечення [5].

**Метою дослідження** є визначення потенціалу енергозбереження системи теплоспоживання, розроблення і обґрунтування енергозбережних заходів, зменшення витрат на енергоносії.

Досягнення цієї мети передбачає розв'язок таких завдань:

- Аналіз рівня ефективності використання енергоносіїв;
- Розрахунок питомих витрат на енергоносії;
- Розроблення та обґрунтування енергозбережних засобів.

**Предметом дослідження** в роботі є система споживання теплової, електричної енергії та системи водопостачання.

Вихідні дані для розрахунків та проведення робіт з енергетичного обстеження (обсяги споживання енергоресурсів і води, будівельні характеристики, схема теплопункту, встановлені ліміти на споживання теплової, електричної енергії та води) надані уповноваженим персоналом закладу.

Робота виконана за рахунок бюджетних коштів МОН України, наданих на виконання науково-дослідної теми «Трансфер зелених інновацій в енергетиці України: мультиплікативна стохастична модель переходу до вуглецево-нейтральної економіки» (№ ДР 0122U000769).

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

## 1.1 Загальній відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Центр науково-технічної творчості молоді СМР розташований за адресою вул. Збройних Сил України, 18, м. Суми, Сумська область, 40034 (рис. 1.1). Даний об'єкт є комунальною власністю, утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради. Напрямок роботи центру: науково-технічний, фізкультурно-спортивний або спортивний, художньо-естетичний, дослідницько-експериментальний, соціально-реабілітаційний, гуманітарний [7].



Рисунок 1.1 - Будівля Центру науково-технічної творчості молоді СМР

Будинок Центру науково-технічної творчості молоді СМР складається з однієї будівлі, орієнтація головного фасаду – південь. Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює Центр науково-технічної творчості молоді СМР.

Будівля об'єкту енергетичного обстеження була побудована у 1986 році та має 2 поверхи. Площа забудови – 1170 м<sup>2</sup>.

## **1.2 Опис дійсного стану об'єкту енергетичного обстеження.**

Будівля Центру науково-технічної творчості молоді має незадовільний стан. Явні зовнішні пошкодження мають гіпсобетонні стіни будівлі (товщиною 0,40 м), тому потребують модернізації. Цементно-піщана штукатурка, якою виконані стіни ззовні (товщиною 0,01 м) та зсередини (0,02 м), також має наявні пошкодження. Горище в будівлі не передбачено, дах плоский - залізобетонна плита товщиною 0,22 м, цементна стяжка, гравій керамзитовий товщиною 0,15 м та рубероїд завтовшки 0,09 м. Стан підлоги будівлі закладу здебільшого незадовільний (залізобетонна плита, цементна стяжка та ПВХ лінолеум), також потребує модернізації. Вікна будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР старі дерев'яні (80%) вікна, та металопластикові з двокамерним склопакетом. З 11 входів у заклад 5 дверей дерев'яних, 3 металопластикових та 3 залізних. Теплопункт знаходиться у підвальному приміщенні будівлі.

Вентиляційна система має незадовільний технічний стан, який погіршується з часом експлуатації. Для провітрювання приміщення доводиться тримати вікна у відчиненому стані, таким чином втрачається велика кількість корисної теплоти.

## **1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкту**

### **1.3.1 Система опалення**

Будівля закладу має централізовану систему тепlopостачання. Теплоносій – гаряча вода. Система опалення Центру науково-технічної творчості молоді залежна, горизонтальна, однотрубна.

Трубопроводи виконані зі сталі, ізольовані, утеплені мінеральною ватою та розташовані у залізобетонних латках, прокладені під землею та ведуть до теплового пункту, що знаходиться у підвальному приміщенні будівлі (додаток А).

Опалювальні прилади - конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140, розташовуються під вікнами у кожному приміщенні.

Теплове навантаження будівлі – 0,229 Гкал/год. Максимальне договірне теплове навантаження складає – 0,54 Гкал/год.

Опалювальна площа приміщення становить 2706 м<sup>2</sup>.

Опалювальний об'єм становить 6300 м<sup>3</sup>, за зовнішніми обмірами – 6429 м<sup>3</sup>.

У закладі немає ефективної системи контролю за об'ємами використання теплової енергії. Розподіл тепла здійснюється відповідно до досвіду відповідальної за господарську частину людини.

Забезпечення тепловою енергією для опалення закладу відбувається шляхом укладення договору з ТОВ «Сумитеплонерго» щодо надання послуг централізованого опалення.

Основними завданнями відповідальної особи, що обслуговує теплопункт є :

- нагляд за технічним станом устаткування, його роботою;
- зняття показань лічильника;
- спостереження за параметрами теплоносія з метою забезпечення надійного і якісного теплопостачання, раціонального використання енергії.

Щомісячно здійснюється передача інформації постачальнику теплової енергії та проводиться оплата.

### **1.3.2 Система електропостачання**

Забезпечення закладу електричною енергією відбувається згідно договору з АТ «Сумиобленерго». Передача показів лічильника за послуги відбувається кожен місяць.

Основним енергоспоживаючим обладнанням Центру науково-технічної творчості молоді СМР є:

- Комп'ютери потужністю 400 Вт (30 шт, 5 робочих години на добу);
- Ноутбуки потужністю 200 Вт (5 шт, 4 робочих годин на добу);
- Принтери потужністю 150 Вт (5 шт, 1 робоча година на добу);
- Масляні обігрівачі (у холодну пору року) потужністю 1500 Вт (10 шт, 5 робочих годин на добу);

- Станки потужністю 1600 Вт (25 шт; 4 робочих годин на добу);
- Радіостанція потужністю 500 Вт (1 шт, 3 робочих годин на добу).

Система освітлення та система електрообладнання є основними електроспоживаючими системами закладу.

### **1.3.3 Система водопостачання**

Центр науково-технічної творчості молоді СМР підключено до міської системи централізованого водопостачання та водовідведення. Кількість спожитої води обліковується у спеціальному вузлу обліку, розташованому у підвалі будівлі закладу. Гаряче водопостачання не передбачене.

Вода в основному споживається працівниками та відвідувачами цього закладу.

Використана вода потрапляє у систему водовідведення та у мережу міської каналізації.

Зняття даних лічильника відбувається кожного дня. Акт передачі показів приладів обліку відбувається кожного місяця.

Забезпечення закладу водою та водовідведенням відбувається згідно договору з КП «Міськводоканал».

### **1.3.4 Система вентиляції**

У Центрі науково-технічної творчості молоді СМР використовується природна система вентиляції. Видалення вентилязованого повітря здійснюється за допомогою вентиляційних каналів, які вбудовані в будівельні конструкції. Приплив повітря здійснюється через щілини та вентиляційні отвори у світлопрозорих конструкціях огорожень та зовнішніх дверей.

### **1.3.5 Система обліку ресурсів**

Засіб обліку теплової енергії – ультразвуковий компактний тепловий лічильник QALCO (SKS-3) марки AXIOMA (рис.1.2). Дата останньої повірки

23.07.2021 р. Зняття показів відбувається щоденно. У тепловій пункті водолічильник, під'єднаний до теплолічильника та встановлений на трубі з зовнішнім діаметром  $D_{тр} 40$  (діаметр умовного проходу  $D_u 35$ ).



Рисунок 1.2 - Ультразвуковий компактний тепловий лічильник QALCO (SKS-3) марки AXIOMA [8]

Характеристики теплового лічильника QALCO (SKS-3) марки AXIOMA [9]:

- Клас точності 2 за ДСТУ EN 1434-1:2014;
- Міжповерховий інтервал – 4 роки;
- Вимірювання різниці температур — 3...150 °C;
- Архів: годинниковий — не менш ніж 1480 годин, добовий — не менш ніж 1130 діб, місячний — не менш ніж 36 місяців;
- Повний середній термін експлуатації — не менш ніж 15 років;
- Ультразвуковий компактний теплообчисник з інтегрованим у вимірювач каналом вимірювання витрати, двома каналами вимірювання температури та двома додатковими імпульсними входами вимірювання витрати [9].

Облік споживання електроенергії на внутрішні потреби здійснюється трьома лічильниками електричної енергії NIK 2301AP3B (рис.1.3). Дата останньої повірки 07.07.2015 р. Зняття показів відбувається щоденно.

Переваги даного лічильника електричної енергії [10]:

- Невелика кількість енергоспоживання;
- Просте кріплення;
- Клас точності «1» з технологічним зносом не менше 50%;

- Можна використовувати в щитах для зовнішньої установки.



Рисунок 1.3 - Лічильник електричної енергії NIK 2301AP3B [10]

Облік споживання холодної води на внутрішні потруби здійснюється за допомогою лічильника МТК-UA Qn 3,5|30, виробник – Gross (рисунок 1.4). Дата останньої повірки 06.06.2023 р.



Рисунок 1.4 - Лічильник МТК-UA Qn 3,5|30 [11]

### **1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду**

Теплопостачання – 2630,57 грн за Гкал з ПДВ;

Електропостачання – 3,13 грн/кВт·год з ПДВ;

Водопостачання – 15,98 грн/м<sup>3</sup> з ПДВ;

Водовідведення – 16,67 грн/м<sup>3</sup> з ПДВ.



## 1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води

### 1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Кількість теплової енергії, спожитої будівлею закладу за 2020-2023 роки наведена на рисунку 1.5.

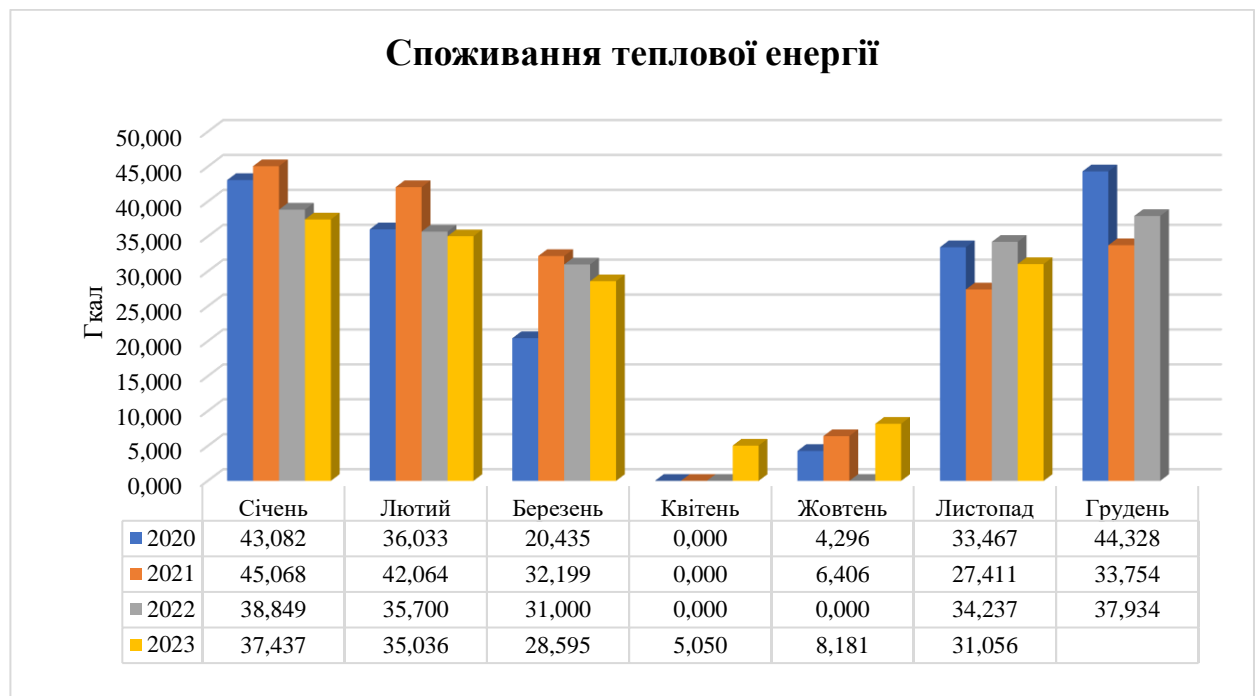


Рисунок 1.5 – Обсяги споживання теплової енергії закладом за 2020-2023 роки

Всього за 2020 рік було спожито 181,64 Гкал теплової енергії, за 2021 рік – 186,90 Гкал, за 2022 рік – 177,72 Гкал.

Централізоване гаряче водопостачання не передбачено.

Заклад споживає теплову енергію тільки під час опалювального періоду.

Аналізуючи рисунок 1.5, можна зробити висновок, що максимум споживання теплоти на опалення припадає на зимові місяці року. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою доквілля, зниженням лімітів на 40%, порівняно з минулими роками, неефективними огороджувальними конструкціями будівлі, а також через не

можливість прогнозування споживання обсягів теплової енергії внаслідок відсутності відповідного обладнання, що здатне забезпечити якісний моніторинг у керуванні режимами роботи системи тепlopостачання будівлі.

На рисунку 1.6 наведено порівняння фактичного обсягу споживання закладом теплової енергії зі встановленими лімітами за опалювальний сезон 2022-2023.

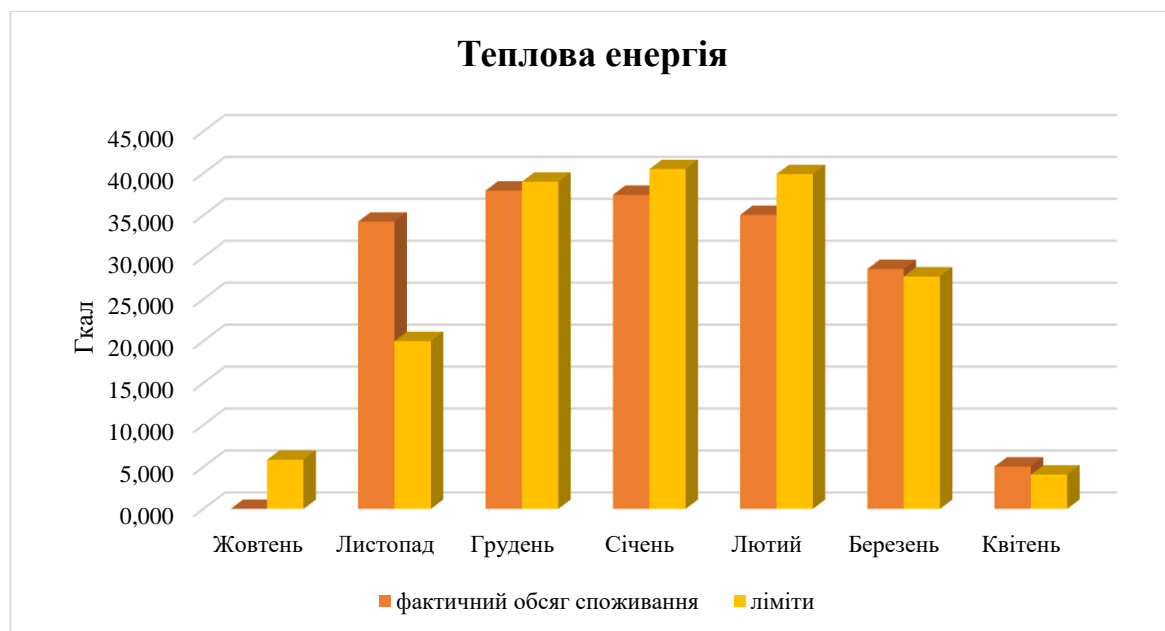


Рисунок 1.6 - Порівняння фактичного обсягу споживання теплової енергії за опалювальний сезон 2022-2023 та встановлених лімітів

З рисунку 1.4 добре видно, що за листопад 2022 року обсяг споживання теплової енергії значно перевищив встановлені ліміти. Це може пояснюватись тим, що в закладі відбувається «ручне» регулювання засувками без чіткого визначення його необхідної миттєвої величини та без відповідної методики прогнозування рівня теплоспоживання. Це призводить до нерівномірного розподілу тепла у різні періоди опалювального сезону. Надмірний відбір теплоти в певний час року та недостатній в інший час можуть стати причиною порушень циркуляції теплоносія в системі опалення будівлі. Як результат – нерівномірний прогрів приміщень.

## 1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Кількість електроенергії, спожитої будівлею закладу за 2020-2023 роки наведена на рисунку 1.7.

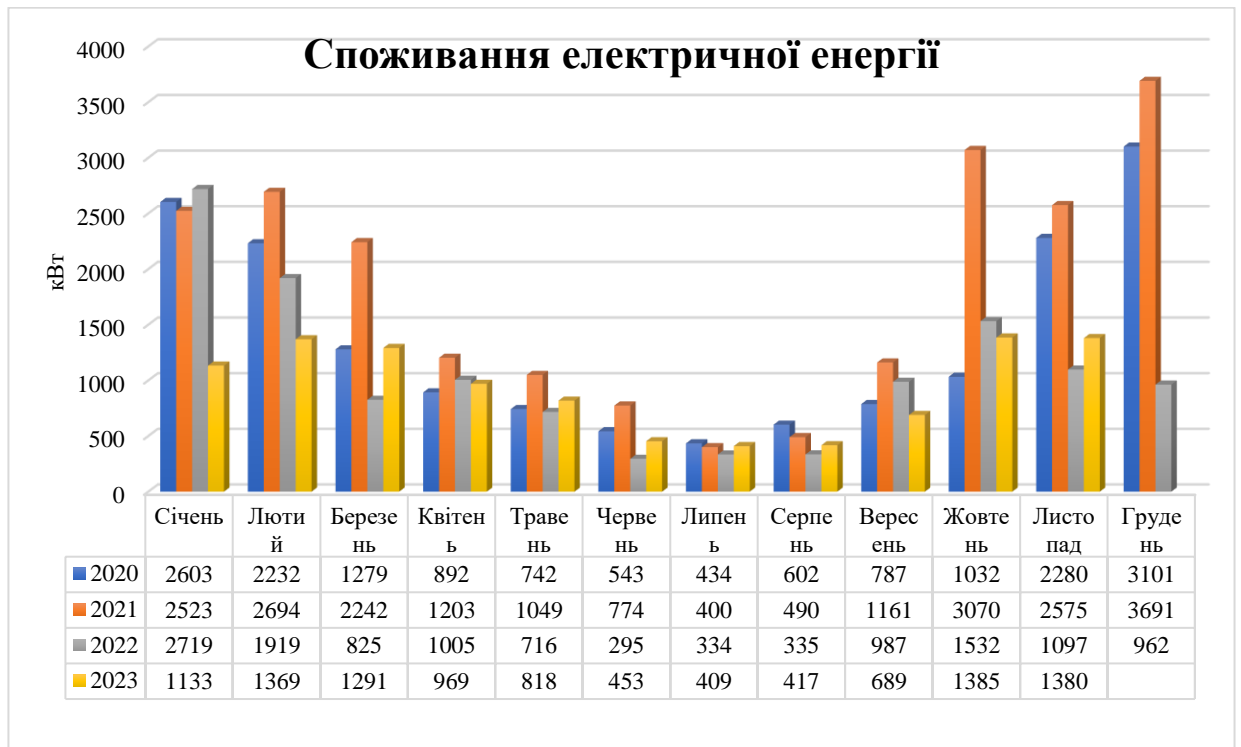


Рисунок 1.7 – Обсяги споживання електроенергії закладом за 2020-2023 роки

За 2020 рік заклад спожив 16 527 кВт електричної енергії, за 2021 рік – 21 872 кВт, за 2022 рік – 12 726 кВт.

Проаналізувавши отримані від закладу облікові дані по споживанню електричної енергії, можна зробити ряд висновків. По-перше, з рисунку 1.7 видно, що будівля закладу споживає електроенергію нерівномірно, найменше – у теплу пору року, так як влітку для функціонування необхідна мінімальна кількість світла, ти самим, набагато менша кількість електричної енергії. По-друге, з початком повномасштабної війни в Україні, заклад був вимушений на деякий час призупинити свою роботу, а зараз, під час повітряної тривоги, теж припиняє своє функціонування до зникнення загрози. Таким чином, обсяг споживання електроенергії у 2022-2023 роках порівняно зменшився (рис.1.7). Також, можна помітити, що у листопаді та грудні 2022 року споживання електричної енергії було

порівняно менше. Причиною були постійні відключення світла та відсутність генераторів для забезпечення роботи закладу.

Порівняння фактичної кількості спожитої закладом електричної енергії за 2022 рік зі встановленими лімітами наведено на рисунку 1.8.

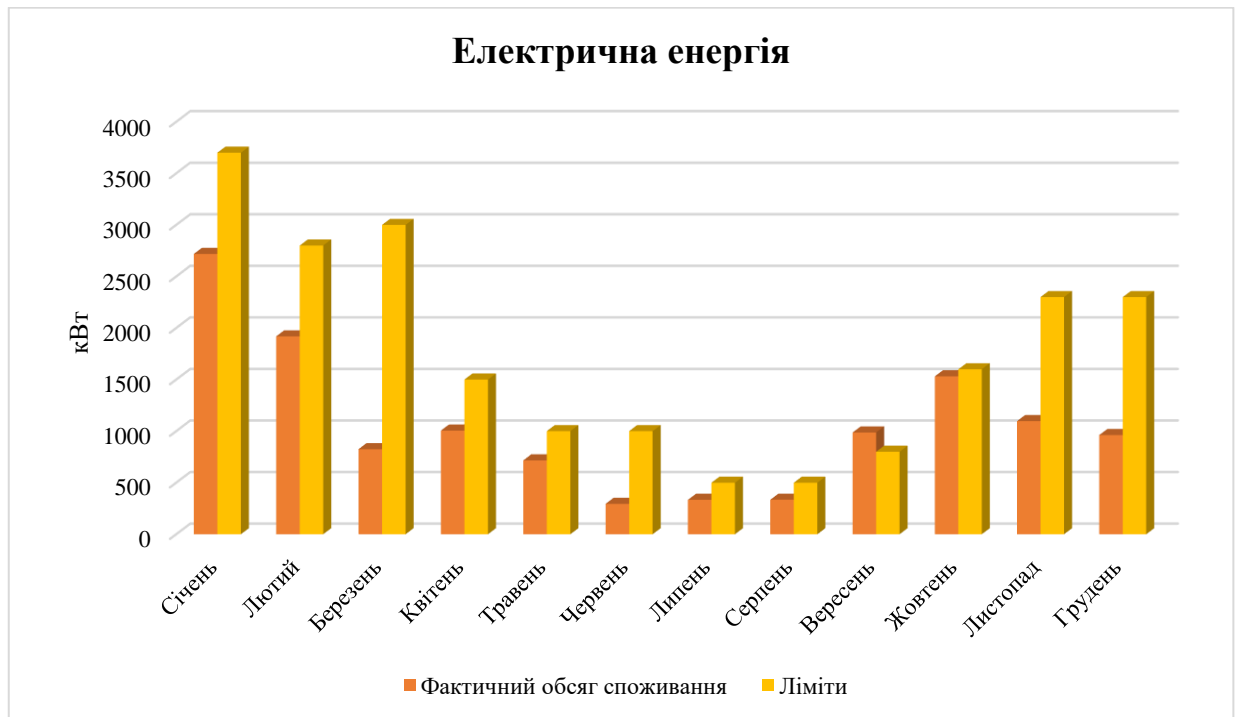


Рисунок 1.8 – Порівняння фактичної кількості спожитої закладом електричної енергії за 2022 рік зі встановленими лімітами

Згідно норм споживання [12] електричної енергії для навчальних корпусів вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень) з кондиціонуванням повітря [12, табл. 8.7] для Сумської області нормативне значення споживання електричної енергії на одну дитину складає 43 кВт·год в рік. Фактичним споживанням на одну дитину є:

- за 2020 рік: 47,22 кВт·год/дитина;
- за 2021 рік: 62,49 кВт·год/дитина.
- за 2022 рік: 36,36 кВт·год/дитина.

Фактичне споживання близьке до нормативного показника. Є необхідність в подальшій економії споживання електроенергії.

### 1.4.3 Аналіз обсягів споживання води

Кількість води, спожитої будівлею закладу за 2020-2023 роки наведена на рисунку 1.9.

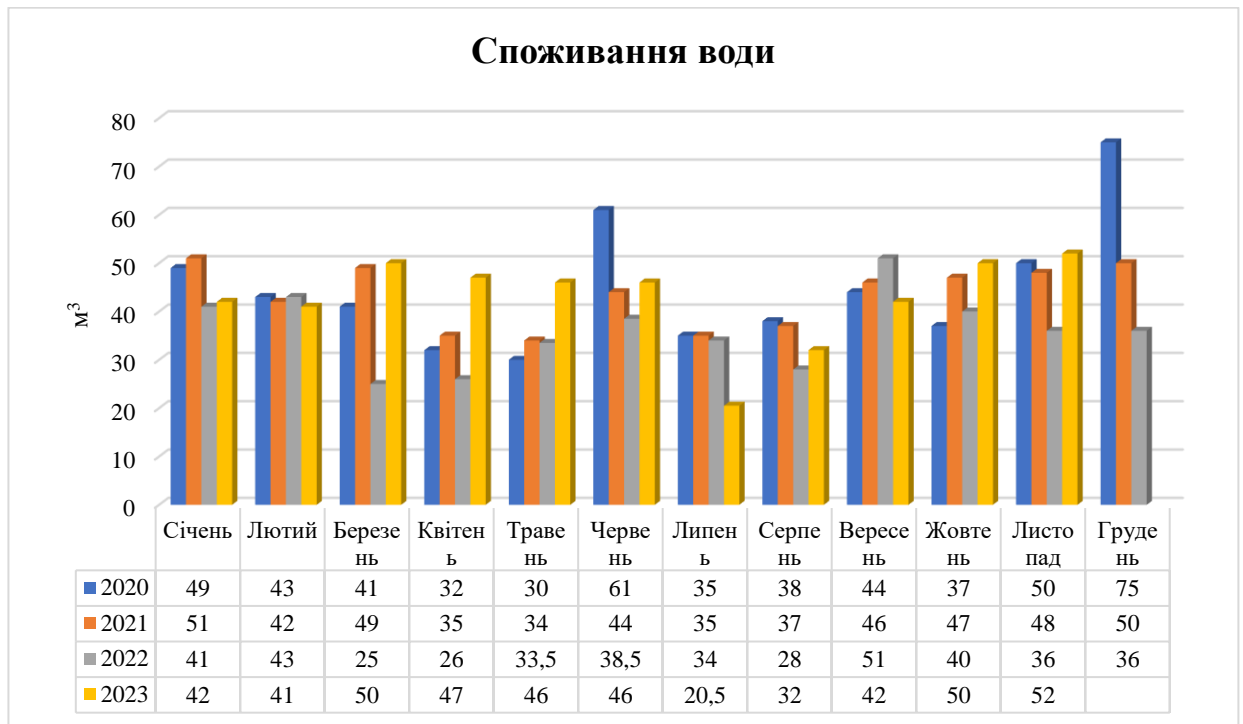


Рисунок 1.9 – Обсяг споживання води закладом за 2020-2023 роки

За 2020 рік заклад спожив 535 м<sup>3</sup> води, за 2021 рік – 518 м<sup>3</sup>, за 2022 рік – 432 м<sup>3</sup>.

Варто зазначити, що у червні 2023 року лічильник був знятий на повірку та повернутий лише 10 липня 2023 року. Тому дані по споживанню води закладом за червень – це осереднене значення, а кількість спожитої води за липень подавалась всього за 21 день.

Порівняння фактичної кількості спожитої закладом води за 2022 рік зі встановленими лімітами наведено на рисунку 1.10.

Проаналізувавши динаміку споживання води, можна зробити висновки. По-перше, ліміти було знижено на 40%, і в деяких місяцях (як видно з рисунку 1.10, червень-вересень) заклад має потребу в воді значно вище встановлених лімітів. По-друге, заклад працює цілий рік, без канікул, тому влітку потребує велику кількість

води, на відміну від холодного періоду року. Оскільки в закладі не передбачене гаряче водопостачання, взимку холодною водою, зазвичай, користуються менше. Також, з рисунку 1.10 видно, що у період з березня по червень 2022 року споживання води було найменшим. Причиною цього є початок повномасштабного вторгнення, через що заклад на деякий час припинив свою роботу (в закладі знаходився тільки персонал).

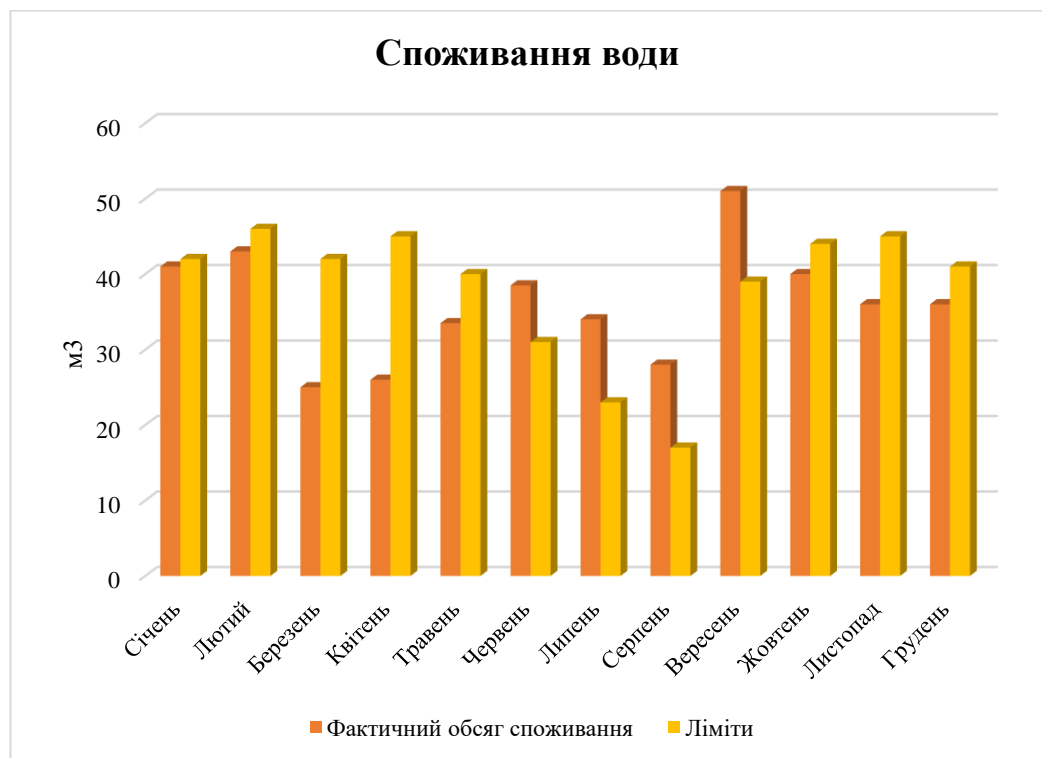


Рисунок 1.10 - Порівняння фактичної кількості спожитої закладом води за 2022 рік зі встановленими лімітами

Технічний аналіз споживання води проводиться згідно з нормами витрат води споживачами на одну особу [13]. Ця норма для навчального закладу [13, табл. А.2] становить 20 л/дитина. Фактичне споживання води за попередні роки:

- 2020 рік: 6,11 л/дитина в день;
- 2021 рік: 5,92 л/дитина в день.
- 2022 рік: 4,94 л/дитина в день.

Фактичний показник не перевищує норми.

#### 1.4.4 Проміжний висновок

Щоб провести аналіз можливого потенціалу економії ресурсів, на рисунку 1.11 зображена вартість спожитих енергоресурсів та води за 2023 рік (без урахування грудня місяця 2023 року).

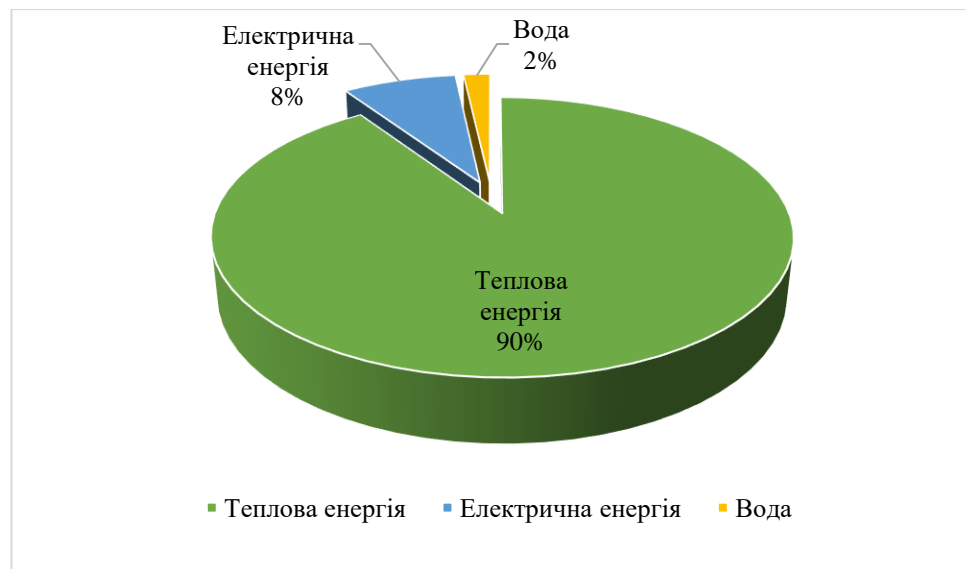


Рисунок 1.11 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2023 рік (без урахування грудня місяця)

З рисунку 1.11 добре видно, що Центр науково-технічної творчості молоді найбільшу кількість фінансів витрачає на оплату теплової енергії. Тому першочергові заходи по підвищенню енергоефективності функціонування системи енергозабезпечення будівлі будуть спрямовані саме на зменшення витрат на опалення.

#### 1.5 Аналіз ефективності роботи систем теплопостачання

Задля надання об'єктивного висновку щодо ефективності споживання теплової енергії на опалення будівлі обстежуваного закладу, варто здійснити порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами. Аналіз ефективності роботи системи опалення Центру

науково-технічної творчості молоді варто проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, де середньомісячні температури знаходяться у діапазонах нормативних показників [14;15;16].

Питома потреба (EP) – 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 [17, п.4].

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

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

$V_{буд}^{оп}$  – опалювальний об'єм будинку, м<sup>3</sup>.

Критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність будівель в цілому чи їх відокремлених частин (за умови їх автономності) є виконання умови [17, п.4.2]:

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

де EP – річне розрахункове або фактичне значення загального показника питомого енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, що визначають згідно з формулою (1.1), кВт·год/м<sup>3</sup>;

$EP_{max}$  – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м<sup>3</sup> [17, п.4.2].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд навчальних закладів першої температурної зони становлять [17]:

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

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловтрати на опалення будівлі по опалювальним періодам становлять:



- Опалювальний період 2020-2021 рік – 201,422 Гкал/рік;
- Опалювальний період 2021-2022 рік – 173,120 Гкал/рік;
- Опалювальний період 2022-2023 рік – 178,289 Гкал/рік.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- Опалювальний період 2020-2021 рік – 0,032 Гкал/м<sup>3</sup>;
- Опалювальний період 2021-2022 рік – 0,027 Гкал/м<sup>3</sup>.
- Опалювальний період 2022-2023 рік – 0,028 Гкал/м<sup>3</sup>.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить –  $EP = 0,029$  Гкал/м<sup>3</sup>.

Після порівняння фактичних і нормованих показників споживання теплової енергії, можна зробити висновок: отриманий результат за роками по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2). Враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що загальний стан огорожувальних конструкцій будівлі закладу знаходяться у незадовільному стані та не відповідають сучасним вимогам з опору теплопередачі. Задля дотримання встановлених для будівлі лімітів по теплоспоживанню, у закладі застосовується «ручне» регулювання засувками. При цьому, за відсутності пристроїв автоматичного погодозалежного регулювання теплового потоку, що надходить до системи опалення будівлі, регулювання відбувається без чіткого визначення його необхідної миттєвої величини та без відповідної методики прогнозування рівня теплоспоживання. Це призводить до того, що у деякі періоди опалювального року відбувається надлишковий відбір теплоти, а у деякі недостатній відбір теплоти. Також, кількісне регулювання теплоносія без відповідного спеціалізованого обладнання, призводить до порушень циркуляції теплоносія в системі опалення будівлі. Як наслідок цього – нерівномірний прогрів приміщень закладу.

З метою виправлення описаної ситуації пропонується впровадження автоматизованої системи моніторингу споживання теплової енергії, етапи впровадження якої включають у т. ч. теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі та проведення інструментальних вимірювань для визначення їх фактичного теплового стану.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 2.1 Розрахунковий аналіз стану огорожувальних конструкцій будівлі

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умови [17, п.5.1]:

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

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

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

У таблиці 2.1 наведено перелік матеріалів, з яких виконані конструктивні елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР, товщини шарів та відповідні теплопровідності.

Задля того, щоб визначити подальші напрямки модернізації функціонування системи теплозабезпечення будівлі необхідно спочатку визначити дійсні опори теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі та порівняти їх значення з нормативними показниками.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР отримані відповідно до методики у наданій документації [18] та представлені у таблиці 2.2 [17, табл.1; 19, дод. Б, табл. 15].

Таблиця 2.1 – Матеріали, з яких виконано зовнішні огорожувальні конструкції будівлі закладу

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, $\delta_i$ , м	Теплопровідність, $\lambda_i$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	Стіни	Цементно-піщана штукатурка	0,01	1,20
		Гіпсобетон	0,40	0,35
		Цементно-піщана штукатурка	0,02	1,20
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,40
		Цементна стяжка	0,03	0,12
		Гравій керамзитовий	0,15	0,20
		Рубероїд	0,09	0,17
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	-	-
		Дерев'яні	-	-
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92
		Цементна стяжка	0,03	1,40
		Лінолеум ПВХ	0,003	0,35
5	Двері	Дерев'яні	0,05	0,23
		Сталеві	0,003	58
		Металопластикові	0,05	0,43

Наявний опір теплопередачі стін та інших конструктивних елементів  $R_{\Sigma \text{пр}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  має бути не менше, ніж  $R_{qmin}$  (2.1), який визначається з санітарно-гігієнічних умов та з умов енергозбереження [19, пункт 1].

Термічний опір  $i$ -го шару конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  [19, пункт 1.1]:

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

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкцій в розрахункових умовах експлуатації,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [19, дод. Б, табл. 15].

Дійсний опір теплопередачі  $R_{\Sigma \text{пр}}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , для огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за умовою [19, пункт 1.3]:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{a_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{a_3} = \frac{1}{a_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{a_3}, \quad (2.3)$$

де  $a_B, a_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, які дорівнюють 8,7 та 23 відповідно Вт/(м<sup>2</sup>·К) [19, дод. Б, табл. 9];

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [19, дод. Б, табл. 15];

$n$  - кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м<sup>2</sup>·К/Вт.

Якщо  $R_{\Sigma \text{ пр}} > R_{qmin}$  – огорожувальні конструкції задовольняють теплотехнічні норми. Якщо  $R_{\Sigma \text{ пр}} < R_{qmin}$  – теплозахисні властивості конструкцій мають незадовільне значення та не відповідають нормам [17]. Цей факт свідчить про необхідність впровадження енергозберігаючих заходів задля збільшення опору теплопередачі.

Термічний опір теплопередачі стін визначається за формулою (2.3) та дорівнює:

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{ст}} = 1,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору стін з нормованим [17, табл.1].

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{ст}} = 1,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} < R_{g \text{ min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Оскільки фактичне значення термічного опору менше ніж нормоване, рекомендується утеплити стіни для збільшення опору, та зменшення тепловтрат.

Термічний опір теплопередачі даху визначається за формулою (2.3) та дорівнює:

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дах}} = 1,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Порівняємо фактичне значення термічного опору даху з нормованим [17, табл.1].

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дах}} = 1,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{g \text{ min}} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Виходячи з вищенаведеного порівняння, можна зробити висновок про необхідність утеплення даху будівлі закладу задля збільшення опору теплопередачі та зменшення тепловтрат через огороджувальні конструкції.

Перед визначенням термічного опору теплопередачі вікон слід зазначити, що будівля Центру науково-технічної творчості молоді СМР має два типи вікон – це дерев'яні з подвійним склопакетом  $R_{\Sigma \text{ пр}} = 0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  та металопластикові з двокамерним склопакетом  $R_{\Sigma \text{ пр}} = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Таким чином, осереднений термічний опір вікон:

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{вк}} = \frac{0,2+0,64}{2} = 0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Порівнюючи вищенаведене фактичне значення з нормованим ( $R_{g \text{ min}} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ) [17, табл.1], можна зробити однозначний висновок про те, що вікна закладу потребують модернізації.

Термічний опір теплопередачі підлоги визначається за формулою (2.3) та дорівнює:

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{підл}} = 0,43 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Розрахунковий (фактичний) показник опору теплопередачі підлоги значно менше від нормованого ( $R_{g \text{ min}} = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ) [17, табл.1], тому будівля закладу потребує заходів з модернізації підлоги задля посилення опору теплопередачі та зменшення тепловитрат.

Розрахуємо термічний опір теплопередачі дверей. Центр науково-технічної творчості молоді налічує 3 типи дверей:

- 1) Дерев'яні двері товщиною 0,05 м,  $\lambda_{10} = 0,23$  Вт/(м·К);
- 2) Сталеві двері товщиною 0,003 м,  $\lambda_{11} = 58$  Вт/(м·К);
- 3) Металопластикові двері товщиною 0,05 м,  $\lambda_{11} = 0,43$  Вт/(м·К).

Термічний опір теплопередачі окремо для кожного типу дверей визначається за формулою (2.3) та дорівнює:

$$R_{\Sigma пр}^{д.дв.} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

$$R_{\Sigma пр}^{ст.дв.} = 0,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

$$R_{\Sigma пр}^{м.п.дв.} = 0,27 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Осереднений термічний опір дверей:

$$R_{\Sigma пр}^{дв.} = 0,27 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Оскільки нормована величина термічного опору теплопередачі дверей дорівнює  $R_{g \min} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [17, табл.1], то можна зробити висновок, що двері закладу потребують модернізації задля підвищення енергоефективності.

У таблиці 2.2 наведене наглядне порівняння опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі з нормованими показниками [17, табл.1].

Проаналізувавши отримані результати у таблиці 2.2 ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{g \min}$ ) можна зробити висновок, що дійсний опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій не відповідає нормативним вимогам [17]. Таким чином, теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій є незадовільними, що вимагає негайного впровадження енергозберіжних заходів задля посилення їх опору теплопередачі.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

№ п/п	Огороджувальна конструкція	$R_{\Sigma пр},$ $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$		$R_{q min},$ $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	1,32		4,0
2	Суміщене покриття	1,61		7,0
3	Вікна	0,64	0,42	0,9
		0,2		
4	Підлога	0,43		5,0
5	Двері	0,38	0,27	0,7
		0,16		
		0,27		

## 2.2 Теплові втрати через огорожувальні конструкції будівлі

Розрахунок теплових витрат через стіни, світлові та дверні прорізи, стелю, дахові перекриття, неутеплену підлогу і так далі – визначається за наступною формулою [19, пункт 2.1]:

$$Q_0 = \frac{F_{орг}}{R_0} \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

де  $F_{орг}$  – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції по внутрішнім межах, м<sup>2</sup>;

$R_0$  – опір теплопередачі стін та інших прозорих та непрозорих конструктивних елементів. Для визначення тепловтрат для дійсного стану підставляють  $R_{\Sigma пр}$ , для визначення тепловтрат при правильній утепленій конструкції підставляється  $R_{qmin}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт;

$t_b, t_3$  – відповідно температури всередині приміщення і розрахункові температури зовнішнього повітря [14, табл.2], °С;

$n$  – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні відносно зовнішнього повітря [19, дод. Б, табл. 12].

Температура всередині приміщення Центру науково-технічної творчості молоді під час вимірювання термометром складала 19°С, що не відповідає вимогам [17, табл.Б2].

Згідно нормативів [14;17], місто Суми розташоване у I температурній зоні України, тому приймаються наступні розрахункові температурні величини:

- 1) Значення внутрішньої температури приміщень  $t_b = 19^\circ\text{C}$ ;
- 2) Температура зовнішнього повітря  $t_{3,p} = -25^\circ\text{C}$  [14, табл.2; 17].

Теплові втрати через зовнішні стіни розраховуються з формули (2.4):

$$Q_{ст} = \frac{1612,61}{1,32} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 53\,753,6 \text{ Вт} = 53,75 \text{ кВт.}$$

Розрахунок додаткових тепловтрат через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків [19, пункт 2.2] відбувається за наступною формулою:

$$Q_{ор}^{дод} = Q_{ст} \cdot \beta_{ор}, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

де  $Q_{ст}$  – тепловтрати крізь зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{ор}$  – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни для сторін світу. Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати  $\beta_{ор} = 0,13$  - при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Розрахуємо додаткові теплові витрати крізь зовнішні стіни будівлі згідно формули (2.5):

$$Q_{ор}^{дод} = 53\,753,6 \cdot 0,13 = 6987,97 \text{ Вт.}$$



Проведемо розрахунок тепловтрат через підлогу за допомогою формули (2.4):

$$Q_{\text{підл}} = \frac{1170}{0,43} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 119\,720,93 \text{ Вт} = 119,72 \text{ кВт.}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташовані на ґрунті або над холодними підвалами розрахуємо згідно методики [19, пункт 2.2] за формулою:

$$Q_{\text{підв}}^{\text{дод}} = 0,05 \cdot Q_{\text{підл}}, \text{ Вт.} \quad (2.6)$$

Таким чином,

$$Q_{\text{підл}}^{\text{дод}} = 0,05 \cdot 119\,720,93 = 5986,05 \text{ Вт.}$$

Теплові втрати через дах розраховуються з формули (2.4):

$$Q_{\text{даху}} = \frac{1170}{1,61} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 31\,975,16 \text{ Вт} = 31,98 \text{ кВт.}$$

Проведемо розрахунок теплових витрат через три види дверей згідно формули (2.4):

1) Через двері з металопластику:

$$Q_{\text{м.дв}} = \frac{6,98}{0,27} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 1137,48 \text{ Вт.}$$

2) Через двері зі сталі:

$$Q_{\text{ст.дв}} = \frac{6,90}{0,16} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 1897,5 \text{ Вт.}$$

3) Через двері з дерева:

$$Q_{д.дв} = \frac{11,72}{0,38} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 1357,05 \text{ Вт.}$$

Теплові витрати через вікна розраховуються з формули (2.4):

1) Через металопластикові вікна:

$$Q_{м.вік} = \frac{92,93}{0,64} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 6388,94 \text{ Вт.}$$

2) Через дерев'яні вікна:

$$Q_{д.вік} = \frac{312,87}{0,2} \cdot (19 - (-25)) \cdot 1 = 68\,831,4 \text{ Вт} = 68,83 \text{ кВт.}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи [19, пункт 2.3]:

$$Q_{вкн}^{інф} = 0,28 \cdot G_{н\,вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з}), \text{ Вт} \quad (2.7)$$

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

$t_{в}, t_{з}$  – відповідно температури усередині приміщення і розрахункового зовнішнього повітря  $\text{°C}$ ;

$G_{н\,вкн}$  – кількість інфільтрованого повітря через нещільність віконного огороження. Для розрахунків беруть нормативну повітропроникність віконних прорізів [19, дод. Б, табл. 13]  $G_{н\,вкн} = 6 \text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ ;

$F_{вкн}$  – площа віконних прорізів,  $\text{м}^2$ .

Тобто,

$$Q_{вкн}^{інф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 405,8 \cdot 1,005 \cdot (19 - (-25)) = 30\,146,72 \text{ Вт} = 30,15 \text{ кВт.}$$

Додаткові тепловтрати на витягну (природну) вентиляцію з припливом зовнішнього повітря крізь спеціальні вентиляційні отвори розраховуються згідно методики [19, пункт 2.3] наступним чином:

$$Q_B = 0,28 \cdot V_{\Pi} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_B - t_3) \cdot n_K \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

де питома теплоємність повітря, яка дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;

$t_B$  і  $t_3$  – температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря °С;

$V_{\Pi}$  – внутрішній об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – густина повітря, яке видаляється з приміщення,  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>;

$n_K$  – кратність повітрообміну приміщення, год<sup>-1</sup>;

$k_V$  – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розташування в ньому різного обладнання, приймаємо  $k_V = 0,85$  [19, пункт 2.3].

Визначення середньої кратність повітрообміну за годину громадського будинку визначається за формулою [19, пункт 2.3]:

$$n_K = \frac{\left| \left( \frac{L_V \cdot n_V}{24} \right) + \left( \frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_C} \right) \right|}{v_V \cdot V_{\Pi}}, \text{ год}^{-1} \quad (4.9)$$

де  $L_V$  – кількість припливного повітря в будинок у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, м<sup>3</sup>/год, для навчальних закладів  $7 \times F_p$ ;

$v_V$  – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для виконання розрахунків приймається  $v_V = 0,85$ ;

$F_p$  – розрахункова площа будівлі, м<sup>2</sup>;

$n_V$  – кількість годин роботи вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$  – кількість годин інфільтрації повітря всередину протягом однієї доби, год, для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 24 год;

$G_{\text{інф}}$  – кількість повітря, що інфільтрується крізь огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, беруть  $G_{\text{інф}} = 0,5 \cdot v_V \cdot V_{\text{П}}$ ;

$\eta$  – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,8;

$\rho_c$  – середня густина повітря, що надходить у приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, розраховують з формули (2.10).

Середня густина повітряних мас розраховується наступним чином:

$$\rho_c = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (t_B + t_{\text{ср оп}})}, \quad (2.10)$$

де  $t_{\text{ср оп}}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря [14, табл.2].

Проводимо розрахунки. Спочатку потрібно знайти середню густину повітряних мас за формулою (2.10):

$$\rho_c = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (19 + (-1))} = 1,25$$

Далі розраховуємо середню кратність повітрообміну згідно з формулою (2.9):

$$n_k = \frac{\left| \left( \frac{6,44 \cdot 1170 \cdot 24}{24} \right) + \left( \frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 6300 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,25} \right) \right|}{0,85 \cdot 6300} = 1,73 \text{ год}^{-1}$$

Тоді додаткові теплові витрати через витяжну (природну) вентиляцію розраховується згідно формули (2.8):

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 6300 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (19 - (-25)) \cdot 1,73 \cdot 0,85 = 149\,116,5 \text{ Вт} = 149,12 \text{ кВт.}$$

Сумарні тепловтрати будівлі дорівнюють:

$$\sum Q_{\text{витр}} = 60,74 + 31,98 + 105,37 + 125,71 + 4,39 + 149,12 = 477,3 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо відсоток тепловтрат через стіни та інші конструктивні елементи будівлі закладу від загальних теплових витрат. Результати розрахунку наведено у на рисунку 2.1 та у таблиці 2.3.

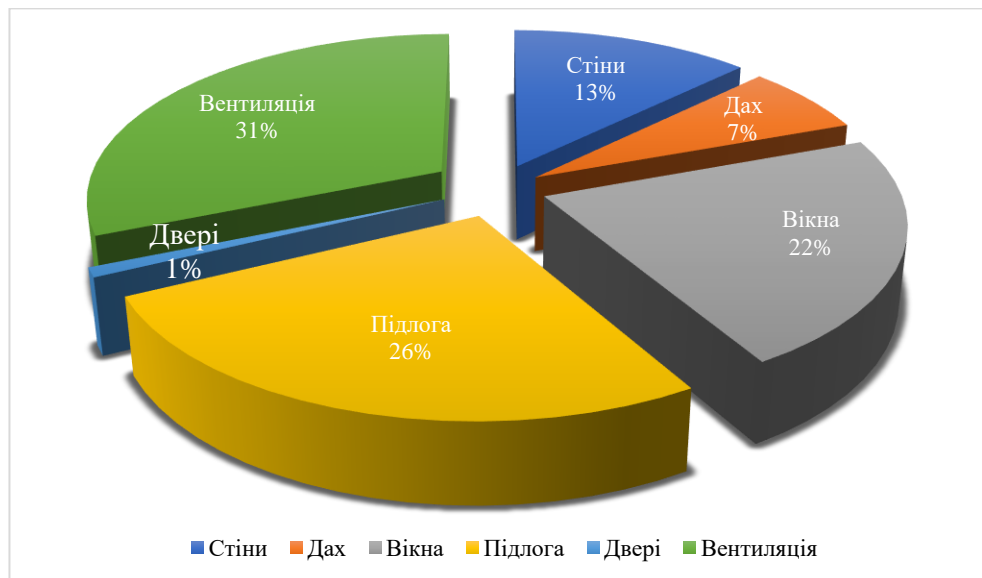


Рисунок 2.1 – Структура розподілу теплових витрат крізь стіни та інші конструктивні елементи будівлі

Аналізуючи проведений розрахунок теплових витрат, можна зробити висновок, що найбільша кількість тепловтрат припадає на вентиляцію – 149,12 кВт (31%), підлогу – 125,71 кВт (26%), вікна – 105,37 кВт (22%) та стіни – 60,74 кВт (13%). Це означає, що саме ці «проблемні» зони підлягають першочерговим заходам з модернізації та підвищення енергоефективності.

Таблиця 2.3 - Структура розподілу теплових витрат крізь стіни та інші конструктивні елементи будівлі

Складова тепловтрат	Втрати теплоти, Вт	%
Стіни	60741,57	12,73
Дах	31975,16	6,7
Вікна	105367,06	22,07
Підлога	125706,98	26,34
Двері	4392,03	0,92
Вентиляція	149116,5	31,24
Всього	477299,3	100

### 2.3 Розрахунок теплонадходжень до будівлі

Теплонадходження від людей визначається згідно методики [19, пункт 3.1]:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}}, \text{ Вт} \quad (2.11)$$

де  $q_{\text{л}}$  – явні теплонадходження від людей, Вт [13, дод. Б, табл.11], жінки відділяють 85% теплоти і вологи від даних для чоловіків, а діти 75%;

$n_{\text{л}}$  – кількість людей (осереднена), які знаходяться у приміщенні протягом однієї години.

Усього в Центрі науково-технічної творчості молоді працює 60 чоловік, серед яких 19 чоловіків та 41 жінок. Кількість дітей – 300 в день. Таким чином, згідно з формулою (2.11), теплонадходження від людей дорівнюють:

$$Q_{\text{л}} = 19 \cdot 102,5 + 41 \cdot 102,5 \cdot 0,85 + 300 \cdot 102,5 \cdot 0,75 = 28\,582,13 \text{ Вт} = 28,58 \text{ кВт.}$$

Розрахунок теплонадходжень від джерел освітлення відбувається за наступною формулою [19, пункт 3.1]:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{л}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot n_{\text{св}} \cdot k_{\text{з}}, \text{ Вт} \quad (2.12)$$

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

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

$n_{\text{св}}$  – кількість однотипних джерел освітлення;

$k_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження освітлення.

У таблиці 2.4 наведений перелік типів освітлювальних приладів внутрішнього освітлення закладу.

Таблиця 2.4 – Система внутрішнього освітлення закладу

Тип освітлювального приладу	Потужність, Вт	Фактична кількість ламп, од
Лампа розжарювання	60	95
Люмінесцентна лампа	20	280
Світлодіодна лампа	10	35
Світлодіодний світильник	36	60

Коефіцієнт переводу електричної енергії в теплову для світлодіодних ламп становить 0,63, для ламп розжарювання – 0,95, а для люмінесцентних ламп – 0,4 [19, пункт 3.1]. Коефіцієнт завантаження освітлення  $k_{\text{з}}$  розраховуємо згідно методики [19, пункт 3.1]:

- Кількість робочих днів у 2022 році становила 257 днів [20]: весною та влітку – 132 робочих дні, а восени та зимою – 125 днів.
- Центр науково-технічної творчості молоді функціонує з 8:00 до 19:00.
- Освітлення у осінньо-зимовий період функціонує з 11:00 до 19:00 – 8 годин на добу.

Теплонадходження від ламп розжарювання потужністю 60 Вт, згідно формули (2.12):

$$Q_{\text{осв } 1} = 60 \cdot 0,95 \cdot 95 \cdot 8 = 43\,320 \text{ Вт} = 43,32 \text{ кВт.}$$

Теплонадходження від люмінесцентних ламп потужністю 20 Вт за формулою (2.12):

$$Q_{\text{осв } 2} = 20 \cdot 0,4 \cdot 280 \cdot 8 = 17\,920 \text{ Вт} = 17,92 \text{ кВт.}$$

Теплонадходження від світлодіодних ламп потужністю 10 Вт розраховується за формулою (2.12):

$$Q_{\text{осв } 3} = 10 \cdot 0,63 \cdot 35 \cdot 8 = 1764 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від світлодіодних світильників потужністю 36 Вт згідно з формулою (2.12):

$$Q_{\text{осв } 4} = 36 \cdot 0,63 \cdot 60 \cdot 8 = 10\,886,4 \text{ Вт} = 10,89 \text{ кВт.}$$

Таким чином, сумарна кількість теплонадходжень від джерел освітлення становить:

$$Q_{\text{осв}} = 43\,320 + 17\,920 + 1764 + 10\,886,4 = 73\,890,4 \text{ Вт} = 73,89 \text{ кВт.}$$

Розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації для будівель, що експлуатуються переважно у денний період доби розраховується за наступною формулою [19]:

$$Q_{\text{рад}} = q_c \cdot F_c \cdot k_{\text{в.п}} + q_T \cdot F_T \cdot k_{\text{в.п}}, \text{ Вт} \quad (2.13)$$

$q_c$ ,  $q_T$  – відповідно тепловий потік, що надходить через  $1\text{ м}^2$  скла, освітленого сонцем і в тіні,  $\text{Вт/м}^2$ ;



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

$k_{В.П}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу.

Отже, за формулою (2.13) теплонадходження від сонячної радіації становлять:

$$Q_{\text{рад}} = 250 \cdot 162,32 \cdot 0,5 + 100 \cdot 243,48 \cdot 0,5 = 32\,464 \text{ Вт} = 32,46 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплонадходження будуть дорівнювати:

$$\Sigma Q_{\text{над}} = 28,58 + 73,89 + 32,46 = 134,93 \text{ кВт.}$$

## 2.4 Розрахунок теплової потужності всієї будівлі

Згідно з методикою проведення розрахунків за методом збільшення показників [19], величина теплової потужності будівлі за весь опалювальний період визначається наступним чином:

$$Q_{\text{оп}} = Q_6 \cdot \frac{(t_B^{\text{ср}} - t_{\text{ср.п}})}{(t_B^{\text{ср}} - t_{\text{з.р}})} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (2.14)$$

де  $Q_6$  – тепла потужність за збільшеними показниками, Вт;

$t_B^{\text{ср}}$  – осереднена температура по приміщенням будівлі, °С;

$t_{\text{з.р}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для температурної зони, де розташована будівля, °С [14, табл.2];

$t_{\text{ср.оп}}$  – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °С [14, табл.2];

$n_{\text{оп}}$  – тривалість опалювального сезону.

Для визначення фактичної характеристики будівлі розраховується теплова потужність за збільшеними показниками [19, пункт 3.4], Вт:

$$Q_6 = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_6 \cdot (t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.п}}), \quad (2.15)$$

де  $a$  – поправковий коефіцієнт,  $a = 0,54 + \left( \frac{22}{t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.п}}} \right)$ ;

$q_{\text{пит}}^{\phi}$  – фактична питома опалювальна характеристика будівлі, Вт/м<sup>3</sup>·°С [19, пункт 3.4];

$V_6$  – зовнішній об’єм будівлі в межах опалювальних приміщень, м<sup>3</sup>;

Перш за все знаходять фактичну питому опалювальну характеристику будівлі [19, пункт 3.4], за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 2.2), Вт/м<sup>3</sup>·°С:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_6}{F_6} \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{стн}}} + g_0 \cdot \left( \frac{1}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{вкн}}} - \frac{1}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{стн}}} \right) \right) + \frac{1}{H_6} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{стл}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{пдлг}}} \right), \quad (2.16)$$

де  $P_6$  – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

$F_6$  – площа будівлі в межах периметра, м<sup>2</sup>;

$H_6$  – висота будівлі в межах опалювальних приміщень, м;

$g_0$  – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{стн}}$  – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м<sup>2</sup>·К/Вт (таблиця 2.2);

$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{стл}}$  – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (таблиця 2.2);

$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{пдлг}}$  – приведений опір теплопередачі підлоги будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт (таблиця 2.2);

$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{вкн}}$  – приведений опір теплопередачі вікон, м<sup>2</sup>·К/Вт (таблиця 2.2).

Отже, фактична питома опалювальна характеристика будівлі становить:

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{271}{1170} \cdot \left( \frac{1}{1,32} + 0,33 \cdot \left( \frac{1}{0,42} - \frac{1}{1,32} \right) \right) + \frac{1}{6,44} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{1,61} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,43} \right) = 0,6$$

Вт/м<sup>3</sup>·°С.

Тоді, згідно з формулою (2.15), теплова потужність будівлі за збільшеними показниками дорівнює:

$$Q_6 = \left(0,54 + \frac{22}{19 - (-25)}\right) \cdot 0,6 \cdot 6300 \cdot (19 - (-25)) = 172\,972,8 \text{ Вт.}$$

Далі переходимо до розрахунку теплової потужності будівлі за весь опалювальний період. Прийmemo за базовий порівняльний опалювальний період 2022-2023 159 діб (з 01.11.2022 по 08.04.2023) – 2816 год, середня температура зовнішнього повітря -  $-1^{\circ}\text{C}$  [16], зовнішня розрахункова температура -  $-25^{\circ}\text{C}$  [17]. Температура всередині приміщень  $-19^{\circ}\text{C}$ .

Отже,

$$Q_{\text{оп}} = 172\,972,8 \cdot \frac{(19 - (-1))}{(19 - (-25))} \cdot 159 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 300\,029,18 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Або,

$$Q_{\text{оп}} = 257,97 \text{ Гкал.}$$

Центр науково-технічної творчості молоді СМР надав облікові дані по споживанню закладом теплової енергії за прийнятий базовий порівняльний опалювальний період 2022-2023 (з 01.11.2022 по 08.04.2023). Згідно з цими даними, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення складають  $Q_{\text{ф.оп}} = 178,29$  Гкал (див. табл. 1.1). Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 30,89%.

Після ретельного аналізу порівняльних розрахунків, можна прийти до висновку, що будівля закладу не отримує необхідну кількість теплової енергії. Це може бути викликано порушенням температурного графіка в магістральних мережах, а також, що є дуже важливо, відсутністю відповідного обладнання для ефективного контролю та регулювання системи теплозабезпечення будівлі.

На рисунку 2.2 зображено порівняння графіку базового (фактичного) рівня споживання теплової енергії та графіку за нормативними показниками Центру науково-технічної творчості молоді СМР за опалювальний період 2022-2023 роки.

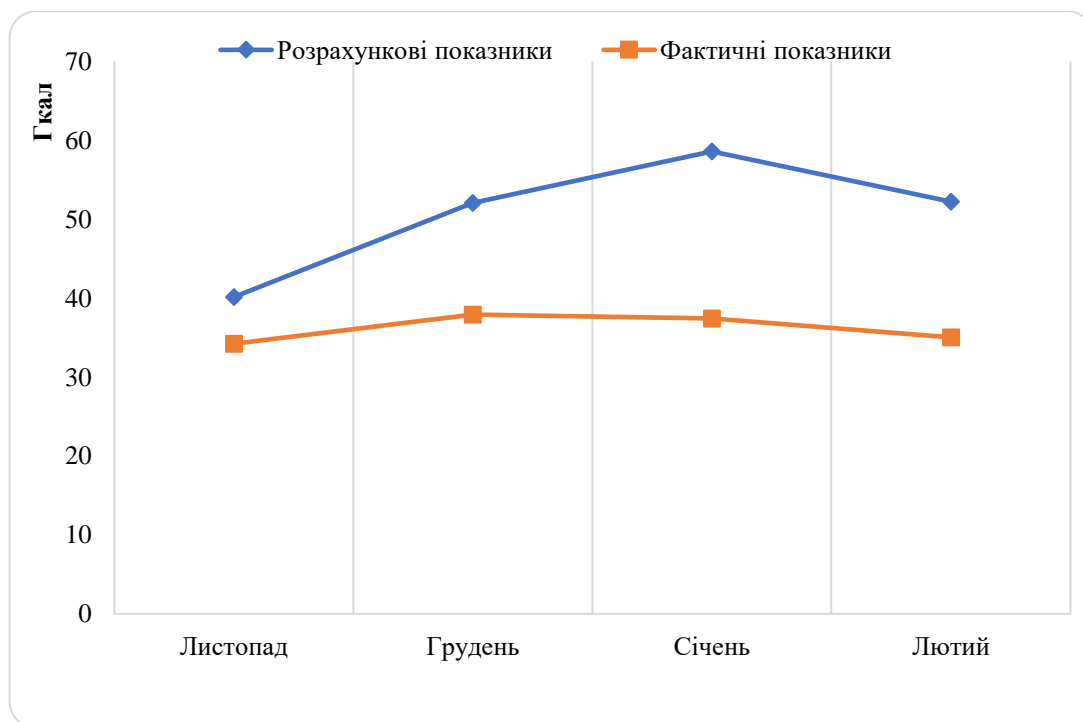


Рисунок 2.2 – Співвідношення базового теплоспоживання з розрахунковим теплоспоживанням за опалювальний період 2022–2023 роки

## 2.5 Запровадження першочергових заходів з енергозбереження

Для підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР, перш за все, потрібно приділити значну увагу стану огорожувальних конструкцій. З таблиці 2.2 добре видно, що термічні опори теплопередач стін, вікон, підлоги, даху, дверей значно менші за мінімально допустимі значення ( $R_{\Sigma пр} \ll R_{q\min}$ ). Це означає, що через них відбувається велика кількість тепловтрат (рисунок 2.1). Зважаючи на вищевикладене, ми пропонуємо запровадити першочергові заходи з енергозбереження.

### 2.5.1 Утеплення стін будівлі

Необхідно накласти негорючу [21, пункт 9.8] теплоізоляцію ззовні будівлі. Утеплення пропонується виконати базальтовою ватою теплопровідністю 0,04 Вт/(м<sup>2</sup>·К), яка відповідає нормам [22].

Розрахуємо необхідну товщину теплоізоляційного шару  $\delta_{ут}$ , м для утеплення стін будівлі [22, пункт 1]:

$$\delta_{ут} = [R_{q \min} - R_{\Sigma пр}] \cdot \lambda_{ут}, \text{ м} \quad (2.17)$$

де  $\lambda_{ут}$  – теплопровідність матеріалу, Вт/(м<sup>2</sup>·К) [19, дод. Б, табл. 15].

Отже, товщина теплоізоляційного шару дорівнює:

$$\delta_{ут} = [4 - 1,32] \cdot 0,04 = 0,1 \text{ м.}$$

Визначимо тепловтрати через стіни після впровадження заходу. Площа стін складає 1628,5 м<sup>2</sup>. Теплові втрати через цю поверхню складають 60 741,57Вт.

Таким чином, з формули (2.4):

$$Q_{ст}^2 = \frac{1628,5}{4} \cdot (20 - (-25)) = 18\,320,63 \text{ Вт.}$$

Економія витрат теплоти після утеплення стін:

$$\Delta Q_{ст} = 60\,741,57 - 18\,320,63 = 42\,420,94 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження заходу визначається за формулою:

$$Q_{ст}^{\text{Ек.рік}} = \Delta Q_{ст} \cdot \frac{(t_{в} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{в} - t_{з.р})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} \quad (2.18)$$

де  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4^{\circ}\text{C}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для Сумської області [14, табл.2];

$n_{\text{оп}} = 187$  – тривалість опалювального періоду, діб.

Тоді,

$$Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} = 42\,420,94 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 90\,538,73 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}.$$

Або

$$90\,538,73 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} \cdot 0,00086 = 77,86 \text{ Гкал}/\text{рік}.$$

У грошовому еквіваленті:

$$77,86 \cdot 2630,57 = 204\,816,18 \text{ грн}/\text{рік} = 204,82 \text{ тис. грн}/\text{рік}$$

Згідно інформації будівельного гіпермаркету «Епіцентр», вартість  $1\text{ м}^2$  плити базальтової вати BauGut Universell становить 173,6 грн [23]. Вартість робіт, включаючи матеріали по встановленню плит складає 450 грн/ $\text{м}^2$ .

Вартість впровадження цього першочергового енергозбережного заходу розраховується за формулою [22]:

$$K_{\text{зах}} = (K_{\text{осн}} + K_{\text{суп}}) \cdot F_{\text{ог.м}}, \text{ грн} \quad (2.19)$$

де  $K_{\text{осн}}$  – вартість придбання теплоізоляційного матеріалу, грн;

$K_{\text{суп}}$  – вартість монтажу ізоляції, грн;

$F_{\text{ог.м}}$  – площа огороджувального матеріалу,  $\text{м}^2$ .

Таким чином,

$$K_{\text{зах}} = (173,6 + 450) \cdot 1628,5 = 1\,015\,532,6 \text{ грн} = 1015,54 \text{ тис. грн}.$$

Визначимо термін окупності запровадження енергозбережного заходу по утепленню стін [22]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{зах}}}{\Delta E}, \quad (2.20)$$

де  $\Delta E$  – річна економія витрат після введення енергозбережного заходу.

Отже,

$$T_{\text{ок}} = \frac{1015,54}{204,82} = 4,96 \text{ роки.}$$

Далі визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу [24] за наступною формулою:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2.21)$$

де  $P_t$  – чистий грошовий потік (гроші надходження) у році  $t$ ;

$I_0$  – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

$r$  – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

$t_n$  – момент отримання першого доходу;

$T$  – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Для подальшого аналізу складемо таблицю Б1 у додатку Б. Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

$$NPV = 1360,01 - 1015,54 = 344,46 \text{ тис. грн.}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування проекту з енергозбереження. Розрахунки показали, що  $NPV > 0$ , дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Це означає, що

даний енергозберіжний захід є прибутковим та може бути впровадженим [24]. З урахуванням дисконтної ставки, проект окупується за 11 років. Чистий дохід становить 1360,01 тис. грн, а чистий дисконтований – 344,46 тис. грн.

Індекс дохідності PI розраховується відповідно до формули [24]:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+r)^t}}{I_0}, \text{ або } \frac{\text{приведена дисконтна вартість, грн}}{\text{чистий дохід, грн}}. \quad (2.22)$$

Таким чином,

$$PI = \frac{1360,01}{1015,54} = 1,34.$$

З результатів розрахунку видно, що  $PI > 1$ , це означає, що дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати, а значить проект є прибутковим і може бути реалізованим.

Розрахуємо IRR у програмі Microsoft Excel наступним чином (додаток Б, таблиця Б2):

1. Зазначаємо у клітинці J2 величину капітальних витрат (інвестицій);
2. У клітинках J3-J12 вказуємо величину чистого грошового потоку (економії) за кожен рік всього життєвого циклу проекту;
3. Прописуємо формулу  $IRR(J2:J17)$  у клітинці J18 та отримуємо результат У нашому випадку  $IRR=19\%$

З результатів розрахунку видно, що  $IRR > r$  – перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту. Тобто, даний енергозберіжний захід можна пропонувати для подальшого впровадження.

Дисконтований індекс окупності PP знаходимо за формулою [24]:

$$PP = m + \frac{I - P_m}{P_{m+1}}, \quad (2.23)$$

де  $(m + 1)$  – рік, у якому проект окупиться;



$P_{m+1}$  – дисконтовані грошові надходження за проектом в  $(m + 1)$ -му році;

$P_m$  – дисконтовані грошові надходження за проектом в кожному  $(m + 1)$ -му році.

Таким чином,

$$PP = 5 + \frac{1015,54 - 669,76}{607,58} = 5,57 \text{ років.}$$

У таблиці 2.5 представлені результати розрахунків по впровадженню першочергового енергозбережного заходу – утеплення стін будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Таблиця 2.5 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (утеплення стін будівлі)

<b>Перелік економічних показників</b>	<b>Результат</b>
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	1015,54
Грошовий потік (економія), тис.грн	204,82
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	344,46
Індекс дохідності	1,34
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	19
Дисконтований термін окупності, років	5,57

Цей енергозбережний проект є ефективним та може бути використаний як першочерговий захід з підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі заклалу.

### **2.5.2 Утеплення підлоги будівлі**

Утеплення підлоги пропонується мінеральною ватою Izovat, теплопровідністю 0,039 Вт/(м<sup>2</sup>·К), що є негорючою та відповідає нормам [22].

Розрахунок товщини теплоізоляції проводиться за формулою (2.17):

$$\delta_{\text{ут}} = [5 - 0,43] \cdot 0,039 = 0,18 \text{ м.}$$

Таким чином, пропонується утеплити підлогу мінеральною ватою товщиною 200 мм.

Тоді, втрати теплової енергії через підлогу після впровадження першочергового енергозбережного заходу (2.4):

$$Q_{\text{пдл}}^2 = \frac{1170}{5} \cdot (20 - (-25)) = 10\,530 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо очікувану економію витрат теплоти після утеплення огороджувальної конструкції - підлоги:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 125\,706,98 - 10\,530 = 115\,176,98 \text{ Вт.}$$

Тоді, згідно формули 2.18, економія теплової енергії після впровадження заходу:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} = 115\,176,98 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 245\,821,46 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік.}$$

Або

$$245\,821,46 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} \cdot 0,00086 = 211,41 \text{ Гкал}/\text{рік.}$$

У грошовому еквіваленті [22]:

$$211,41 \cdot 2630,57 = 556\,128,8 \text{ грн} = 556,13 \text{ тис. грн.}/\text{рік.}$$

Згідно інформації інтернет-магазину «Prom», вартість  $1\text{ м}^2$  мінеральної вати Izovat становить 588,4 грн. [26]. Вартість робіт, включаючи матеріали по встановленню плит складає 470 грн/ $\text{м}^2$ .

Вартість впровадження цього першочергового енергозбережного заходу розраховується з формули (2.19):

$$K_{\text{зах}} = (588,4 + 470) \cdot 1170 = 1\,238\,328 \text{ грн} = 1238,33 \text{ тис.грн.}$$

З формули (2.20) розрахуємо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = 1238,33 / 556,13 = 2,23 \text{ роки.}$$

Розрахунок чистого дисконтованого доходу NPV від запровадження першочергового заходу по утепленню підлоги представлений у таблиці 2.6.

Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

Таблиця 2.6 - Оцінка NPV (утеплення підлоги будівлі)

Рік	Інвестиційні (капітальні) витрати, т.грн	Грошовий потік (економія, дохід), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, т.грн	Чистий дисконтований дохід, т.грн
0	-1238,33	-1238,33	-1238,33	0	0	-1238,33
1	0	556,13	-682,2	0,86	478,27	-760,06
2	0	556,13	-126,07	0,74	411,54	-348,52
3	0	556,13	430,06	0,64	355,92	7,40
4	0	556,13	986,19	0,55	305,87	313,27
5	0	556,13	1542,32	0,48	266,94	580,22
Разом					1818,55	
IRR					35%	

$$NPV = 1818,55 - 1238,33 = 580,22 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином,  $NPV > 0$ . Виходячи з цього, можна зробити висновок, що даний енергозбережний захід є ефективним (прибутковим) та може бути впровадженим

[24]. Чистий дохід від цього заходу за 5 років становить 1818,55 тис. грн, чистий дисконтований – 580,22 тис. грн.

Індекс дохідності PI розраховується відповідно до формули (2.22):

$$PI = \frac{1818,55}{1238,33} = 1,47.$$

З цього виходить, що  $PI > 1$ , тобто проект є прибутковим та ефективним, що робить його привабливим для реалізації [24].

Згідно з наведеною вище методикою, значення IRR для утеплення огорожувальної конструкції (підлоги) становить 35%. Оскільки знайдене значення більше мінімальної ціни інвестицій для цього заходу, то даний проект є привабливим до реалізації.

Розрахуємо дисконтований індекс окупності утеплення підлоги за формулою (2.23):

$$PP = 3 + \frac{1238,33 - 1230,93}{320,67} = 3,02 \text{ років.}$$

У таблиці 2.7 представлені результати розрахунків по впровадженню першочергового енергозбережного заходу – утеплення підлоги будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Таблиця 2.7 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (утеплення стін будівлі)

<b>Перелік економічних показників</b>	<b>Результат</b>
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	1238,33
Грошовий потік (економія), тис.грн	556,13
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	580,21
Індекс дохідності	1,47
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	35
Дисконтований термін окупності, років	3,02

Цей енергозберіжний проект є ефективним та може бути використаний як першочерговий захід з підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі загалом.

#### 2.5.4 Утеплення даху будівлі

Утеплення суміжного перекриття із дахом пропонується напилюваним пінополіуретаном теплопровідністю  $0,02 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , що є негорючим та відповідає нормам [22].

Розрахунок товщини теплоізоляції даху проводиться за формулою (2.17):

$$\delta_{\text{ут}} = [7 - 1,61] \cdot 0,02 = 0,1 \text{ м.}$$

Втрати теплової енергії через дах після впровадження першочергового енергозберіжного заходу (2.4):

$$Q_{\text{пдл}}^2 = \frac{1170}{7} \cdot (20 - (-25)) = 7521,43 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо очікувану економію витрат теплоти після утеплення суміщеного перекриття - даху:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 31\,975,16 - 7521,43 = 24\,453,73 \text{ Вт.}$$

Тоді, згідно формули 2.18, економія теплової енергії після впровадження першочергового енергозберіжного заходу:

$$Q_{\text{ст}}^{\text{Ек.рік}} = 24\,453,73 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 52\,191,43 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік.}$$

Або

$$52\,191,43 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік} \cdot 0,00086 = 44,88 \text{ Гкал}/\text{рік.}$$

У грошовому еквіваленті [22]:

$$44,88 \cdot 2630,57 = 118\,072,16 \text{ грн} = 118,07 \text{ тис. грн./рік.}$$

Згідно інформації інтернет-магазину «Prom», вартість напилюваного поліуретанового утеплювача в балонах Polynor товщиною шару 0,1 м на 1м<sup>2</sup> становить 67 грн. [26]. Вартість робіт, включаючи матеріали по покриттю додаткового зовнішнього шару складає 600 грн/м<sup>2</sup>.

Вартість впровадження цього енергозбережного заходу розраховується з формули (2.19):

$$K_{\text{зах}} = (67 + 600) \cdot 1170 = 780\,390 \text{ грн} = 780,39 \text{ тис.грн.}$$

З формули (2.20) розрахуємо простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = 780,39/118,07 = 6,61 \text{ роки.}$$

Розрахунок чистого дисконтованого доходу NPV від запровадження першочергового заходу по утепленню суміжного перекриття (даху) представлений у додатку Б таблиці Б3.

Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

$$NPV = 997,69 - 780,39 = 217,30 \text{ тис. грн.}$$

З таблиці Б3 у додатку Б видно, що  $NPV > 0$ . Тому даний енергозбережний проект є прибутковим (ефективним) та є доцільним до запровадження [24]. Чистий дохід від цього заходу за 20 років становить 997,69 тис. грн, чистий дисконтований – 217,30 тис. грн.

Індекс дохідності PI розрахуємо відповідно до формули (2.22):

$$PI = \frac{997,69}{780,39} = 1,28.$$

Отже,  $PI > 1$ , що ще раз доводить привабливість цього проекту [24].

Згідно з наведеною вище методикою, значення IRR для утеплення огорожувальної конструкції (даху) становить 17%. Оскільки знайдене значення більше мінімальної ціни інвестицій для цього заходу, то даний проект є ефективним та доцільним до реалізації.

Розрахуємо дисконтований індекс окупності утеплення підлоги за формулою (2.23):

$$PP = 7 + \frac{780,39 - 475,82}{572,64} = 7,53 \text{ років.}$$

У таблиці 2.8 представлені результати розрахунків по впровадженню першочергового енергозбережного заходу – утеплення даху будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Таблиця 2.8 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (утеплення даху будівлі)

<b>Перелік економічних показників</b>	<b>Результат</b>
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	780,39
Грошовий потік (економія), тис.грн	118,07
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	217,30
Індекс дохідності	1,28
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	17
Дисконтований термін окупності, років	7,53

Цей енергозбережний проект є ефективним та може бути використаний як першочерговий захід з підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі заклалу.

### 2.5.5 Заміна дерев'яних вікон на металопластикові

Для покращення ситуації з тепловими втратами через вікна будівлі закладу пропонується замінити старі дерев'яні вікна на сучасні металопластикові Steko з двокамерним склопакетом [27].

Тепловтрати крізь віконні отвори після впровадження заходу складуть (4.4):

$$Q_{\text{ВКН}}^2 = \frac{312,87}{0,9} \cdot (20 - (-25)) = 15\,643,5 \text{ Вт.}$$

Економія витрат після заміни вікон розраховується за наступною формулою:

$$\Delta Q_{\text{СТ}} = Q_{\text{ВКН}}^1 - Q_{\text{ВКН}}^2 + Q_{\text{інф}}, \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Тоді,

$$\Delta Q_{\text{СТ}} = 68\,831,4 - 15\,643,5 + 30\,146,72 = 83\,334,62 \text{ Вт.}$$

Річна економія теплової енергії після впровадження цього першочергового енергозбережного заходу (2.18):

$$Q_{\text{СТ}}^{\text{Ек.рік}} = 83\,334,62 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 177\,860,52 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік.}$$

Або,

$$177\,860,52 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік} \cdot 0,00086 = 152,96 \text{ Гкал}/\text{рік.}$$

У грошовому еквіваленті ця економія складає [22]:

$$152,96 \cdot 2630,57 = 402\,371,99 \text{ грн} = 402,37 \text{ тис. грн.}/\text{рік.}$$



Згідно з інформацією в інтернет-магазині «Розетка», вартість одного вікна Steko з двокамерним склопакетом розміром 2080x1450мм становить 10 999 грн [28]. Кількість вікон, які необхідно замінити – 58 шт. Вікна Steko з двокамерним склопакетом розміром 1400x1400мм коштують 4951 грн. Їх необхідно встановити 73 шт. Демонтаж старих дерев'яних вікон буде коштувати 300 грн/шт, встановлення нових - 300 грн/м<sup>2</sup>.

Вартість впровадження цього енергозбережного заходу:

$$K_{\text{зах}} = 10\,999 \cdot 58 + 4951 \cdot 73 + 300 \cdot 131 + 300 \cdot 312,87 = 1\,132\,526 \text{ грн} = 1132,53 \text{ тис.грн.}$$

Простий термін окупності енергозбережного заходу згідно з формулою (2.20):

$$T_{\text{ок}} = \frac{1132,53}{402,37} = 2,8 \text{ роки.}$$

Розрахунок чистого дисконтованого доходу NPV від запровадження першочергового заходу заміни старих дерев'яних вікон на нові металопластикові з двокамерним склопакетом представлений у таблиці 2.9.

Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

$$NPV = 1315,75 - 1132,53 = 183,22 \text{ тис. грн.}$$

Згідно з наведеними у таблиці 2.9 розрахунками,  $NPV > 0$ , що означає прибутковість даного енергозбережного заходу. Таким чином, він може бути запропонованим на впровадження [24]. Чистий дохід від цього заходу за 5 років становить 1315,75 тис. грн, а чистий дисконтований дохід – 183,22 тис. грн.

Таблиця 2.9 – Оцінка NPV (заміна дерев'яних вікон на нові металопластикові)

Рік	Інвестиційні (капітальні) витрати, т.грн	Грошовий потік (економія, дохід), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, т.грн	Чистий дисконтований дохід, т.грн
0	-1132,53	-1132,53	-1132,53	0	0	-1132,53
1	0	402,37	-730,16	0,86	346,04	-786,49
2	0	402,37	-327,79	0,74	297,75	-488,74
3	0	402,37	74,58	0,64	257,52	-231,22
4	0	402,37	476,95	0,55	221,30	-9,92
5	0	402,37	879,32	0,48	193,14	183,22
Разом					1315,75	
IRR					23%	

Згідно формули (2.22) розрахуємо індекс дохідності PI:

$$PI = \frac{1315,75}{1132,53} = 1,16.$$

Даний розрахунок показує, що  $PI > 1$ , а значить проект є прибутковим та ефективним, що робить його привабливим для реалізації [24].

Згідно з наведеною вище методикою, значення IRR для енергозбережного заходу з заміни старих дерев'яних вікон на металопластикові становить 23%. Оскільки знайдене значення набагато більше мінімальної ціни інвестицій для цього заходу, то даний проект є привабливим до реалізації.

Розрахуємо дисконтований індекс окупності утеплення підлоги за формулою (2.23):

$$PP = 3 + \frac{1132,53 - 901,31}{241,14} = 3,96 \text{ років.}$$

У таблиці 2.10 представлені результати розрахунків по впровадженню першочергового енергозбережного заходу – заміни старих дерев'яних вікон на металопластикові з двокамерним склопакетом.

Таблиця 2.10 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (заміна старих дерев'яних вікон на нові металопластикові)

Перелік економічних показників	Результат
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	1132,53
Грошовий потік (економія), тис.грн	402,37
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	183,22
Індекс дохідності	1,16
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	23
Дисконтований термін окупності, років	3,96

Цей енергозбережний проект є ефективним та може бути використаний як першочерговий захід з підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі заклалу.

### 2.5.6 Розрахунок теплової потужності будівлі після впровадження першочергових заходів з енергозбереження

Розрахуємо фактичну питому опалювальну характеристику будівлі [19, пункт 3.4], за параметрами стану огорожувальних конструкцій після запровадження першочергових заходів з енергозбереження (2.16):

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{271}{1170} \cdot \left( \frac{1}{4} + 0,33 \cdot \left( \frac{1}{0,9} - \frac{1}{4} \right) \right) + \frac{1}{6,44} \cdot \left( 0,9 \cdot \frac{1}{7} + 0,6 \cdot \frac{1}{5} \right) = 0,16 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°C}.$$

Тоді, згідно з формулою (2.15), тепла потужність будівлі за збільшеними показниками після впровадження першочергових заходів з енергозбереження дорівнює:

$$Q_6 = \left( 0,54 + \frac{22}{20 - (-25)} \right) \cdot 0,16 \cdot 6300 \cdot (20 - (-25)) = 46\,670,4 \text{ Вт}.$$

Отже, величина теплової потужності будівлі за весь опалювальний період (кількість опалювальних днів – 187,  $t_{\text{ср.оп}} = -1,4^{\circ}\text{C}$  [14, табл.2]) згідно формули (2.14):

$$Q_{\text{оп}} = 46\,670,4 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 99\,608,32 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Або,

$$Q_{\text{оп}} = 85,66 \text{ Гкал.}$$

На рисунку 2.3 наведені порівняні значення теплової потужності будівлі за опалювальний період до та після впровадження першочергових енергозберіжних заходів.



Рисунок 2.3 – Порівняння значення теплової потужності будівлі за опалювальний період до та після впровадження першочергових енергозберіжних заходів

## 2.6 Встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю

Станом на сьогодні, персонал Центру науково-технічної творчості молоді вручну регулюють та налаштовують температуру теплопостачання та об'єм потоку теплоносія. Трубопроводи теплової мережі безпосередньо під'єднані до системи теплозабезпечення будівлі, що призводить до того, що теплоносій центральної мережі прокладається через всю опалювальну мережу споживача. Тобто, система опалення будівлі гідравлічно зв'язана з постачальником, при цьому тиск у системі та температура теплоносія регулюються централізовано.

У зв'язку з відсутністю автоматичного регулювання температури подачі теплоносія та неможливістю контролювати втрати, система працює неефективно. Таким чином, встановлення індивідуального пункту (ІТП) із системою автоматичного регулювання температури є одним із кроків до підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі. Він дозволяє адаптувати споживання тепла будівлею до її фактичного рівня, залежно від температури повітря, забезпечуючи автоматичне регулювання подачі теплової енергії.

Спираючись на теплову потужність будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР, нами було обрано індивідуальний тепловий пункт системи опалення за незалежною схемою моделі МТ-1200-24-СО українського виробництва з погодозалежним керуванням (принципова схема наведена на рисунку 2.4). Його вартість складає 258 300 грн [29].

Роботи з демонтажу старого теплового пункту та встановлення нового ІТП будуть коштувати 150 000 грн (60% від ціни теплового пункту). Таким чином, вартість запровадження даного заходу:

$$K_{\text{зах}} = 258\,300 + 150\,000 = 408\,300 \text{ грн} = 408,3 \text{ тис. грн.}$$

Практика встановлення індивідуальних теплових пунктів показала, що можлива реальна економія споживання теплової енергії (15-20%) [31; 32]. Для розрахунків припустимо, що споживання тепла будівлею закладу після

встановлення ПІТ зменшилося на 20 %. Тоді, економія від запровадження енергозбережного заходу:

$$Q_{\text{ІТП}}^{\text{Ек.рік}} = 177,72 \cdot 0,2 = 35,54 \text{ Гкал/рік.}$$

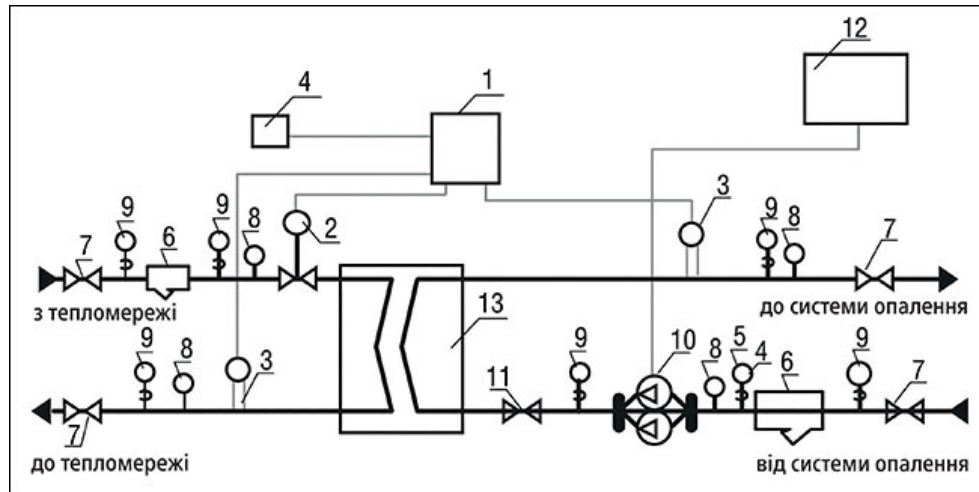


Рисунок 2.4 – Принципова схема модульного індивідуального теплового пункту за незалежною схемою: 1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – сенсор температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами; 13 – теплообмінник системи опалення [30]

У грошовому еквіваленті дана економія буде складати:

$$35,54 \cdot 2630,57 = 93\,490,46 \text{ грн} = 93,49 \text{ тис. грн./рік.}$$

Простий термін окупності для запровадження даного енергозбережного заходу визначається з формули (2.20):

$$T_{\text{ок}} = \frac{408,3}{93,49} = 4,37 \text{ років.}$$

Розрахунок чистого дисконтованого доходу NPV від встановлення сучасного теплового пункту представлений у додатку Б таблиці Б4.

Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

$$NPV = 620,77 - 408,3 = 212,47 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунку показали, що  $NPV > 0$ . Це означає, що встановлення індивідуального теплового пункту для будівлі Центру науково-технічної творчості молоді є ефективним заходом та може бути впровадженим [24]. Чистий дохід від цього заходу за 15 років становить 620,77 тис. грн, чистий дисконтований – 212,47 тис. грн.

Індекс дохідності PI розраховується відповідно до формули (2.22):

$$PI = \frac{620,77}{408,3} = 1,52.$$

Результат показав, що  $PI > 1$ , тобто проект є прибутковим та ефективним, що робить його привабливим для реалізації [24].

Згідно з наведеною вище методикою, значення IRR для встановлення індивідуального теплового пункту становить 22%. Так як це значення є більшим за мінімальну ціну інвестицій для цього заходу, то даний проект є привабливим до реалізації.

Дисконтований індекс окупності запровадження даного заходу розраховується за формулою (2.23):

$$PP = 5 + \frac{408,3 - 305,71}{166,85} = 5,61 \text{ років.}$$

У таблиці 2.11 представлені результати розрахунків по впровадженню індивідуального теплового пункту на опалення для будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Таблиця 2.11 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (встановлення індивідуального теплового пункту)

<b>Перелік економічних показників</b>	<b>Результат</b>
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	408,3
Грошовий потік (економія), тис.грн	93,81
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	620,77
Індекс дохідності	1,52
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	22
Дисконтований термін окупності, років	5,61

Варто зазначити, що запровадження цього заходу не впливає на величину тепловтрат будівлі, але дозволяє скоротити обсяги теплового споживання приблизно на 20% завдяки можливості регулювати подання теплової енергії в автоматичному режимі. В результаті цього, в грошовому еквіваленті, економія склала 93,49 тис. грн. на рік. Проведені розрахунки показали доцільність та ефективність запровадження даного енергозбережного заходу

## **2.7 Розрахунок геотермального теплового насоса для системи теплопостачання**

Даний проект спрямований на відмову від використання централізованої системи теплопостачання для потреб опалення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Геотермальний тепловий насос типу ґрунт-вода є найефективнішим видом отримання тепла з використанням теплового насоса. Існує два види: вертикальний із застосуванням свердловин та горизонтальний (рисунок 2.5). Перевагами даного виду теплового насосу є те, що температура ґрунту знаходиться на стабільному рівні (+5°C), а також не потрібні насоси для перекачки води між свердловинами. Недолік – ціна. Для геотермального опалення необхідно провести більшу кількість



робіт. Також, необхідно зазначити, що для нашого клімату опалення ґрунт-вода є найбільш оптимальним варіантом [33].

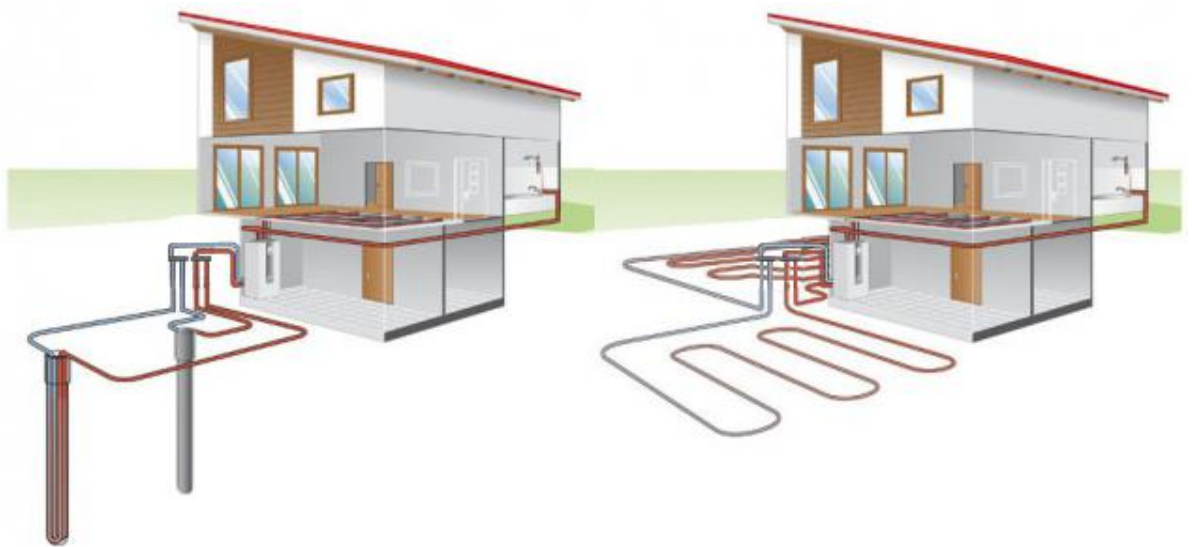


Рисунок 2.5 – Види отримання тепла за допомогою геотермального теплового насоса (ґрунт-вода) [33]

Для початку, необхідно розрахувати потужність насоса, яка буде необхідна для потреб опалення, з урахуванням його робочих годин, Вт [34]:

$$P_{\text{ТН}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot (24 - t_{\text{відк}} + 2)}{24}, \quad (2.25)$$

де  $Q_{\text{доб}}$  – добове споживання тепла, Вт;

$t_{\text{відк}}$  – час, коли електроенергія не подається, год.

Таким чином,

$$P_{\text{ТН}} = \frac{46\,670,4 \cdot (24 + 2)}{24} = 50\,559 \text{ Вт} = 50,56 \text{ кВт.}$$

Далі визначимо необхідний об'єм бака-акумулятора, м<sup>3</sup> [34]:

$$V_{\text{бак}} = \frac{P_{\text{ТН}} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t}, \quad (2.26)$$

де  $\Delta t$  – різниця температури хладагента між двома етапами процесу ( $\Delta t = 35^\circ\text{C}$ ).

Отже,

$$V_{\text{бак}} = \frac{50\,559 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot 35} = 1,24 \text{ м}^3 = 1240 \text{ л.}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насосу відбувається за наступною формулою, м [34]:

$$L = \frac{P_{\text{ТН}}}{q_c} \cdot \left(\frac{\varphi-1}{\varphi}\right), \quad (2.27)$$

де  $q_c$  – питомий тепловий потік (для розрахунків приймаємо  $q_c = 50 \text{ Вт/м}$  – середнє значення для вертикальних колекторів);

$\varphi$  – коефіцієнт перетворення теплового насосу (для розрахунків приймаємо  $\varphi = 6,56$  – температура в системі опалення  $55^\circ\text{C}$ , температура ґрунту  $5^\circ\text{C}$ ).

Таким чином,

$$L = \frac{50\,559}{50} \cdot \left(\frac{6,56-1}{6,56}\right) = 857 \text{ м.}$$

Кількість зондів обрано 11 шт. Довжина одного зонду 78 м. Місце для розміщення – територія біля закладу.

Після проведених розрахунків, нами було вибрано тепловий насос NIBE F1345 60 кВт (рисунок 2.6).

Даний тепловий насос має ряд переваг [35]:

- Клас енергоефективності А+++;
- Компактні розміри;
- Максимальна температура на виході  $65^\circ\text{C}$ ;
- Низький рівень шуму.



Рисунок 2.6 – Тепловий насос NIBE F1345 60 кВт [35]

Вартість цього теплового насосу становить 648 038 грн [35]. Монтаж складає 30% від його вартості. Для того, щоб заклад мав можливість опалюватися навіть за відсутності електроенергії, наприклад, при відключеннях світла взимку, ми пропонуємо додатково купити генератор бензиновий Комрак 16 кВт. Згідно інформації в інтернет-магазині Rozetka, вартість такого генератора становить 203 999 грн. [28].

Тоді загальна вартість запровадження даного заходу, враховуючи витрати на придбання генератора:

$$K_{\text{зах}} = 648\,038 \cdot 1,3 + 203\,999 = 1\,046\,448,4 \text{ грн} = 1046,45 \text{ тис. грн.}$$

Згідно з даними, які надав заклад, за 2022 рік було спожито 177,72 Гкал теплової енергії (табл.1.1). У грошовому еквіваленті це:

$$177,72 \cdot 2630,57 = 467\,504,9 \text{ грн} = 467,5 \text{ тис. грн.}$$

Простий термін окупності для запровадження даного енергозбережного заходу визначається наступним чином (2.20):

$$T_{ок} = \frac{1046,45}{467,5} = 2,24 \text{ роки.}$$

Розрахунок чистого дисконтованого доходу NPV від встановлення геотермального теплового насосу типу ґрунт-вода представлений у таблиці 2.12.

Ставка дисконтування, згідно з рішенням НБУ від 27.10.2023 [25], становить 16%.

Таблиця 2.12 - Оцінка NPV (встановлення геотермального теплового насосу)

Рік	Інвестиційні (капітальні) витрати, т.грн	Грошовий потік (економія, дохід), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, т.грн	Чистий дисконтований дохід, т.грн
0	-1046,45	-1046,45	-1046,45	0	0	-1046,45
1	0	467,5	-578,95	0,86	402,05	-644,4
2	0	467,5	-111,45	0,74	345,95	-298,45
3	0	467,5	356,05	0,64	299,2	0,75
4	0	467,5	823,55	0,55	257,13	257,88
5	0	467,5	1291,05	0,48	224,4	482,28
Разом					1528,73	
IRR					35%	

$$NPV = 1528,73 - 1046,45 = 482,28 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином,  $NPV > 0$ . Отже, встановлення геотермального теплового насосу для системи тепlopостачання будівлі Центру науково-технічної творчості молоді є ефективним заходом та може бути впровадженим [24]. Чистий дохід від цього заходу за 5 років становить 1528,73 тис. грн, чистий дисконтований – 482,28 тис. грн.

Індекс дохідності PI розраховується відповідно до формули (2.22):

$$PI = \frac{1528,73}{1046,45} = 1,46.$$

Оскільки  $PI > 1$  - проект є прибутковим та ефективним, що робить його привабливим для реалізації [24].

Згідно з наведеною вище методикою, значення IRR для встановлення геотермального теплового насосу на забезпечення опалення закладу становить 35%. Оскільки знайдене значення більше мінімальної ціни інвестицій для цього заходу, то даний проект є привабливим до реалізації.

Далі розрахуємо дисконтований індекс окупності запровадження даного заходу за формулою (2.23):

$$PP = 3 + \frac{1046,45 - 1045,7}{258,63} = 3,003 \text{ роки} = 3 \text{ роки.}$$

У таблиці 2.13 представлені результати розрахунків по впровадженню геотермального теплового насосу для системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР.

Таблиця 2.13 – Очікувані економічні показники від реалізації заходу з енергозбереження (встановлення геотермального теплового насосу)

<b>Перелік економічних показників</b>	<b>Результат</b>
Капітальні (інвестиційні) вкладення, тис.грн	1046,45
Грошовий потік (економія), тис.грн	467,5
Чистий дисконтований дохід, тис.грн	482,28
Індекс дохідності	1,46
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	35
Дисконтований термін окупності, роки	3

Геотермальний тепловий насос (грунт-вода) займає досить важливе місце в галузі альтернативної енергетики, забезпечує економічність та екологічність своєї експлуатації, а також стабільне надходження тепла без перебоїв та різких змін [37]. Наведені вище розрахунки (невеликий термін окупності та високе значення

внутрішньої норми дохідності) довели доцільність та прибутковість впровадження даного заходу.

## 2.8 Концепція встановлення сонячних панелей

Сонячна батарея – це фотоелектричний модуль, який «збирає» сонячне світло та використовує його для вироблення електроенергії. Зовнішній вигляд, потужність та можливості сонячних панелей відрізняються, в залежності від їх типу [38].

Переваги сонячних панелей [39]:

- Гарантія на термін служби до 25 років;
- Екологічність;
- Незалежність від генеруючих і обслуговуючих організацій;
- Оплата тільки за вартість обладнання.

На рисунку 2.7 зображена схема підключення сонячних панелей до споживача.

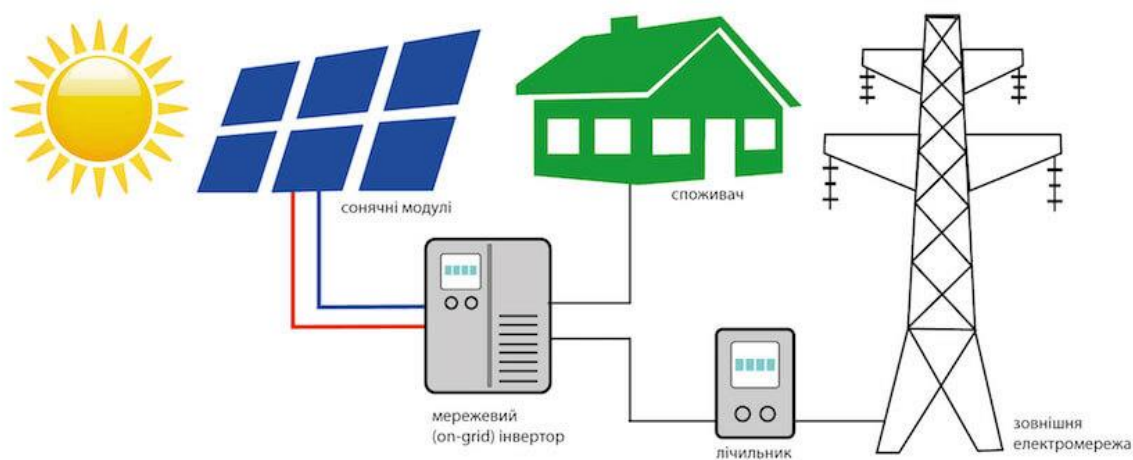


Рисунок 2.7 – Схема підключення мережевих сонячних панелей [40]

Ми пропонуємо встановлення сонячних панелей, електрична енергія від генерації яких буде покривати 30% загальної потреби закладу. Згідно з пунктом 1.3.2, загальна потужність основного енергоспоживаючого обладнання становить 69,25 кВт в день (враховуючи масляні обігрівачі, які використовують в холодний період року), тобто 20,78 кВт (30%). Інформація з таблиці 2.4 показує, потужність

системи освітлення закладу становить 13,81 кВт в день, тому 4,14 кВт (30%). Підраховуємо сумарну потужність споживачів :  $20,78 + 4,14 = 24,9$  кВт.

Нами було обрано мережевий інвертор SolarEdge SE25K для сонячних електростанцій потужністю 25 кВт (рисунок 2.8). Він здатний нормально функціонувати при температурі  $-25 \dots + 60^{\circ}\text{C}$ , має вбудовану систему моніторингу, а також можливість отримувати відомості про роботу системи дистанційно в режимі реального часу [41]. Згідно з інформацією в інтернет-магазині, мережевий інвертор SolarEdge SE25K коштує 91 920 грн [41].



Рисунок 2.8 - Мережевий інвертор SolarEdge SE25K для сонячних електростанцій потужністю 25 кВт [41]

Вхідна напруга інвертора  $U_{\text{інв}} = 600$  В,  $\text{ККД}_{\text{інв}} = 98\%$  [41]. Повне добове струмове навантаження на інвертор розраховується за формулою, А·год:

$$P = \frac{E_c}{U_{\text{інв}} \cdot \text{ККД}_{\text{інв}}}, \quad (2.28)$$

де  $E_c$  – середньодобове споживання електроенергії, кВт·год [42].

Середньодобове споживання електроенергії визначається наступним чином, кВт·год [42]:

$$E_c = \sum(p_i \cdot n_i \cdot t_i), \quad (2.29)$$

де  $p_i$  – потужність обладнання, кВт;

$n_i$  – кількість обладнання, шт;

$t_i$  – час роботи обладнання на добу, год.

Розрахуємо це значення для літнього та зимового періоду. Отже, для зими середньодобове споживання дорівнює (згідно з п.1.3.2 та табл. 2.4):

$$E_{\text{с.зима}} = (0,4 \cdot 30 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 \cdot 1 + 1,5 \cdot 10 \cdot 5 + 1,6 \cdot 25 \cdot 4 + 0,5 \cdot 1 \cdot 3) + (0,06 \cdot 95 \cdot 8 + 0,02 \cdot 280 \cdot 8 + 0,01 \cdot 35 \cdot 8 + 0,036 \cdot 60 \cdot 8) = 411,73 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для розрахунків візьмемо 30% від отриманої величини, тобто 123,519 кВт·год.

Підрахуємо середньодобове споживання електроенергії для літнього періоду (згідно з п.1.3.2 та табл. 2.4):

$$E_{\text{с.літо}} = (0,4 \cdot 30 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 \cdot 1 + 1,6 \cdot 25 \cdot 4 + 0,5 \cdot 1 \cdot 3) + (0,06 \cdot 95 \cdot 4 + 0,02 \cdot 280 \cdot 4 + 0,01 \cdot 35 \cdot 4 + 0,036 \cdot 60 \cdot 4) = 281,49 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Для розрахунків беремо 30%, тобто 84 447 Вт·год.

Тоді, повне добове струмове навантаження на інвертор, згідно з формулою (2.28), дорівнює:

$$P = \frac{123\,519}{600 \cdot 0,98} = 210,07 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Виходячи з цього, пропонуємо акумуляторну батарея LEXRON LR12-210/29822 ємністю 210 А·год та номінальною напругою 12 В, яка коштує 20 700 грн (рисунок 2.9) [43].

Також необхідно додати навантаження, що враховує підзарядку батареї, яке становить 10% від сумарної потужності акумуляторного модуля, тобто,

$$210 \text{ А} \cdot \text{год} \cdot 12 \text{ В} \cdot 0,1 = 252 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$





Рисунок 2.9 - Акумуляторна батарея LEXRON LR12-210/29822 [43]

Тоді, сумарне середньодобове споживання буде становити:

$$E = 123\,519 + 252 = 123\,771 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином, для забезпечення системи енергією, сонячна батарея повинна виробляти середньодобову потребу в електроенергії, а саме 123 771 Вт · год.

Визначимо річну кількість сонячної радіації, що характерна для Сумської області. Посилаючись на [44], ми маємо найкращий рівень інсоляції в липні, а саме  $I = 5,38 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$ , а найгірший – у грудні, всього  $I = 0,86 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$ .

Обираємо для встановлення сонячної батареї Leapton LP210\*210-M-66-MH 650 потужністю 650 Вт, які коштують 9384 грн/шт (рисунок 2.10) [45]. Робоча температура однієї панелі від  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $+85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Розміри даних сонячних панелей: ширина – 1303 мм, товщина – 35 мм, довжина – 2384 мм. Напруга при максимальній потужності – 37,61 В [45].

Розрахуємо здатність виробляти електроенергію однією такою батареєю на добу для літнього і зимового періоду за наступною формулою:

$$W = k \cdot P_w \cdot I / 1000, \quad (2.30)$$

де  $k$  – поправочні коефіцієнти, для літа –  $k = 0,5$ , для зими –  $k = 0,7$  [45];

$P_w$  – потужність сонячної панелі, Вт.

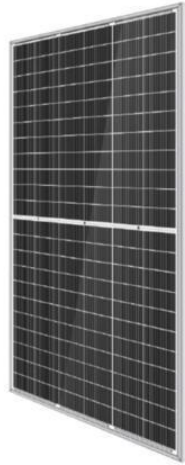


Рисунок 2.10 – Сонячні батареї Learton LP210\*210-M-66-MH 650 [45]

Таким чином, для літнього періоду:

$$W_{\text{літо}} = 0,5 \cdot 650 \cdot 5,38 \cdot 1000/1000 = 1748,5 \text{ Вт/год.}$$

А для зимового періоду:

$$W_{\text{зима}} = 0,7 \cdot 650 \cdot 0,86 \cdot 1000/1000 = 391,3 \text{ Вт/год.}$$

Отже, можемо підрахувати необхідну кількість сонячних панелей для забезпечення необхідної максимальної потужності. Для зимового періоду:

$$N_{\text{зима}} = 123\,771/391,3 = 316 \text{ шт.}$$

Площа даху будівлі Центру науково-технічної творчості молоді становить 1170 м<sup>2</sup>. Можлива площа для встановлення сонячних панелей буде складати 90% від загальної, тобто 1053 м<sup>2</sup>. Площа однієї сонячної панелі становить 3,12 м<sup>2</sup>. Тож, 1053/3,12 = 337,5 = 337 шт максимально можливо помістити. За результатами

розрахунків, для генерації необхідної кількості електроенергії взимку необхідно встановити 316 сонячних панелей, що задовольняє умову максимальної ємності.

Оскільки одна сонячна батарея коштує 9384 грн (вартість монтажу включена) [45], то:

$$K_{\text{сон.пан.}} = 9384 \cdot 316 = 2\,965\,344 \text{ грн} = 2965,34 \text{ тис.грн.}$$

Таким чином, повна вартість запровадження даного заходу:

$$K_{\text{зах}} = 2965,34 + 20,7 + 91,92 = 3077,96 \text{ тис.грн.}$$

Розрахуємо економію від впровадження даного заходу за опалювальний сезон 2022-2023:

$$E_{\text{оп.сез.}} = (E_{\text{с.літо}} \cdot (356 - n_{\text{оп}}) + E_{\text{с.зима}} \cdot n_{\text{оп}}) \cdot C_{\text{ел.ен.}}, \text{ грн.} \quad (2.31)$$

Отже,

$$E_{\text{оп.сез.}} = (84,45 \cdot (356 - 159) + 123,52 \cdot 159) \cdot 3,13 = 113\,544,91 \text{ грн} = 113,54 \text{ тис. грн.}$$

Також, варто врахувати, що в літній період виробництво електричної енергії буде перевищувати необхідну потребу, тому надлишок заклад може продавати в загальну мережу «під зеленим тарифом». Згідно з постановою від 29 вчересня 2023 року №1767 [46], реалізація такої енергії буде 6,38 грн/кВт·год (без ПДВ – 20%). Отже, прибуток може складати:

$$\Delta E_{\text{ел}} = (123,52 - 84,45) \cdot 250 \cdot 6,38 \cdot 1,2 = 74\,779,98 \text{ грн} = 74,78 \text{ тис.грн.,}$$

де 250 – орієнтовна кількість днів на рік, упродовж яких буде здійснюватись продаж надлишків електроенергії.

Тепер можемо підрахувати простий термін окупності впровадження даного заходу:

$$T = \frac{3077,96}{113,54 + 74,78} = 16,34 \text{ років.}$$

Отже, концепція встановлення сонячних панелей на дах будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР може дозволити закладу мати екологічний, невичерпний ресурс для задоволення потреб в електричній енергії, а також вони будуть слугувати довгі роки та не потребувати значних витрат в їх експлуатації.

## **2.9 Висновки за розділом**

За результатами розрахунків у пункті 2.1 можна зробити висновок, що дійсний опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій не відповідає нормативним вимогам [17]. Таким чином, теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій є незадовільними, що вимагає негайного впровадження енергозбережних заходів задля посилення їх опору теплопередачі.

Аналізуючи проведений розрахунок теплових витрат у пункті 2.2, можна зробити висновок, що найбільша кількість тепловтрат припадає на вентиляцію, підлогу, вікна та стіни. Це означає, що саме ці «проблемні» зони підлягають першочерговим заходам з модернізації та підвищення енергоефективності.

Для підвищення енергоефективності функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР, перш за все, потрібно приділити значну увагу стану огорожувальних конструкцій. Зважаючи на вищевикладене, нами були запропоновані першочергові заходи з енергозбереження, такі як: утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін, підлоги та даху), а також заміна дерев'яних вікон на металопластикові. Також, нами

було запропоновано впровадити технології альтернативного енергозабезпечення – встановлення геотермального теплового насосу для системи тепlopостачання та концепція встановлення сонячних панелей на дах будівлі для генерації електричної енергії, що може забезпечити 30% від загальних потреб закладу.

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на об'єкті дослідження**

Метою аналізу можливих небезпечних або шкідливих факторів є створення на робочому місці безпечних та комфортних умов для максимальної продуктивності праці.

При проведенні енергетичного обстеженні будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР були встановлені такі небезпечні фактори:

- Електронебезпека;
- Механічна небезпека;
- Термічна небезпека.

Шкідливими факторами є:

- Мікроклімат;
- Повітря робочої зони;
- Освітлення робочої зони;
- Шум та дія електромагнітних полів;
- Пожежна небезпека

#### **3.1.1 Електронебезпека**

Будівля Центру науково-технічної творчості молоді СМР відноситься до категорії приміщень без підвищеної небезпеки. Однак електрообладнання, яким користуються працівники та відвідувачі закладу, може становити потенційну загрозу. Багато нещасних випадків трапляється при експлуатації найбільш поширеного електрообладнання, напругою 127—380 В. Ці події пов'язані із ураженням електричним струмом внаслідок порушення вимог електробезпеки [47].

Серед вимог до безпеки використання електричного обладнання та пристроїв у Центрі науково-технічної творчості молоді СМР можна визначити наступне: ізоляцію струмопровідних частин, захисне заземлення, замулення, захисне

автоматичне відключення, низьку напругу, вирівнювання потенціалів, електричне розділення, загороджувальні пристрої, запобіжну сигналізацію, блокування, знаки безпеки, засоби індивідуального захисту та інші [47].

Основне енергоспоживаюче обладнання наведено у першому розділі (п.1.3.2).

### **3.1.2 Механічна небезпека**

Механічну небезпеку у Центрі науково-технічної творчості молоді СМР можуть створити:

- Об'єкти, які мають кінетичну енергію, тобто, які падають, рухаються, обертаються і т.ін.. Це можуть бути навіть засоби освітлення;

- Об'єкти без кінетичної енергії (гострі предмети, колючі, ріжучі предмети, слизькі місця та ін.);

- Шум, ультразвук, вібрації [48, с.33].

Для забезпечення механічної безпеки необхідно дотримуватися рекомендацій та інструкцій до експлуатації предметів та обладнання.

### **3.1.3 Термічна небезпека**

При обстеженні Центру науково-технічної творчості молоді СМР виявилось, що термічну небезпеку в закладі можуть створити опалювальні прилади (особливо взимку, коли будівлю прогрівають додатково обігрівачами), а також шкоду здоров'ю може спричинити робота в гарячому чи надто холодному середовищі. Варто зазначити, загоряння, вибухи, контакт з вогнем, а також випромінювання від теплових джерел також становить термічну небезпеку в закладі. [49]. Для захисту від термічного ураження необхідно чітко дотримуватись правил з техніки безпеки.

### **3.1.4 Мікроклімат**

Відповідно до вимог «Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів» [50] температура приміщень повинна бути +19 – 23° С. У приміщеннях, що займають кутове положення або знаходяться в торці будівлі навчального закладу, температура повітря повинна бути не менше +21 °С. Кімнатні термометри мають бути розміщені на внутрішній поверхні кожного приміщення, де перебувають діти, на рівні 0,8-1,2 м від підлоги залежно від зросту дітей.

Ще одним чинником, який формує мікроклімат приміщення є відносна вологість повітря, таким чином, в приміщеннях, де перебувають діти, вона повинна бути в межах 40-60 % [50].

Засновник (власник) організовує лабораторний контроль показників мікроклімату (температура, вологість) у навчальних закладах, який проводиться не рідше двох разів на рік (не менше 6 вимірів) [50].

Обстеження Центру науково-технічної творчості молоді СМР показало, що заклад дотримується встановлених санітарних норм.

### **3.1.5 Повітря робочої зони**

Згідно з [50], при відсутності дітей необхідно регулярно провітрювати приміщення навчальних класів. Тривалість провітрювання залежить від температури зовнішнього повітря, напрямку вітру та ефективності опалювальної системи. Наскрізне провітрювання рекомендується проводити кожні 1,5-2 години протягом не менше 10 хвилин.

Центр науково-технічної творчості молоді СМР обладнано природною вентиляцією. Циркулювання повітря в приміщеннях з правильно розробленої вентиляційною системою здійснюється за рахунок відкриття дверей, вікон, кватирок. Тобто рух повітря відбувається з-за перепаду тиску, так званої повітряної тяги [51].



### **3.1.6 Освітлення робочої зони**

Посилаючись на вимоги «Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів» [50], варто зазначити, що приміщення навчальних закладів повинні мати природне освітлення, доцільна тривалість інсоляції – не менше 3 годин на день.

Необхідно регулярно мити вікна (не рідше 3 разів на рік та при наявності забруднень). Важливо уникати затінення вікон кімнатними рослинами, що в'ються, а також рослинами великих розмірів. Розміщення рослин допускається у підвісних вазонах на стінах приміщень або в кутах приміщень на підставках висотою до 70 см, які можна переміщувати [50].

Джерела штучного освітлення повинні забезпечувати достатнє та рівномірне освітлення всіх приміщень. Світильники з люмінесцентними лампами повинні забезпечувати розсіяне світло, а з лампами розжарювання - повністю відбите світло (наприклад з використанням плафонів, що перешкоджають засліпленню). При використанні ламп розжарювання рівень освітленості має бути не менше 200 ЛК. [50]. Характеристика системи освітлення закладу наведена у другому розділі в таблиці 2.4.

Для даного об'єкту енергетичного обстеження, при комбінованій системі освітлення (використовуючи освітлювальні прилади різних типів), рівень освітленості буде варіюватись від 150 ЛК до 300ЛК.

### **3.1.7 Шум та дія електромагнітних полів**

Під час обстеження Центру науково-технічної творчості молоді СМР було виявлено, що негативні фактори, які можуть бути спричинені впливом шуму чи електромагнітних полів, ізолюються і ліквідуються. До того ж, шум від сучасних електричних приладів та обладнання не становить загрози для життя та здоров'я людини.

Електромагнітне випромінювання від комп'ютерних мереж не повинно перевищувати граничнодопустимі рівні відповідно до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [52].

Біологічна дія електромагнітного поля на організм людини недостатньо вивчена. Є припущення, що це призводить до іонізації атомів і молекул організму, а в результаті - утворення іонних струмів. Наслідком такого впливу може стати підвищення температури тіла людини. Але існують і доведені наслідки дії електромагнітного поля, наприклад: є гальмування рефлексів, зниження артеріального тиску уповільнення скорочень серця, зміну складу крові в бік збільшення лейкоцитів, катаракту та ін. [48, с.35].

### 3.1.8 Пожежна безпека

Центр науково-технічної творчості СМР відноситься до категорії Д приміщень за пожежною та вибухопожежною безпекою [53].

Основною метою забезпечення пожежної безпеки в установах освіти є захист та порятунок людей (особливо дітей) від небезпечних факторів, пов'язаних з неконтрольованим поширенням вогню. У випадку виникнення пожежі працівники закладів, які беруть участь у ліквідації пожежі, повинні спрямовувати свої дії на забезпечення безпеки людей, зокрема дітей, організацію їх евакуації та врятування. [54]. На кожному поверсі закладу розміщені плани евакуації людей під час надзвичайних ситуацій, у тому числі при пожежі (рисунок 3.1).

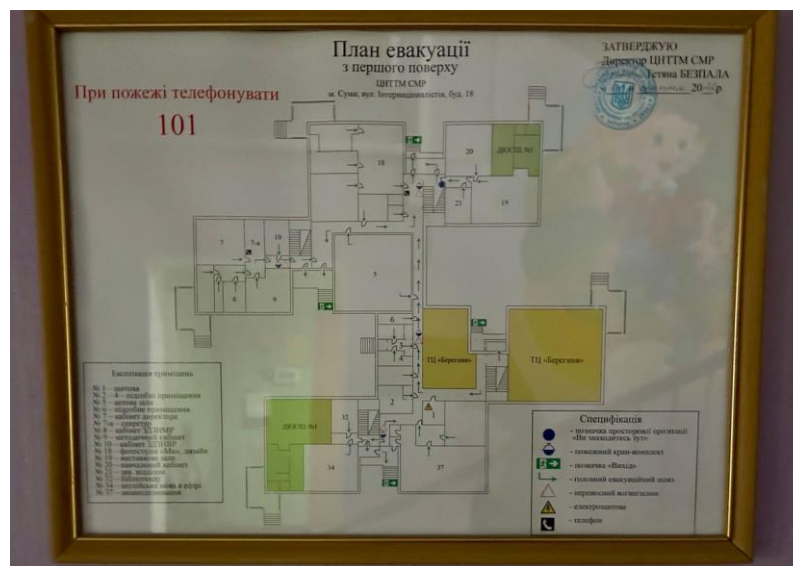


Рисунок 3.1 – План евакуації з першого поверху Центру науково-технічної творчості молоді СМР

Будівля закладу забезпечена первинними засобами пожежогасіння (рисунок 3.2) : вогнегасниками, пожежним інвентарем, пожежним знаряддям та засобами зв'язку.



Рисунок 3.2 – Пожежний кран закладу

Пожежні крани кожні шість місяців оглядаються та перевіряються на працездатність працівниками місцевої пожежної частини або особою, яка відповідає за протипожежний стан у обстежуваному закладі шляхом пуску води.

Задня уникнення пожежної небезпеки у Центрі науково-технічної творчості молоді СМР заборонено:

- застосовувати з метою опалення нестандартні (саморобні) нагрівальні пристрої;
- захаращувати шляхи евакуації;
- установлювати дзеркала та влаштовувати фальшиві двері на шляхах евакуації;
- здійснювати вогневі, електрогазозварювальні та інші види пожежонебезпечних робіт у будівлі за наявності в їх приміщеннях людей;
- користуватися свічками та газовими лампами для освітлення;
- залишати без нагляду ввімкнені в мережу електроприлади [54].

### 3.2 Дії персоналу під час оголошення «Повітряної тривоги»

Центр науково-технічної творчості СМР під час оголошення загрози одразу припиняє своє функціонування. Варто зазначити, що заклад має власне облаштоване укриття (рисунок 3.3), де персонал закладу та відвідувачі зможуть бути у безпеці.



Рисунок 3.3 – Місце для укриття Центру науково-технічної творчості молоді СМР

У коридорах першого та другого поверхів Центру науково-технічної творчості молоді розміщені покажчики шляху до місця для укриття, по яким можна швидко дібратися до безпечного приміщення. Також такі таблички розміщені і по території закладу.

Послідовність дій персоналу під час оголошення загрози [55]:

1. Працівники закладу негайно сповіщають відвідувачів (дітей) словесно про загрозу та припиняють заняття.
2. Відповідальна особа разом з викладачами мають скоординувати хід евакуації учнів до захисної споруди.

3. Персонал закладу допомагає молодшим учням зібратися та швидко залишити кабінети .

4. Відповідальні за евакуацію особи повинні заздалегідь знаходитися у визначених місцях задля організації та регулювання швидкого руху до місця для укриття.

5. Біля входу до сховища відповідальна особа контролює порядок укриття учасників освітнього процесу та швидко реагує, якщо хтось буде відсутній.

6. У середині захисної споруди працівники закладу повинні забезпечити, щоб діти швидко та обережно зайняли свої місця, після чого ще раз перевіряється наявність всіх учнів.

7. Під час перебування в захисній споруді вчителі та відповідальні особи повинні провести заходи, щоб заспокоїти дітей та всіх, хто знаходиться в ній [55].

Батьки, в свою чергу, повинні обов'язково долучитися до каналу комунікації закладу між адміністрацією та учасниками освітнього процесу, задля володіння оперативною та необхідною інформацією у разі виникнення загрози. Також важливо, аби діти були проінформовані про свій резус-фактор та групу крові, знала свої хронічні хвороби та контакти батьків [55].

Оскільки в гуртках закладу навчається багато дітей дошкільного віку, батьки повинні очікувати на території ЦНТТМ завершення занять, а якщо розпочнеться «Повітряна тривога» - забрати дитину або вирушити з нею до укриття.

## ВИСНОВКИ

У першому розділі кваліфікаційної роботи було описано загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження, фактичний стан огорожувальних конструкцій будівлі, експлуатаційну характеристику систем енергопостачання об'єкту та системи обліку ресурсів. Також нами було проведено аналіз обсягів споживання енергоносіїв та води, порівняно зі встановленими лімітами та нормативними показниками.

У другому розділі був проведений розрахунковий аналіз умов запровадження енергозбережних заходів. За результатом аналізу стану огорожувальних конструкцій будівлі було виявлено, що величина дійсного опору теплопередачі набагато менше за нормовану величину. Таким чином, теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій є незадовільними, що вимагає негайного впровадження енергозбережних заходів задля посилення їх опору теплопередачі. Також в даному розділі нами були підраховані втрати через конструктивні елементи будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР. Аналізуючи проведений розрахунок, можна зробити висновок, що найбільша кількість тепловтрат припадає на вентиляцію – 149,12 кВт (31%), підлогу – 125,71 кВт (26%), вікна – 105,37 кВт (22%) та стіни – 60,74 кВт (13%). Тому саме ці «проблемні зони» були обрані як першочергові заходи з модернізації та підвищення енергоефективності.

Після ретельного аналізу порівняльних розрахунків (величина теплової потужності будівлі за опалювальний період становить 257,97 Гкал, а фактичні обсяги споживання, надані закладом, всього 178,29 Гкал), можна прийти до висновку, що будівля закладу не отримує необхідну кількість теплової енергії. Це може бути викликано порушенням температурного графіка в магістральних мережах, а також, що є дуже важливо, відсутністю відповідного обладнання для ефективного контролю та регулювання системи теплозабезпечення будівлі. Тому, нами були запропоновані такі першочергові заходи з енергозбереження:

- Утепленні стін будівлі, що допоможе заощадити 204,82 тис.грн./рік (77,86 Гкал/рік теплової енергії);

- Утеплення підлоги будівлі, економія від якого становить 556,13 тис.грн./рік, або 211,41 Гкал/рік;

- Утеплення даху будівлі, задля економії 44,88 Гкал/рік, що в грошовому еквіваленті становить 188,07 тис.грн./рік;

- Заміна дерев'яних вікон на металопластикові допоможе зекономити 402,37 тис.грн./рік, тобто 152,96 Гкал/рік теплової енергії.

За наведеними розрахунками, тепла потужність будівлі після впровадження першочергових заходів з енергозбереження буде дорівнювати 85,66 Гкал (у три рази менше).

Наступним заходом з підвищення функціонування системи теплозабезпечення будівлі Центру науково-технічної творчості молоді СМР нами було запропоновано встановлення індивідуального теплового пункту на будівлю. Цей захід має невеликий дисконтований термін окупності (5,61 років) та чистий дисконтований дохід - 620,77 тис.грн. за 15 років.

Також, нами було запропоноване впровадження технологій альтернативного енергозабезпечення. Розрахунок геотермального теплового насоса для системи теплопостачання будівлі показав, що дисконтований термін окупності цього заходу становить всього 3 роки, а чистий дисконтований дохід – 482,28 тис.грн. за 5 років. Концепція встановлення сонячних панелей для генерації електричної енергії була розрахована з метою задоволення 30% від загальних потреб в електроенергії закладу. Економія від впровадження даного заходу за опалювальний сезон буде становити 113,54 тис.грн., а, враховуючи те, що в літній період виробництво електричної енергії буде перевищувати необхідну потребу, та надлишок заклад може продавати в загальну мережу «під зеленим тарифом», прибуток може складати 74,78 тис.грн. Простий термін окупності – 16,34 років.

У третьому розділі нами було проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів на об'єкті дослідження, а саме: електронебезпеки, механічної небезпеки, термічної небезпеки, мікроклімату, аналіз повітря робочої зони у закладі, а також

її освітлення, шуму, дії електромагнітних полів на людину та пожежної небезпеки. Проведений аналіз показав, що Центр науково-технічної творчості молоді СМР дотримується встановлених санітарних норм та правил. Також у даному розділі були описані дії персоналу закладу під час оголошення «Повітряної тривоги».



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЇЇ РОЛЬ У СТВОРЕННІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОЇ ЕКОНОМІКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ. Електронний журнал «Ефективна економіка» / І. В. Мінняйленко - Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, 2014 [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3579>
2. ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В УКРАЇНІ: ВІД ВИРОБНИЦТВА ДО ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ. ВІСНИК СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ імені Володимира Даля № 4 (245) / Швець Н. В., Касаткіна М. В., Піддубна К. О. , 2018.
3. ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ. GENERAL PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENCY. Енергетика: економіка, технології, екологія №4 / С.П. Денисюк, В.А. Таргонський – м.Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» , 2017.
4. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У НАУКОВИХ ПРАЦЯХ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ УЧЕНИХ. Електронний журнал «Державне управління: удосконалення та розвиток» / В. О. Струк – 2012 [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=401>
5. АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ / Брижко В.А - КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем.
6. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / Гайдаєнко І. - Нукові записки з української історії. Збірник наукових статей, (34). 146-151.
7. Сумська область. Інформаційна система управління освітою [електронний ресурс] Режим посилання: <https://su.isuo.org/zpo/view/id/100438>

8. ЄВРОПЕЙСЬКІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ectc.com.ua/schetchiki-tepla/lichylnyk-tepla-qalcosonic-heat-1-%28sks-3k%29>
9. Ультразвуковий теплооблікувач QALCO (SKS-3) QalcoSonic Heat 1 DN 15 Qp 0,6 L 110 mm компактний побутовий [електронний ресурс] Режим посилання: <https://elmisto.com.ua/ua/p1098461661-ultrazvukovoj-teploschetchik-qalco.html>
10. NIK 2301 AP3.0500.M.11 лічильник електроенергії трифазний [електронний ресурс] Режим посилання: <https://elektrovoz.com.ua/ua/nik-2301-ar3.0500.m.11-lichilnik-elektroenergii-trifaznij-3h220380v-5-120a-stare-markuvannya-2301-ap3v-ar3.0000.0.11.html>
11. Gross МТК-UA холодної води багатоструменеві [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prom.ua/ua/Gross-mtk-ua-holodnoj-vody-mnogostrujnye.html>
12. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00#Text>
13. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Розробники: Ж. Бовкун, М. Кашликов. – Київ. Мінрегіон України, 2013 р. – 122с.
14. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" –К. Мінрегіонбуд України,2006. – 72 с.
15. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 2001 р.
16. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
17. ДБН В.2.6-31:2021 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ – м.Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 23с.

18. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 51 с.)
19. 3711 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, 2014. – 84 с.
20. Робочі дні 2022 [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/1681-robochi-dni.html>
21. ДБН В.2.2-4:2018. Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти. ПАТ «Український зональний науково-дослідний і проектний інститут по цивільному будівництву» (ПАТ «КИЇВЗНДІЕП»). Розробники: Б. Губов; М. Коренюк, канд. Тех. Наук; В. Куцевич, д-р архіт. (науковий керівник). Мінрегіон України, 2018.
22. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Економія теплової енергії на опалення будівель і витрат на її генерацію під час впровадження енергозберіжних заходів» із дисципліни «Енергозбереження будівель і споруд»/ укладачі: С.С.Антоненко, В.М.Козін, Е.В.Колісніченко.–Суми: Сумський державний університет, 2015. – 50с.
23. Епіцентр [електронний ресурс] Режим посилання: <https://epicentrk.ua>
24. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів для студентів спеціальності «Енергетичний менеджмент»/ укладачі: І. М. Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. –Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48 с.
25. Облікова ставка НБУ 2023 [електронний ресурс] Режим посилання: <https://buhplatforma.com.ua/article/7451-oblkova-stavka-nbu>
26. Prom.ua [електронний ресурс] Режим посилання: <https://prom.ua/ua/>
27. Вікна Steko [електронний ресурс] Режим посилання: <https://steko.ua/>
28. Магазин Rozetka [електронний ресурс] Режим посилання: <https://rozetka.com.ua>
29. БЛОЧНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПО НЕЗАЛЕЖНІЙ СХЕМІ [електронний ресурс] Режим посилання:

<https://termoprom.com.ua/uk/teplopunkt/po-tipu/individual-heat-points/blochniy-teplovij-punkt-sistemi-opalennya-po-nezalezhn-y-shem>

30. Індивідуальний тепловий пункт для багатоквартирного будинку: схеми та рішення [електронний ресурс] Режим посилання: <https://aw-therm.com.ua/individualnij-teplovij-punkt-shemi-ta-rishennya/>

31. Індивідуальний тепловий пункт – перший крок до модернізації багатоповерхівки [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ua-energy.org/uk/posts/indyvidualnyi-teplovyi-punkt-pershyi-krok-do-modernizatsii-bahatopoverkhivky>

32. Що таке індивідуальний тепловий пункт (ІТП) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.liv-energo.com.ua/shho-take-individualnij-teplovij-punkt/#:~:text=Переваги%20автоматизованого%20теплого%20пункту%3A,за%20рахунок%20контролю%20параметрів%20теплоносія>

33. СУЧАСНА АЛЬТЕРНАТИВА ГАЗУ, ЕЛЕКТРО КОТЛАМ, КОНДИЦІОНЕРАМ І БОЙЛЕРАМ В ОДНОМУ ПРИСТРОЇ [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.burenie-ug.com.ua/uk/teplovij-nasos/#>

34. Тепловий насос розрахунок та проектування [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplovoynasos.com/teplovoj-nasos-raschet-i-proektirovanie>

35. NIBE F1345 60 кВт [електронний ресурс] Режим посилання: <https://nibe.ua/modification/f1345-60>

36. Геотермальний тепловий насос NIBE F1345 60 кВт 380В [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplobezgaza.com.ua/geotermalnyj-teplovoj-nasos-nibe-f1345-60-kvt-380v/>

37. Альтернативна енергетика [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ekoalt.com.ua/services/sun/>

38. Сонячна панель: з чого вона складається та як працює [електронний ресурс] Режим посилання: <https://soncedim.com.ua/blog/soniachna-panel-z-chogo-vona-skladaetsia-ta-iaak-pratsiue>

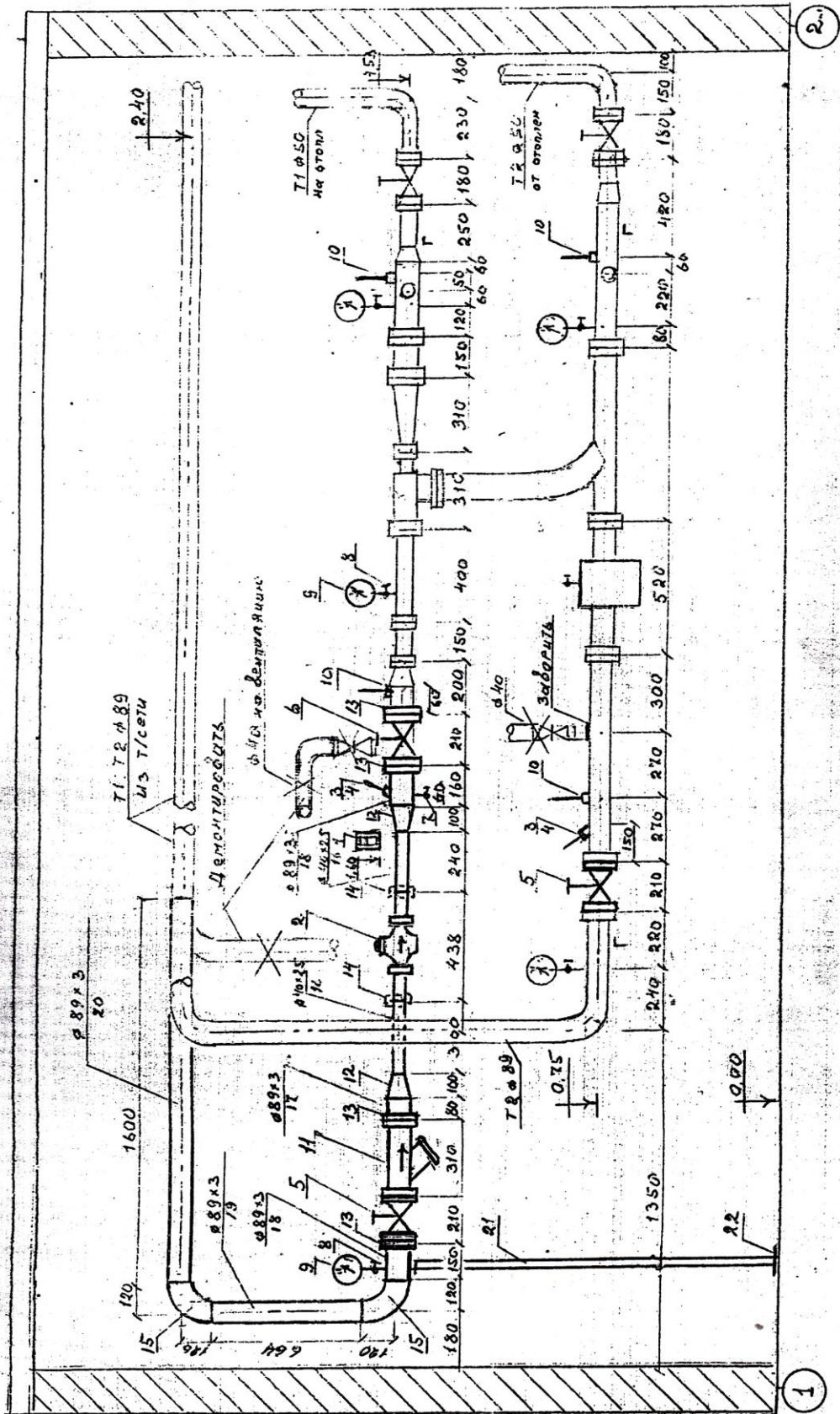
39. Сонячні панелі та колектори (принцип дії та характеристики) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://moesonce.com/sonyachni-paneli>

40. Сонячні електростанції [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplosolar.com.ua/2019/03/15/сонячні-електростанції-для-дому-під-з/>
41. Мережевий інвертор SolarEdge SE25K [електронний ресурс] Режим посилання: [https://e-energy.in.ua/solar\\_inverters/cetevoj-invertor-solaredge-se25k-rw-n2.html](https://e-energy.in.ua/solar_inverters/cetevoj-invertor-solaredge-se25k-rw-n2.html)
42. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами [Текст]:метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144«Теплоенергетика» /Уклад: В.І Шкляр, В.В. Дубровська, – К.: НТУУ «КПІ»,2015. – 52 с.
43. Акумуляторна батарея LEXRON LR12-210/29822 (12В, 210Агод) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://can.ua/akkumulyatornaya-batareya-lexron-lr12-210-29822/p314872/>
44. Карта сонячної активності в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.solar-battery.com.ua/karta-solnechnoy-aktivnosti-v-ukraine/>
45. Leapton 650 Вт Сонячна батарея Leapton LP210\*210-М-66-МН 650, монокристалічна панель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://riseupcompany.com.ua>
46. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-privatnih-domogospodarstv-6>
47. ПАМ'ЯТКА ПО ЕЛЕКТРОБЕЗПЕЦІ У ШКОЛІ (для персоналу під час навчання на I-III групу допуску з електробезпеки) [електронний ресурс] Режим посилання: <https://grp-osvita.gov.ua/%C2%A0пам'ятка-по-електробезпечи-у-школи-dlya-personalu-pid-chas-navchannya-na-iiii-grupu-dopusku-z-elektrobezpeki%C2%A0-%C2%A0-13-46-00-18-01-2021/>
48. Безпека життєдіяльності. Конспект лекцій для студентів усіх спеціальностей за ОКР «бакалавр» заочної форми навчання / Укладачі: В.В.Зацарний, Н.А.Прахівник, О.В.Землянська – НТУУ «КПІ»: Київ, 2016 р. – 93 с.

49. Основні види небезпек [електронний ресурс] Режим посилання: <https://studfile.net/preview/5607816/page:9/>
50. НАКАЗ 24.03.2016 № 234 Про затвердження Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0563-16#Text>
51. Що таке природна вентиляція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vencon.ua/ua/articles/vidy-i-osobennosti-estestvennoy-ventilyacii>
52. НАКАЗ 01.08.1996 № 239 Про затвердження державних санітарних правил та норм [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>
53. ДБН В.1.1-7-02. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
54. Пожежна безпека у закладах освіти: рекомендації експерта [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.auc.org.ua/novyna/pozhezhna-bezpeka-u-zakladah-osvity-rekomendaciyi-eksperta>
55. Як діяти закладу освіти та учасникам освітнього процесу під час повітряної тривоги [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eo.gov.ua/yak-diiaty-zakladu-osvity-ta-uchasnykam-osvitnoho-protsesu-pid-chas-povitrianoi-tryvohy/2022/10/17/>

# ДОДАТОК А

Схема тепловпкту Центру науково-технiчної творчостi молодi СМР



## ДОДАТОК Б

Таблиця Б1 – Оцінка NPV (утеплення стін будівлі)

Рік	Капітальні витрати, т.грн	Грошовий потік (економія), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, грн	Чистий дисконтований дохід, грн
0	-1015,54	-1015,54	-1015,54	0	0	-1015,54
1	0	204,82	-810,72	0,86	176,15	-839,4
2	0	204,82	-605,9	0,74	151,57	-687,83
3	0	204,82	-401,08	0,64	131,08	-556,74
4	0	204,82	-196,26	0,55	112,65	-444,09
5	0	204,82	8,56	0,48	98,31	-345,78
6	0	204,82	213,38	0,41	83,98	-261,80
7	0	204,82	418,2	0,35	71,69	-190,12
8	0	204,82	623,02	0,31	63,49	-126,62
9	0	204,82	827,84	0,26	53,25	-73,37
10	0	204,82	1032,66	0,23	47,11	-26,26
11	0	204,82	1237,48	0,48	98,31	72,05
12	0	204,82	1442,3	0,41	83,98	156,03
13	0	204,82	1647,12	0,35	71,69	227,72
14	0	204,82	1851,94	0,31	63,49	291,21
15	0	204,82	2056,76	0,26	53,25	344,46
Разом					1360,01	

Таблиця Б2 – Оцінка IRR (утеплення стін будівлі)

Роки	Грошовий потік (економія), т.грн
0	-1015,54
1	204,82
2	204,82
3	204,82
4	204,82
5	204,82
6	204,82
7	204,82



## Продовження таблиці Б2

8	204,82
9	204,82
10	204,82
11	204,82
12	204,82
13	204,82
14	204,82
15	204,82
IRR	19%

Таблиця Б3 - Оцінка NPV (утеплення даху будівлі)

Рік	Капітальні витрати, т.грн	Грошовий потік (економія), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, грн	Чистий дисконтований дохід, грн
0	-780,39	-780,39	-780,39	0	0	-780,39
1	0	118,07	-662,32	0,86	101,5402	-678,85
2	0	118,07	-544,25	0,74	87,3718	-591,478
3	0	118,07	-426,18	0,64	75,5648	-515,913
4	0	118,07	-308,11	0,55	64,9385	-450,975
5	0	118,07	-190,04	0,48	56,6736	-394,301
6	0	118,07	-71,97	0,41	48,4087	-345,892
7	0	118,07	46,1	0,35	41,3245	-304,568
8	0	118,07	164,17	0,31	36,6017	-267,966
9	0	118,07	282,24	0,26	30,6982	-237,268
10	0	118,07	400,31	0,23	27,1561	-210,112
11	0	118,07	518,38	0,48	56,6736	-153,438
12	0	118,07	636,45	0,41	48,4087	-105,03
13	0	118,07	754,52	0,35	41,3245	-63,7051
14	0	118,07	872,59	0,31	36,6017	-27,1034
15	0	118,07	990,66	0,26	30,6982	3,5948
16	0	118,07	1108,73	0,48	56,6736	60,2684
17	0	118,07	1226,8	0,41	48,4087	108,6771
18	0	118,07	1344,87	0,35	41,3245	150,0016
19	0	118,07	1462,94	0,31	36,6017	186,6033
20	0	118,07	1581,01	0,26	30,6982	217,3015
Разом					997,6915	
IRR					17%	

Таблиця Б4 – Оцінка NPV (встановлення індивідуального теплового пункту на опалення будівлі)

Рік	Капітальні витрати, т.грн	Грошовий потік (економія), т.грн	Чистий дохід, т.грн	Коефіцієнт дисконтування	Приведена дисконтна вартість, грн	Чистий дисконтований дохід, грн
0	-408,3	-408,3	-408,3	0	0	-408,3
1	0	93,49	-314,81	0,86	80,40	-327,9
2	0	93,49	-221,32	0,74	69,18	-258,72
3	0	93,49	-127,83	0,64	59,83	-198,88
4	0	93,49	-34,34	0,55	51,42	-147,46
5	0	93,49	59,15	0,48	44,88	-102,59
6	0	93,49	152,64	0,41	38,33	-64,26
7	0	93,49	246,13	0,35	32,72	-31,54
8	0	93,49	339,62	0,31	28,98	-2,55
9	0	93,49	433,11	0,26	24,31	21,75
10	0	93,49	526,6	0,23	21,50	43,26
11	0	93,49	620,09	0,48	44,88	88,13
12	0	93,49	713,58	0,41	38,33	126,46
13	0	93,49	807,07	0,35	32,72	159,18
14	0	93,49	900,56	0,31	28,98	188,17
15	0	93,49	994,05	0,26	24,31	212,47
Разом					620,77	
IRR					22%	