

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 бакалавр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

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

на тему: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЛІ БАСЕЙНУ СумДУ
ТА РОЗРОБЛЕННЯ МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

Здобувача групи ЕМ-01/1 Ткаченко Костянтин Владиславовича
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

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

_____ Костянтин ТКАЧЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент кафедри ПГМ, к.т.н., Сергій АНТОНЕНКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 48 с., 3 таблиць, 3 рисунків, 2 додатки, 21 літературних джерел.

Мета роботи: енергетичне обстеження системи теплопостачання, і розробка заходів з підвищення ефективності споживання енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка можливих енергозбережних заходів.

Об'єкт дослідження – будівля басейну Сумського державного університету.

Предмет дослідження – система теплопостачання будівлі басейну Сумського державного університету.

Методи дослідження: аналітичні методи обробки вихідної інформації, економіко-математичні методи під час розробки енергозбережних заходів.

Ключові слова: ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТИ, ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи – «ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЛІ БАСЕЙНУ СумДУ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МОЖЛИВИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ **Ошибка! Закладка не определена.**

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ . **Ошибка! Закладка не определена.**

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта . **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3.1 Система опалення..... **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3.2 Система електропостачання **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв **Ошибка! Закладка не определена.**

1.4 Висновки за розділом..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ **Ошибка! Закладка не определена.**

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2.2 Розрахунковий аналіз опору теплопередачі огорожувальних конструкцій **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3 Визначення рівня теплопостоживання **Ошибка! Закладка не определена.**

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	. Енергетичне обстеження будівлі басейну СумДУ Та розроблення можливих енергозбережних заходів	Лит.	Лист	Листів
Розробив	Ткаченко							
Перевірив	Антоненко						3	48
Реценз.						СумДУ ЕМ-01		
Н. Контр.	Антоненко							
Затверд.								

2.4 Визначення рівня тепловтрат..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.5 Висновки за розділом..... **Ошибка! Закладка не определена.**

					6.144.08 ВР 00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Ткаченко				Лит.	Лист	Листів
Перевірив	Антоненко					3	48
Реценз.					СумДУ ЕМ-01		
Н. Контр.	Антоненко						
Затверд.							

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Характеристика можливих енергозбережних заходів. **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2.2 Утеплення дахового перекриття **Ошибка! Закладка не определена.**

3.3 Висновки за розділом..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ **Ошибка! Закладка не определена.**

ДОДАТОК А **Ошибка! Закладка не определена.**

ДОДАТОК Б **Ошибка! Закладка не определена.**

ДОДАТОК В **Ошибка! Закладка не определена.**

							Арк.
							4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ВСТУП

Теплопостачання об'єктів соціальної інфраструктури (навчальних закладів, медичних закладів, комунальних будинків тощо) та міських житлових комплексів, що забезпечуються системами централізованого теплопостачання, організовується з урахуванням вимог ДБН В.2.5-39:2008, «Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих установок та теплових мереж», і має відповідати критеріям щодо:

Залежні системи опалення були розроблені в минулому столітті. У той час перевага надавалася системам з найменшими початковими інвестиціями та значно вищими експлуатаційними витратами. Сьогодні ситуація кардинально змінилася. Енергоресурси подорожчали в рази, що значно збільшило експлуатаційні витрати.

Значні необґрунтовані витрати систем розподілу теплової енергії пов'язані з експлуатацією застарілих теплових пунктів, які не обладнані засобами контролю та автоматики, які повинні використовуватися для регулювання теплового потоку.

Одним із шляхів вирішення зазначених проблем і подальшої модернізації технічних систем є проведення енергоаудиту.

Енергоаудит відіграє важливу роль в організації ефективного використання енергії в різних сферах діяльності людини. Енергетичні обстеження є інструментами об'єктивної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів та визначення необхідних управлінських впливів та ефективності цих впливів.

Підсумовуючи, можна сказати, що енергетичні обстеження (енергоаудит) є ефективно функціонуючим механізмом постійного моніторингу, аналізу та порівняння стану робочих об'єктів із визначеними стандартами.

Предметом енергоаудиту є споживання паливно-енергетичних ресурсів, аналіз та розробка заходів щодо ефективного використання енергетичних ресурсів

Основною метою енергоаудиту є пошук шляхів визначення напрямків ефективного енергозбереження.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергоаудити спрямовані на установи та підприємства будь-якої форми суттєвими експлуатаційними витратами.

Призначення енергетичного аудиту полягає у розв'язанні наступних задач:

- складання балансу споживання енергетичних ресурсів об'єктом;
- розробка заходів, спрямованих на зниження витрати енергії;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка розроблених до впровадження організаційно-технічних заходів.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори), які уповноважені на це. Проводиться за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1; 2].

Ефективність і повнота аудита у значній мірі залежать від кваліфікації та досвіду енергоаудитора.

Об'єктом енергетичного обстеження у наданій роботі є будівля басейну Сумського державного університету

Предмет обстеження – системи енергопостачання та води будівлі басейну СумДУ.

Мета та призначення представленої роботи:

Енергетичне обстеження системи енергопостачання і води, і розробка заходів з підвищення ефективності споживання енергоресурсів.

Задачі, які вирішуються при проведенні представленої роботи:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка можливих енергозбережних заходів.

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

Склад робіт з аналізу енергоспоживання та впровадження заходів з енергозбереження:

- обстеження та аналіз дійсного стану будівлі закладу;
- вивчення проектної документації;
- збір інформації щодо обсягів використання ПЕР за звітний період;
- проведення аналізу відповідності фактичних обсягів теплоспоживання досліджуваного об'єкту з розрахунковим обсягом теплоспоживання за нормованими показниками;

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Відповідно до поставлених цілей енергетичного обстеження першочерговим кроком є проведення енергетичного аудиту будівлі об'єкта, за результатами якого має бути визначена індивідуальне базове теплоспоживання.

Об'єкт енергетичного обстеження – будівля басейну Сумського державного університету, адреса 40007, Сумська обл., м.Суми, вул.Миколи Сумцова 2.

- Будівля побудована за проектом 1974 року.
- Висота від позначки підлоги першого поверху до даху 12,7м.
- Опалювальний об'єм – $V_h = 10305 \text{ м}^3$, визначається як об'єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій.
- Будівля розділена на дві частини: перша частина має три поверхи, а друга частина має один поверх.
- Орієнтовна кількість людей у будівлі в будь-який час протягом 11-годинного робочого дня становить 135 осіб.
- Призначення будівлі – заняття з фізичної культури.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Конструктивне рішення огорожувальних конструкцій будинку:

- Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 510 мм, оштукатурені ззовні та з середини цементним розчином 20мм.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Дахове перекриття виконане з використанням залізобетонної плити 220 мм, з прошарком цементно-гравійного розчину шаром 100 мм, покритим рубероїдним шаром 10 мм.

- Світлопрозорі конструкції (вікна) виконані з металопластикового профілю.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, укладеного з ТОВ «Сумитеплоенерго».

Університет щомісячно отримує акти прийому-передачі теплової енергії та рахунок за спожиту теплову енергію.

Оплата за використану теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Ввід теплової мережі до будівлі передбачений до теплового пункту, який розміщений у підвальному приміщенні де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення, та відповідає вимогам Правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Трубопроводи тепломережі і деталі вузлів обліку теплової енергії сталеві, повністю ізольовані. Загальний стан теплорозподільчої системи є застарілим та вимагає модернізації і технічного переоснащення.

У тепловому пункті встановлена традиційна залежна схема подачі теплоносія з елеваторним пристроєм (Додаток Б).

Основними завданнями персоналу, що обслуговує тепловий пункт 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.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Система електропостачання

В будівлю басейна централізовано, згідно договору постачає електроенергію АТ «Сумиобленерго». Система обліку електроенергії знаходиться в одному з приміщень теплового пункту. Загальний стан електрозподільчої системи є застарілим та вимагає модернізації і технічного переоснащення.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання згідно договору централізовано здійснює КП «Міськводоканал». Подача води здійснена до теплового пункту, що знаходиться у підвальному приміщенні будівлі. Система знаходиться в задовільному стані, але потребує сучасного переоснащення.

1.3.4 Система обліку споживання енергоносіїв

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води будівлі визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених перевірок.

Всі системи обліку знаходяться в тепловому пункті будівлі, та мають вільний доступ для персоналу.

Облік теплової енергії знаходиться на вхідній трубі теплоносія в доступному місці для персоналу. Забезпечує облік теплової енергії сучасний, електронний теплотічильник АХІОМА (АХІS) SKS-3, клас точності 1 (спеціальне виконання) або 2 згідно ДСТУ EN 1434-1:2014.

Для електроенергії використовується трифазний, однотарифний індукційний лічильник типу «СА4У-И672Г», номіналом 380В, який підключений через понижуючі трансформатори типу ТК-20, номіналом 0,66 КВ.

Для обліку спожитої води використовується застарілий механічний лічильник, модель та марку якого не можливо визначити. Розташований на вхідній трубі в відкритому та доступному місці для персоналу.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Висновки за розділом

1. Вивчена проектна документація. Перевірено дійсний стан будівлі та системи теплопостачання об'єкту обстеження.

2. Перевірено дійсний стан системи теплопостачання, електропостачання та системи водопостачання об'єкту.

3. Визначені типи та моделі засобів обліку для всіх видів енергії та води в будівлі, способи їх підключення до системи.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

Річне споживання енергоносіїв, води та тепла за останні 2 роки наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Споживання енергоносіїв і води за 2022-2023 рр.

Найменування	Од. вим.	Обсяги споживання за роками	
		2022	2023
Вода	м ³	9904	10852
Електроенергія	кВт-год	33559	65364
Тепло	Гкал	429,5	518,1

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

У вузлах приймання і розподілу теплоенергії встановлені лічильники для обліку теплової енергії, яка іде на опалення та підігрів холодної води завдяки встановленим теплообмінникам в тепловому пункті.

На рисунку 2.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею басейна СумДУ за 2022–2023 опалювальні роки (за даними обліку закладу).

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

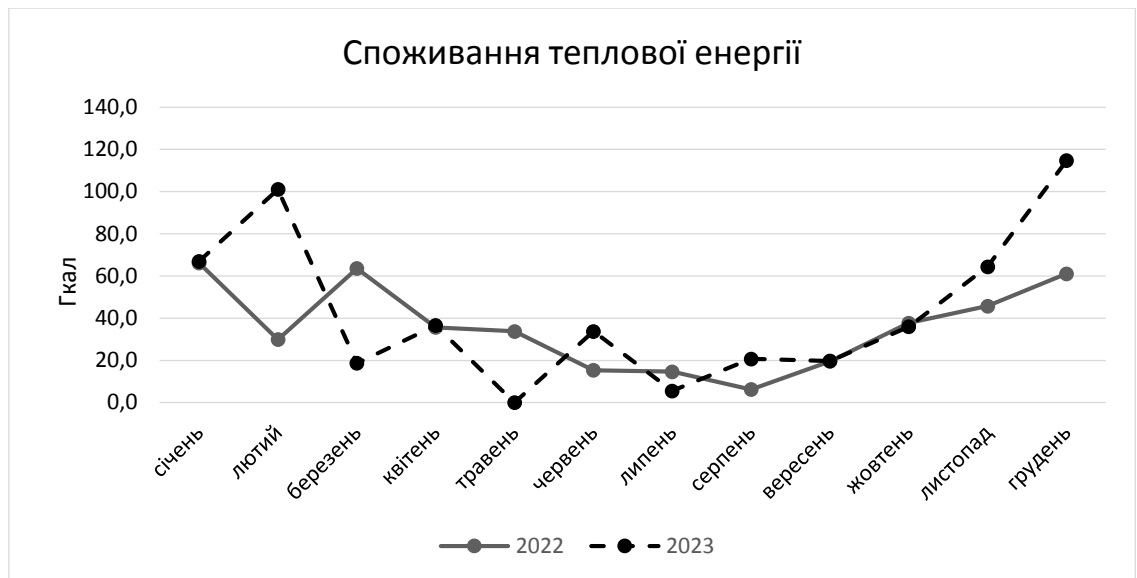


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання теплової енергії басейну за 2022–2023 опалювальні роки

З наведеної діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – травень-вересень. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою довкілля. Розбіжність в обсягах споживання теплоенергії за деякими місяцями у відповідні періоди різних років пояснюється неузгодженістю у строках надання облікових даних з теплоспоживання, та неможливістю у прогнозованому споживанні обсягами теплової енергії внаслідок відсутності відповідного обладнання, яке забезпечує якісний моніторинг у керуванні режимами роботи системи тепlopостачання будівель та складністю процесу у формуванні звітності з теплоспоживання, які пов'язані з дотриманням встановлених для закладу лімітів.

2.1.2 Аналіз обсягів споживання води

На рисунку 2.2 приведена динаміка споживання води будівлею басейна СумДУ за 2022–2023 опалювальні роки (за даними обліку закладу).

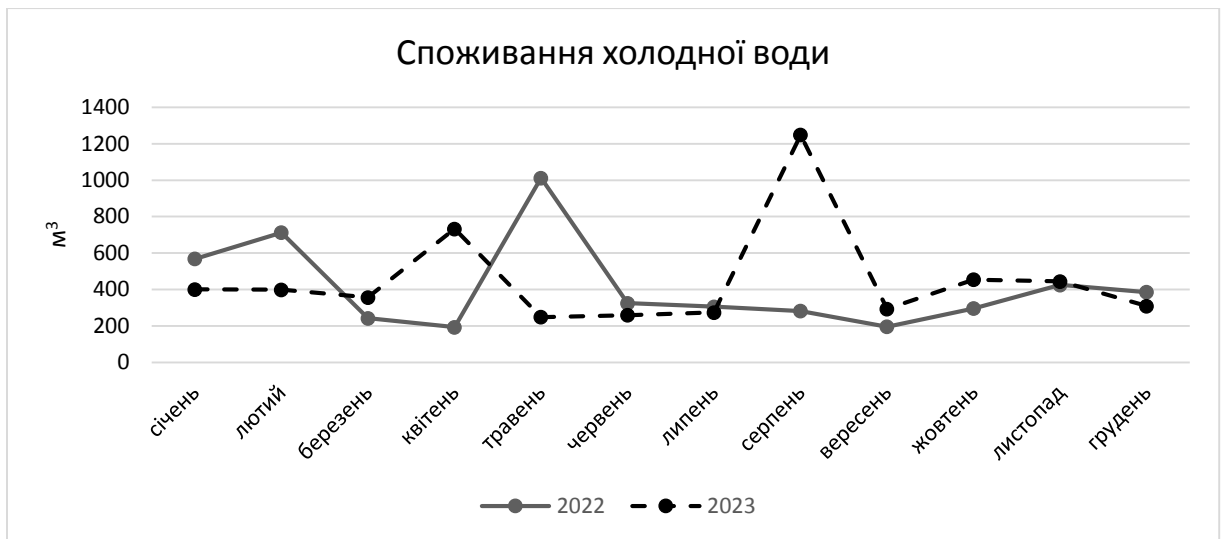


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання води басейну за 2022–2023 опалювальні роки

З наведеної діаграми видно, що закономірність між споживанням води по місяцям відсутня, басейн стабільно споживає приблизно однакову кількість води в продовж року, якщо не зважати на місяці коли відбувається планова заміна води в басейні, як наприклад в серпні 2023, або травні 2022.

2.1.3 Аналіз обсягів споживання електроенергії

На рисунку 2.3 приведена динаміка споживання електроенергії будівлею басейна СумДУ за 2022–2023 опалювальні роки (за даними обліку закладу).

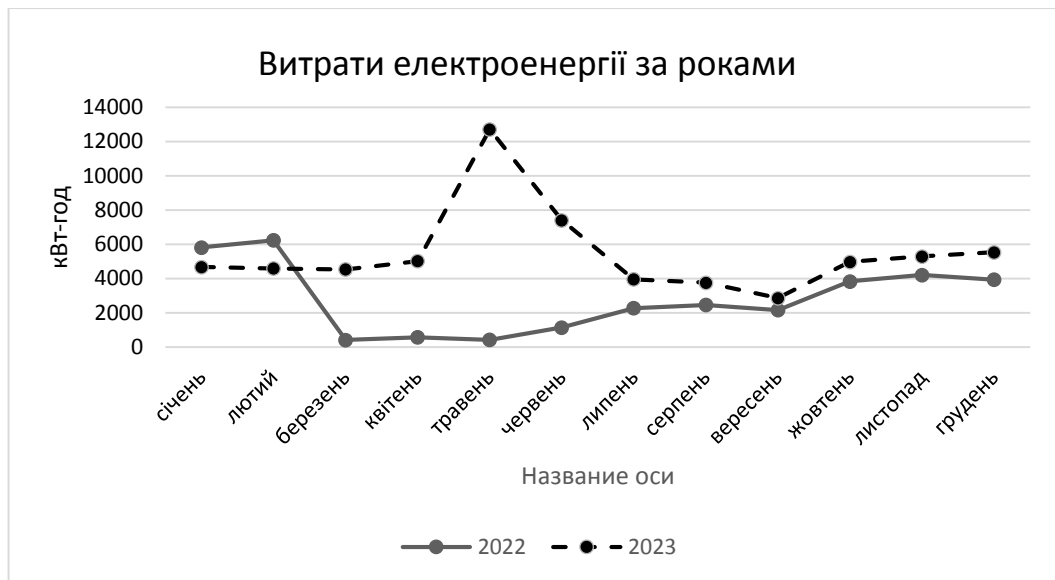


Рисунок 2.3 – Динаміка споживання води басейну за 2022–2023 опалювальні роки

З наведеної діаграми видно, що будівля споживає стабільну кількість електроенергії впродовж всього опалювального року. Найбільше спожито електроенергії було в травні 2023 року, це пояснюється виходом з ладу системи підігріву холодної води, й вимушеним підігрівом її завдяки проточним електроводопідігрівачам.

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі басейну, електричної енергії та води, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання зі встановленими державними нормами. Аналіз ефективності системи енергопостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів.

Система опалення

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [5, п. 4]:

$$EP_{use} = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (2.1)$$

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

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

Так як метою роботи є подальша модернізація системи опалення та реконструкція з утеплення зовнішніх стін закладу, то питома потреба на опалення будинків при реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин визначається мінімальною вимогою з виконання умови [7]:

$$EP_{use} \leq EP_p, \quad (2.2)$$

де EP_{use} – загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні, кВт·год/м³;

EP_p – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні житлових та громадських будівель, кВт год/м³ [7].

Нормативна питома енергопотреба для громадських будинків та споруд першої температурної зони становлять (з урахуванням вимоги ф.2.2):

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

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- опалювальний період 2022–2023 рік – $Q_{\text{оп}} = 429,5$ Гкал;
- опалювальний період 2023–2024 рік – $Q_{\text{оп}} = 518,1$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2021–2022 рік – $EP_{\text{use}} = 0,041$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2022–2023 рік – $EP_{\text{use}} = 0,050$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності за визначеними опалювальними періодами становить $EP = 0,045$ Гкал/м³.

Отриманий результат не відповідає нормативній умові (2.2).

Треба зазначити, що нормативні показники встановлені для сучасних вимог щодо рівня енергоефективності експлуатації будівель, а дійсний стан будівлі та технологічні можливості систем енергопостачання, не сприяють дотриманню зазначених показників. При цьому, за відсутності пристроїв автоматичного регулювання енергоспоживанням відбувається без чіткого визначення їх необхідної миттєвої величини та без відповідної методики прогнозування.

Система водопостачання

Значення фактичних питомих витрат холодної води в л/особу за добу становлять [16]:

- За 2022 рік – 123,8 л/особу;
- За 2023 рік – 135,65 л/особу;

Норма витрат холодної води на одного спортсмена становить 100 л/чол з урахуванням душу[24].

В басейні одночасно може бути до 40 осіб.

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що дійсні витрати перевищують нормовані більш ніж у 1,2 рази.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система електропостачання

Значення питомого максимального навантаження в кВт/м² за добу становлять:

- За 2022 рік – 0,035 кВт/м²;
- За 2023 рік – 0,069 кВт/м²;

Згідно державних норм [15, табл. 8.1] питоме максимальне навантаження для корпусів вищих і середніх державних закладів (без їдалень) з кондиціонуванням повітря. Має дорівнювати 0,05 кВт/м².

Відповідно до визначених результатів можна зробити висновок що будівля має задовільне значення питомого навантаження. Аномально високе значення питомого навантаження пояснюється відключенням централізованого теплопостачання в травні 2023, та вимушеним підігрівом води електричними проточними підігрівачами.

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки енергетичного балансу в будівлі, необхідно вважати таким, що потребує відповідної модернізації. Зазначений висновок, у свою чергу, визначає напрямки вибору енергозберіжних заходу щодо подальшого підвищення рівня енергозбереження в обстежуваній будівлі.

2.2.2 Розрахунковий аналіз опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх стінових конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 4°C та більше, обов'язкове виконання умови [1]

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{min}} \quad (2.3)$$

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

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

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, повинний бути не менше за вимогами значень $R_{q \text{min}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження. Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [5].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, для непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови (2.1) розраховується за формулою [1]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.4)$$

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – товщина матеріалу і-го шару конструкції, м ;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

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

					Арк.
					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, який обстежується, отримані відповідно до методики наданій у нормативній документації [4, п.5; 9] та представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі басейну СумДУ

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	$R_{\Sigma np}, \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$	$R_{q min}, \frac{M^2 \cdot K}{Bt}$
1	Стіни	1,02	4,0
2	Дахове перекриття	0,45	6,0
3	Вікна з ПВХ-профілю	0,6	0,9
4	Підлога	0,19	5,0

Для всіх результатів порівняльного аналізу, коли $R_{\Sigma np} < R_{q min}$, однозначним висновком є те, що теплозахисні властивості зовнішніх огорожень не відповідають нормативним вимогам, і для вирішення встановленої неузгодженості вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.3 Визначення рівня теплоспоживання

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку під час опалювального періоду $Q_{рік}$, кВт·год, визначається за формулою [2]:

$$Q_{рік} = [Q_k - (Q_{вн п} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (2.5)$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку, кВт·год, визначаються за формулою [3];

$Q_{внп}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год, визначається за формулою [4];

Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВт·год, визначаються за 6.4;

ν – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло під час періодичного теплового режиму; для будинку, що розглядається, $\nu = 0,8$;

ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; в будинку використовується однотрубна система опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП – $\zeta = 0,9$;

β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове тепло споживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через зарадіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювальні приміщення; для будинку баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Загальні тепловитрати будинку через огорожувальну оболонку за опалювальний період визначається за формулою [3]:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{буд} \cdot D_d \cdot \quad (2.6)$$

$$F_{\Sigma} = 0,024 \cdot 4,37 \cdot 4002 \cdot 2244,28 = 941,99 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду визначається за формулою [4]:

$$Q_{внп} = \chi_1 \cdot q_{внп} \cdot Z_{оп} \cdot F_{ip}, \quad (2.7)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q_{ВН П}$ – величина побутових тепло надходжень на 1 м² розрахункової площі громадського будинку, Вт/м²; враховується за розрахунковою кількістю людей 90 Вт/чол, що знаходяться в будинку та людей, що займаються у басейні 250 Вт/чол, освітленням (за встановленою потужністю) та офісної техніки з урахуванням кількості робочих годин на тиждень – 66 год. Загальна кількість годин на тиждень – 168;

$Z_{оп}$ – тривалість, діб, опалювального періоду, що визначається згідно зі ДСТУ –Н Б В.1.1-27 для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше ніж 10 °С - у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів, та не більше ніж 8 °С - в інших випадках; для Сум менше 10 град – 204 доби, менше 8 – 152 діб

F_{ip} – розрахункова площа будівлі 1769,3 м².

Тепловиділення протягом тижня:

- від людей, що знаходяться в будівлі

$$Q_1 = \frac{90 \cdot 29 \cdot 66}{168} = 1,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{1.басейн} = \frac{250 \cdot 106 \cdot 66}{168} = 10,41 \text{ кВт}.$$

- від штучного освітлення (із коефіцієнтом використання 0,5)

$$Q_{2л.р} = (14 \cdot 300 + 3 \cdot 200 + 4 \cdot 150 + 43 \cdot 100 + 94 \cdot 60 + 25 \cdot 12) \cdot 0,95 \cdot \frac{66}{168} \cdot 0,5 = 2,919 \text{ кВт};$$

$$Q_{2л.с 18} = 18 \cdot 0,4 \cdot 160 \cdot \frac{66}{168} \cdot 0,5 = 0,226 \text{ кВт};$$

$$Q_{2л.500,250} = (250 \cdot 2 + 300 \cdot 3) \cdot 0,4 \cdot \frac{66}{168} \cdot 0,5 = 0,157 \text{ кВт}.$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- теплонадходження від працюючого електроустаткування загальною потужність 18,6 кВт з коефіцієнтом завантаження 0,9 та ККД 0,9

$$Q_3 = 18,6 \cdot (1 - 0,9 \cdot 0,9 + 0,75 \cdot 0,9) \cdot 0,15 = 2,41 \text{ кВт};$$

$$q_{\text{ВНП}} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{F_{\text{ір}}} = \frac{(1,03 + 10,41 + 2,919 + 0,226 + 0,157 + 2,41) \cdot 10^3}{1769,3} = 9,69 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже

$$Q_{\text{ВНП}} = 0,024 \cdot 9,69 \cdot 152 \cdot 1769,3 = 62,54 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма сторонами світу, визначаються за формуло [6]:

$$Q_S = \zeta_{\text{в}} \varepsilon_{\text{в}} (F_{\text{Пн}} I_{\text{Пн}} + F_C I_C + F_{\text{Пд}} I_{\text{Пд}} + F_3 I_3) + \zeta_{\text{зл}} \varepsilon_{\text{зл}} F_{\text{спл}} I_{\text{г}}, \quad (2.8)$$

де $\zeta_{\text{в}}$, $\zeta_{\text{зл}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймаються згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

$\varepsilon_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{зл}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;

$F_{\text{Пн}}$, F_C , $F_{\text{Пд}}$, F_3 - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, за проектом.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даному випадку будинок має проміжну орієнтацію, тоді:

$$F_{Пн} = 99,73 \text{ м}^2 ; F_C = 66,03 \text{ м}^2 ; , F_{Пд} = 112,32 \text{ м}^2 , F_3 = 12,48 \text{ м}^2 ;$$

$F_{сн.л}$ – площа світлових прорізів зенітних ліхтарів будинку, м^2 ;

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_3$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, приймаємо згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; для умов міста Суми:

$$I_{Пн} = 156 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_C = 220 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_{Пд} = 341 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ; I_3 = 224 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2 ;$$

I_e – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, приймається згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007.

Формула в даному випадку може бути перетворена [7]:

$$Q_S = \zeta_\epsilon \epsilon_\epsilon (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3). \quad (2.9)$$

Для двокамерних склопакетів з 4М₁ скла в одинарних плетіннях $\zeta_\epsilon = 0,8$, $\epsilon_\epsilon = 0,74$. Отже

$$Q_S = 0,8 \cdot 0,74 \cdot (99,73 \cdot 156 + 66,03 \cdot 220 + 112,32 \cdot 341 + 12,48 \cdot 224) = 42,14 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Враховуючи значення складових тепловтрат і теплонадходжень у будинок, визначається $Q_{рік}$:

$$Q_{рік} = [941,99 \cdot 10^3 - (65,54 \cdot 10^3 + 42,14 \cdot 10^3) \cdot 0,8 \cdot 0,9] \cdot 1,11 = 959 \cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Розраховуємо значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{б\text{уд}}$, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$, визначається за формулою

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{V_h} = \frac{959 \cdot 10^3}{10305} = 93,06 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

Визначення класу енергетичної ефективності будинку

Клас енергетичної ефективності будинку визначається згідно з додатком Ф ДБН В.2.6-31 на підставі аналізу виразу:

$$\left[\frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \cdot 100\% ,$$

де E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт · год/м³, що встановлюється згідно з ДБН В.2.6-31 залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку; для даного будинку $E_{\text{max}} = 31 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$.

Тоді

$$\left[\frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \cdot 100\% = \left[\frac{(93,06 - 31)}{31} \right] \cdot 100\% = 200,1 \%$$

Згідно з ДБН В.2.6-31 таблиця Ф.4 даний будинок відноситься до класу енергетичної ефективності «F».

2.4 Визначення рівня тепловитрат

Тепловитрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, ворота, неутеплені підлоги) визначаються за формулою[23]:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{озп}}}{R_{\Sigma \text{нр}}} \cdot (t_s - t_{z.p.}) \cdot n \quad , \text{ Вт}$$

(2.10)

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, m^2 ;
 $R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

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

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

Використовуючі формулу 2.10, таблицю 2.2 та отриманні данні раніше отримуємо такі результати:

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку загальних тепловтрат будівлі відсотках.

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Розрахункове значення приведенного опору $m^2 \cdot K / Вт$	Загальні втрати, Квт	%
1	Стіни	1,02	55,91	13,9
2	Дахове перекриття	0,45	95,6	24,1
3	Вікна з ПВХ-профілю	0,6	19,4	4,9
4	Підлога	0,19	226,5	57,1

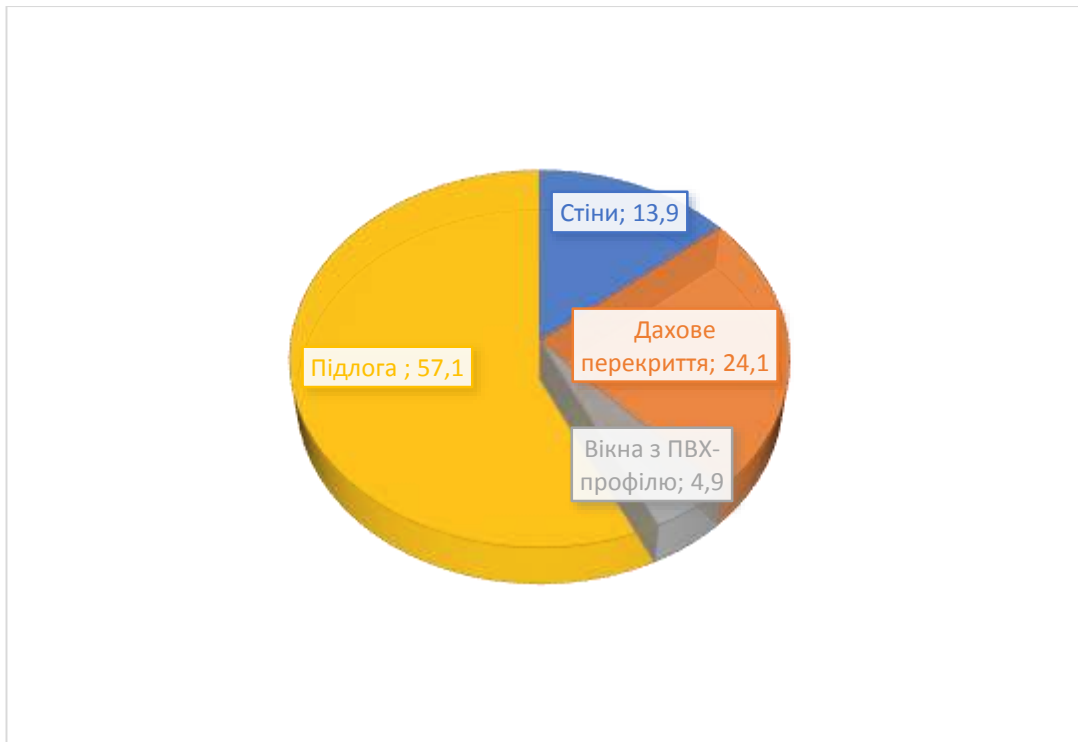


Рисунок 2.4 – Отримані результати загальних тепловтрат будівл. у вигляді кругової діаграми.

2.5 Висновки за розділом

1. Отримані результати ($R_{\Sigma пр} < R_{q, min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [5, табл.1]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі, а саме, проведення реконструкції з нанесення теплоізоляції на їх поверхню.

2. Розрахунково визначено рівень теплової потужності об'єкту при дійсному стані будівель закладу для визначення показника рівня теплоспоживання.

4. Визначений факт невідповідності у споживанні теплової, електричної енергії у порівнянні з нормованими показниками свідчить про те, що обстежуваний заклад не має ефективної технології у прогнозованому регулюванні обсягами енергоспоживання.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Отримані результати після визначення класу енергоефективності будівлі свідчать про незадовільний рівень ефективності будівлі, та впровадження енергозбережних заходів.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Характеристика можливих енергозбережних заходів

За результатами проведених робіт за першими етапами енергетичного обстеження будівлі басейну СумДУ, було отримано такий висновок – найбільші витрати при експлуатації обстежуваного об'єкту припадають на споживання теплової енергії. Енергетична ефективність будівлі, яка обстежувалась, з позиції збереження теплової енергії є низькою. Враховуючи отримані результати з етапів енергетичного обстеження, які вказують на основні напрями зменшення енергетичної ефективності будівель, були розроблені першочергові енергозбережні заходи з метою зменшення витрат на споживання ПЕР.

Розроблені енергозбережні заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження: фінансові, експлуатаційні, матеріально-технічні.

Утеплення огорожувальних конструкцій

Огорожувальні конструкції приміщення мають недостатній опір теплопередачі (див. табл. 2.2), такі як: зовнішні стіни, суміщене перекриття. Тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії, що надходить від системи опалення. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій спеціальними матеріалами здатне значно скоротити втрати теплової енергії загалом у приміщенні, і відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. Фасад будівлі при цьому приймає оновлений та естетичний вигляд.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

1.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій

У зв'язку з тим, що отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{qmin}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам (див. табл. 2.2), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огорожувальних конструкції спеціальними теплоізоляційними матеріалами.

При запровадженні утеплення огорожувальних конструкцій теплоізоляційними матеріалами з визначеною товщиною, буде забезпечена нормативна вимога за величиною опору теплопередачі, що задовольнятиме умову $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$ [4; 5].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару $\delta_{ут}$ для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [9]:

$$\delta_{ут} = [R_{qmin} - R_{\Sigma пр}] \cdot \lambda_{ут} \quad (3.1)$$

де $\lambda_{ут}$ – теплопровідність матеріалу теплоізоляції, Вт/(м · К) [4];

$R_{\Sigma пр}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

R_{qmin} – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт [5].

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ут} = 0,036$ Вт/(м·К).

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить (3.1):

$$\delta_{\text{ут}} = [4 - 1,02] \cdot 0,036 = 0,107 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,12 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки Rockwool (120 мм) [17].

Ефект з економії теплової енергії від утеплення огорожувальних конструкцій за опалювальний період розраховується за осередненими показником температури за опалювальний період:

$$Q_{\text{Ек.рік}} = F \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}} - \frac{1}{R_{q\text{min}}} \right) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.оп}}) \cdot n \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7}, \text{Гкал/рік} \quad (3.2)$$

де $R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (див. табл. 2.1);

$R_{q\text{min}}$ – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції після теплоізоляції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ [5];

F – площа огорожувальної конструкції, яка утеплюється, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{ср.оп}}$ – середньорічна температура опалювального сезону, $^{\circ}\text{C}$;

n – кількість днів опалювального сезону.

Ефект з економії теплової енергії від утеплення зовнішніх стін у відповідності до опалювального періоду 01.11.2022 - 31.03.2023 (152 доба, 3648 год), при умові дотримання температурних режимів у приміщеннях будівлі – 18°C [8], та середній температурі за зазначений опалювальний період $-0,2^{\circ}\text{C}$:

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = 1403 \cdot \left(\frac{1}{1,02} - \frac{1}{4} \right) \cdot (18 - (-0,2)) \cdot 152 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 58,5 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти за відповідний опалювальний період 293,49 Гкал, економія відносно до будівлі становить:

$$\delta Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{58,5 \cdot 100}{293,4} = 19,9 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за відповідний опалювальний період, який визначено базовим рівнем теплоспоживання – 351,9 Гкал.

Скорегована економія тепла від базового рівня споживання складе:

$$Q_{\text{стн.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{351,9 \cdot 19,9}{100} = 70 \text{ Гкал}$$

Виходячи з чинного розрахункового тарифу на теплову енергію з 01.01.2024 року, грн./Гкал – 3 702,86 грн/Гкал з ПДВ[18], розрахункова економія коштів на теплоспоживання становить:

$$\Delta E = 70 \times 3702,86 = 259\,200 \text{ грн/рік}$$

Мінеральна вата rockwool frontrock super 120x600x1000 мм коштує 648,3 грн за 1 м² [16].

Порахуємо витрати на введення в експлуатацію.

Орієнтовну загальну суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу порахуємо за формулою:

$$K = K_{\text{тов}} + K_{\text{м}} \quad (3.3)$$

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{\text{ТОВ}}$ – придбання теплоізоляційного матеріалу, грн.;

$K_{\text{М}}$ - вартість робіт на монтаж одиниці продукції (візьмемо 50% від вартості матеріалу), грн.

$$K_{\text{ТОВ}} = 648,3 \cdot 1403 = 909\,144 \text{ грн}$$

$$K_{\text{М}} = 909\,144 \cdot 0,5 = 454\,572 \text{ грн}$$

Також після встановлення теплоізоляційного шару, буде нанесена захисна штукатурка від зовнішнього впливу на вату. Розраховується площі огорожувальних конструкцій. Ціна за 1 м² дорівнює 205грн.

Тоді K дорівнює:

$$K = 909\,144 + 454\,572 + 287\,615 = 1\,651\,331 \text{ грн}$$

Визначаємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta E} \quad (3.4)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,651\,331}{259\,200} = 6,3 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

При розрахунках економії від запровадження визначеного енергозбережного заходу використовувалася норма дисконтування, яка з 27.10.2023 за рішенням НБУ становить 13% річних [12].

Вибір відсоткової ставки здійснено усереднено з позицій альтернативної вартості розміщення коштів на довгостроковому (від 12 місяців) банківському депозиті. Така норма дисконтування показує привабливість інвестування з точки

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інвестора. При цьому проект вважається ефективним, якщо він має дохідність вищу за рівень інфляції. Таким чином, ефективність пропонуванних заходів відбувається за таким алгоритмом: спочатку здійснюється розрахунок наведених вище показників при ставці дисконтування рівній 13%, у випадку незадовільного результату за даної ставки дисконтування проводиться розрахунок за ставки дисконтування рівній прогнозованому рівню інфляції у поточному році. Такий алгоритм дозволяє оцінити проекти (заходи) з точки зору їхньої ефективності та доцільності реалізації.

Дохід від реалізації заходів визначався як потенційна економія споживання енергетичних ресурсів у вартісному вираженні в результаті впровадження заходів та амортизаційні нарахування (за наявності). Розмір щорічної амортизації протягом всього терміну використання обладнання прийнято як сталу величину, що розраховується як відношення амортизаційної вартості до корисного строку реалізації проекту (заходу).

Витрати визначалися як сума вартості матеріалів, вартості будівельно-монтажних робіт та витрат на оплату праці (у поточних цінах).

Ефективність запропонованих заходів розрахована за допомогою показників: чиста приведена вартість – *NPV*; внутрішня норма дохідності – *IRR*; дисконтований період окупності проекту – *DPP* та індекс прибутковості – *PI* [13].

Чиста приведена вартість (*NPV* – це різниця між сумою дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів) за період реалізації інвестиційного заходу та сумою дисконтованих інвестиційних витрат, необхідних для його реалізації. Чиста приведена вартість (*NPV*) розраховується за формулою:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} - \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+r)^k} \quad (3.5)$$

де *n* – термін реалізації проекту;

CF_k – чистий вхідний потік коштів (доходи) у *k*-му році;

r – ставка дисконту;

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I_k – інвестиційні витрати у k -му році;

k – порядковий номер року від початку реалізації проекту (заходу).

Внутрішня норма дохідності (IRR) – значення ставки дисконтування, при якому сума дисконтованих інвестиційних витрат дорівнює сумі дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів), або значення показника дисконту, при якому NPV проекту дорівнює нулю.

Внутрішня норма дохідності (IRR) розраховується за формулою:

$$IRR = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} - \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+IRR)^k} = 0 \quad (3.6)$$

де n – термін реалізації проекту (заходу);

CF_k – чистий вхідний потік коштів (доходи) у k -му році;

r – ставка дисконту;

I_k – інвестиційні витрати у k -му році;

k – порядковий номер року від початку реалізації проекту.

На практиці визначення IRR здійснюється за такою формулою:

$$IRR = A + a (B - A)/(a - b) \quad (3.7)$$

де A – величина ставки дисконту, при якій NPV позитивна;

B – величина ставки дисконту, при якій NPV негативна;

a – величина позитивної NPV при величині ставки дисконту A ;

b – величина негативної NPV при величині ставки дисконту B .

Дисконтований період окупності (DPP) – розраховується як строк до моменту виконання рівності:

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum_{k=1}^{DPP} \frac{CF_k}{(1+r)^k} = \sum_{k=1}^{DPP} \frac{I_k}{(1+r)^k} = 0 \quad (3.8)$$

Індекс прибутковості (PI) – це частка від поділу суми дисконтованих чистих вхідних потоків коштів (доходів) за період реалізації заходу на суму дисконтованих інвестиційних витрат, необхідних для реалізації цього заходу.

$$PI = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} / \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+r)^k} \quad (3.9)$$

Показники економічної ефективності заходів з утеплення огорожувальних конструкцій наведено таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Показники економічної ефективності заходів з утеплення стін будівлі хірургічного корпусу №1 (стаціонар)

Назва показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Вартість реалізації заходу	тис. грн.	1 651 331
Чиста приведена вартість (NPV)	тис. грн.	234 261
Індекс прибутковості		$PI > 1$
Внутрішня норма дохідності	%	17%
Термін окупності	роки, місяці	7 років 1 місяць

Наведені вище показники свідчать про ефективність заходів з утеплення огорожувальних конструкцій стін будівлі хірургічного корпусу.

1.2.2 Утеплення дахового перекриття

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару стелі, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ym} = 0,036$ Вт/(м·К).

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина теплоізоляції стелі становить (2.1):

$$\delta_{\text{ут}} = [6 - 0,45] \cdot 0,036 = 0,199 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,2 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтовий утеплювач Lamisol Paz 105 товщиною 200 мм. [17].

Ефект з економії теплової енергії від утеплення дахового перекриття за опалювальний період розраховується за осередненими показником температури за опалювальний період (ф.3.2):

Ефект з економії теплової енергії від утеплення даху у відповідності до опалювального періоду 01.11.2022 - 31.03.2023 (152 доба, 3648 год), при умові дотримання температурних режимів у системі приміщеннях будівлі – 18°C [8], та середній температурі за зазначений опалювальний період -0,2°C:

$$Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = 1075,95 \cdot \left(\frac{1}{0,45} - \frac{1}{6} \right) \cdot (18 - (-0,2)) \cdot 152 \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} = 126,2 \text{ Гкал}$$

У процентному співвідношенні від розрахункового споживання теплоти за відповідний опалювальний період 293,49 Гкал, економія відносно до будівлі становить:

$$\delta Q_{\text{стн}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{126,2 \cdot 100}{293,4} = 43,01 \%$$

Переносимо це процентне співвідношення на фактичну величину споживання теплової енергії за відповідний опалювальний період, який визначено базовим рівнем теплоспоживання – 419,6Гкал.

Скорегована економія тепла від базового рівня споживання складе:

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{стн.б}}^{\text{Ек.рік}} = \frac{419,6 \cdot 43,01}{100} = 180,46 \text{ Гкал}$$

Виходячи з чинного розрахункового тарифу з 01.01.2024 року, грн./Гкал – 3 702,86 грн/Гкал з ПДВ[18], розрахункова економія коштів на теплоспоживання становить:

$$\Delta E = 180,46 \times 3702,86 = 668\,218 \text{ грн/рік}$$

Базальтовий утеплювач Lamisol Paz 105 товщиною 200 мм. коштує 800 грн за 1 м² [17].

Розрахунок витрат на введення в експлуатацію.

Орієнтовна загальна суму капітальних витрат для впровадження пропонованого заходу (ф.3.3):

$$K_{\text{тов}} = 800 \cdot 1075,95 = 860\,760 \text{ грн}$$

$$K_{\text{м}} = 860\,760 \cdot 0,5 = 430\,380 \text{ грн}$$

Також після встановлення теплоізоляційного шару, буде нанесена захисна штукатурка від зовнішнього впливу на вату. Розраховується відносно площі дахового перекриття. Ціна за 1 м² дорівнює 205 грн.

Тоді капітальні витрати дорівнюють:

$$K = 860\,760 + 430\,380 + 220\,569 = 1\,511\,709 \text{ грн}$$

Визначаємо термін окупності (ф.3.4):

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,511\,709}{668\,218} = 2,2 \text{ року.}$$

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Висновки за розділом

Для досягнення максимального економії паливно-енергетичних ресурсів було запропоновано впровадження наступних енергозбережних заходів:

- утеплення зовнішніх стін, що в свою чергу дозволить зекономити 70 Гкал за опалювальний період;
- утеплення дахового перекриття дозволить зекономити 180,4 Гкал за опалювальний період.

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Метою виконаної роботи була підготовка початкових даних для впровадження заходів з енергозбереження для будівлі басейну СумДУ, та їх техніко-економічний аналіз.

В результаті отримані наступні висновки:

1. Проведено аналіз обсягів споживання теплової, електричної енергії та води з відповідним аналізом отриманих результатів.
2. Виконано порівняльний аналіз питомих витрат енергії на об'єкті енергетичного обстеження з чинними нормами енергоспоживання в Україні. Встановлено, що рівень енергоспоживання і води у будівлі басейну СумДУ не відповідає нормативним вимогам
3. Проведено аналітичний розрахунок теплової потужності системи тепlopостачання будівлі, з подальшим визначенням її рівня енергоефективності. Встановлено, що рівень енергоефективності будівлі СумДУ відноситься до класу низької енергоефективності F
4. Запропоновано енергозбережні заходи щодо утеплення огорожувальних конструкцій та дахового перекриття.
5. Розрахунки показали фінансову економію від впровадження запропонованих заходів з енергозбереження. Отримані результати терміну окупності відповідають сучасним вимогам щодо реалізації енергозберігаючих заходів.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
3. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі»
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінрегіон України, 2021. – 27 с.
6. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
7. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260 ”Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель”, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 18 грудня 2020 р. за № 1257/35540.
8. 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.
9. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житловокомунального господарства України. – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696с.
10. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель». – К. Мінрегіонбуд України, 2016. –47 с.
- 11.[Електронний ресурс]: «Утеплювач базальтовий rockwool frontrock super 120 мм штукатурний фасад Детальніше: <https://stroydar.com.ua/ua/p518917722->

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- uteplitel-bazaltovyj-rockwool.html».. – Режим доступу до ресурсу:
<https://stroydar.com.ua/ua/p518917722-uteplitel-bazaltovyj-rockwool.html> .
12. [Електронний ресурс]: «Облікова ставка НБУ 2023»
<https://buhplatforma.com.ua/article/7451-oblkova-stavka-nbu>
13. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М. Сотник, О.М. Маценко, О.М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет. – 2013, 48 с
14. [Електронний ресурс]: «Сайт моніторингу та статистичного аналізу даних погодних умов Weatherbase»
<https://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=57233>
15. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ та організацій бюджетної сфери України : від 17.03.2000 р.
16. [Електронний ресурс]: Утеплювач Rockwool Frontrock Max E 120 мм. Ціна у Києві та Україні , Купити - Т.R.ishkovcompany ®. « Т.R.ishkovcompany ® » Покрівельний Гіпермаркет - Київ.
<https://trishkovcompany.com.ua/ua/p1233305495-uteplitel-rockwoolfrontrock.html>
17. [Електронний ресурс]: Утеплювач Rockwool Frontrock Max E 120 мм. Ціна у Києві та Україні , Купити - Т.R.ishkovcompany ®. « Т.R.ishkovcompany ® » Покрівельний Гіпермаркет - Київ. URL:
<https://trishkovcompany.com.ua/ua/p1233305495-uteplitel-rockwool-frontrock.html>
18. Оголошення про встановлення тарифів на теплову енергію, її виробництво та постачання, послуги з постачання теплової енергії, постачання гарячої води від ТОВ „Сумитеплоенерго”
19. ДСТУ EN 61140:2014. Захист від ураження електричним струмом. Основні аспекти.
20. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будівель і споруд. Електропостачання зовнішнє і внутрішнє.

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 21.Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.02.2012 № 126 "Про затвердження Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями".
- 22.НПАОП 40.1-1.32-01. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.]
23. Методичні вказівки до виконання практичних занять, розрахункових та самостійної робіт із дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» / укладач С. С. Антоненко. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 72 с.
24. Рішення виконавчого комітету Сумської Міської Ради «Про затвердження норм водопостачання для споживачів м.Суми з міського водогону» від 20.04.99 № 172. – Суми. – 1999. –7с.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема: Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Примітка. – Увесь нижченаведений матеріал, який розкриває питання теми, це компіляція різної інформації за відповідними питаннями, яка узята з інформаційних джерел: [19,20,21,22]

У сучасному світі електрика відіграє ключову роль у практично всіх сферах життя. Від побутових приміщень до промислових комплексів, електрика стала невід'ємною складовою нашого повсякдення. Проте разом з усією своєю користю електрика також несе певні ризики, зокрема, небезпеку ураження електричним струмом. Одним із ключових аспектів безпеки в електричних системах є правильна класифікація приміщень за ступенем їхньої небезпеки.

Загальні принципи класифікації:

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом базується на декількох основних принципах:

Використання: Це визначається тим, як приміщення використовується та які види електричних пристроїв і обладнання в ньому знаходяться.

Умови: Умови приміщення включають в себе такі фактори, як вологість, температура, наявність пилу та інші, які можуть впливати на безпеку електричних систем.

Контакт: Чи є прямий або непрямий контакт з електричними джерелами у приміщенні.

Класифікація приміщень:

Усі приміщення поділяються на три категорії залежно від рівня небезпеки ураження електричним струмом. Перша категорія - приміщення без підвищеної небезпеки. Друга категорія - приміщення з підвищеною небезпекою. Третя категорія - особливо небезпечні приміщення.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю умов, які збільшують ризик ураження: висока вологість повітря, висока температура, наявність струмопровідного пилу, струмопровідна підлога або можливість одночасного доторкання до металевих елементів технічного обладнання та електроустаткування, які знаходяться під напругою.

Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю дуже високої вологості повітря, хімічно активного середовища або одночасною наявністю кількох умов, що збільшують ризик ураження.

З метою забезпечення безпеки, напруга живлення ручних переносних світильників та електричного інструменту в приміщеннях з підвищеною небезпекою може становити до 42 В, а в особливо небезпечних приміщеннях - до 12 В.

Для забезпечення безпеки електроустановок використовуються різні технічні способи та засоби захисту, які можуть бути розділені на конструктивні, технічні та організаційні. Технічні способи та засоби захисту включають ізоляцію струмовідних частин, забезпечення недосяжності неізольованих струмовідних частин, попереджувальну сигналізацію, зниження напруги та вирівнювання потенціалів.

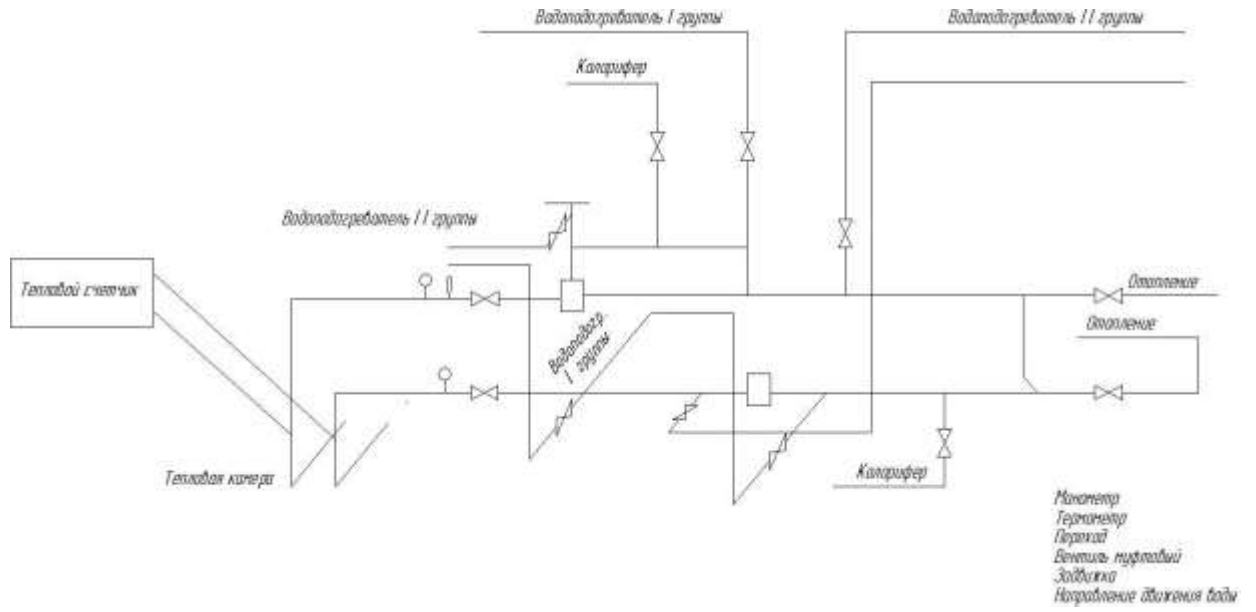
Крім того, електричний поділ мережі є ефективним способом зниження ризику ураження електричним струмом шляхом розділення електромережі на окремі ділянки.

Висновок

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом є важливим аспектом охорони праці. Розуміння цих класифікацій допомагає працівникам уникати небезпечних ситуацій та забезпечує безпеку під час роботи з електричними пристроями. Правильне використання заходів безпеки є ключем до запобігання нещасних випадків та збереження здоров'я та життя працівників.

ДОДАТОК Б

(Схематичне зображення теплопункту)



ДОДАТОК В

Кількість теплової енергії, спожитої будівлею басейна СумДУ

Обсяги теплоспоживання, Гкал		
	2022	2023
січень	66,2	67,0
лютий	29,9	101,0
березень	63,6	18,7
квітень	35,6	36,5
травень	33,8	0,0
червень	15,4	33,8
липень	14,6	5,6
серпень	6,3	20,8
вересень	19,6	19,8
жовтень	37,7	36,0
листопад	45,8	64,4
грудень	61,1	114,7
Всього	429,5	518,2

Кількість спожитої теплової енергії за опалювальними періодами:

- опалювальний період 2022–2023 рік – $Q_{\text{оп}} = 429,5$ Гкал;
- опалювальний період 2023–2024 рік – $Q_{\text{оп}} = 518,1$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2022–2023 рік – $EP_{\text{use}} = 0,041$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2023–2024 рік – $EP_{\text{use}} = 0,050$ Гкал/м³.