

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання
ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

«___» _____ 2025 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Аналіз ефективності використання енергоресурсів у
гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОН-11

Босенко Яна Андріївна _____

Керівник:

д.т.н., доцент. Дерев'янка Денис Григорович _____

Консультанти:

Теплова частина
(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Охорона праці
(назва розділу)

д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль
(назва розділу)

пров. інженер Прокопенко І.Д.
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка: Босенко Я.А. _____

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студентці

Босенко Яна Андріївна

1. **Тема проєкту** «Аналіз ефективності використання енергоресурсів у гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського», керівник проєкту д.т.н., доцент Дерев'янко Денис Григорович, затверджені наказом по університету від « 23 » травня 2025 р. №1698-с

2. **Термін здачі студентом закінченого проєкту** “13 ” червня 2025 р.

3. **Вихідні дані до проєкту** результати проведеного енергетичного аудиту.

4. **Перелік розділів, які мають бути розроблені**

а) електрична частина: - схеми електропостачання, повірочний розрахунок навантажень, складання електричного балансу та оцінка систем обліку електроенергії. Розглядаються типові заходи з енергоефективності для зменшення втрат і оптимізації споживання електроенергії..

б) теплова частина: - Визначається теплове навантаження на опалення, вентиляцію та ГВП. Аналізуються розрахункові й фактичні дані енергоспоживання. Запропоновано типові заходи для підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій і систем теплозабезпечення.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в) охорона праці та пожежна безпека: - Аналіз умов монтажу геліосистеми. Визначення основних виробничих ризиків. Заходи безпеки, зокрема застосування ЗІЗ, безпечний доступ до обладнання, проведення інструктажів.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Генеральний план об'єкту зі схемою підключення зовнішніх інженерних мереж
2. Схема ІТП
3. Плакат з деталізацією інформації по заходах з енергоефективності (електрична та теплова частини)
4. Однолінійна електрична схема електропостачання

6. Консультанти розділів проекту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третькова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>			

7. Дата видачі завдання “ 22” травня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проекту

студенткою Босенко Я. А.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	23.05.-05.06.25	
	Розрахунок теплової частини		
	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки		
	Впровадження альтернативних джерел енергії		
	Підготовка графічного матеріалу	.06.25	
	Захист дипломного проекту		

Студент
Керівник проекту

Яна БОСЕНКО
Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається із 6 розділів і містить 141 сторінку основного тексту. Робота включає 46 ілюстрацію, 40 таблицю та 59 джерела літератури за списком посилань.

Метою роботи є аналіз ефективності використання енергоресурсів у будівлі студентського гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського. У межах проєкту проведено оцінку рівня енергоспоживання, виявлено основні напрями нераціонального використання енергії, а також розроблено низку заходів, спрямованих на зниження енерговитрат та впровадження енергоефективних рішень. Окрему увагу приділено можливостям використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення потреб гуртожитку.

Реалізація запропонованих у роботі заходів дозволить підвищити енергоефективність будівлі, зменшити витрати на енергоресурси та покращити умови проживання мешканців.

Ключові слова: енергоефективність, енергоспоживання, енергозбереження, втрати енергії, економія, гуртожиток, відновлювані джерела енергії.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory report of the diploma project consists of six sections and includes 141 pages of main text. The work contains 46 illustrations, 40 tables, and 59 bibliographic references.

The aim of the project is to analyze the efficiency of energy use in the student dormitory № 20 of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. The project evaluates the current level of energy consumption, identifies key areas of inefficient energy use, and proposes a range of measures aimed at reducing energy losses and implementing energy-saving solutions. Special attention is given to the potential use of renewable energy sources to meet the dormitory's needs.

Implementation of the proposed measures will improve the building's energy efficiency, reduce energy costs, and enhance living conditions for residents.

Keywords: energy efficiency, energy consumption, energy saving, energy losses, cost reduction, dormitory, renewable energy sources.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧНЬ, ТЕРМІНІВ

ГВП – гаряче водопостачання;

ТМ – трансформатор масляний;

LED – світлодіодні лампи;

ЕП – електроприймач;

ЗЕЕ – захід з енергоефективності;

ДСТУ – державний стандарт України;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСН – державні санітарні норми.

IRR – внутрішня норма рентабельності

NPV – чистий дисконтований дохід

NPVq – коефіцієнт чистого дисконтованого доходу

ГВП – гаряче водопостачання

ДБН – Державні будівельні норми;

Д – дерев'яний

ДСТУ - Державна система стандартизації України

ЕЕ – енергетична ефективність

ЕіО – експлуатація і обслуговування

Зх – Захід

ККД – коефіцієнт корисної дії

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підис	Дата		6

КЛЛ – компактна люмінесцентна лампа

МП – металопластиковий;

М – металевий

ОП – опалювальний прилад

ОСВ - одиниця скорочення викидів

Пд – Південь

ПДВ - податок на додану вартість

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

Пн – Північ

Сх – Схід

ТЕ – теплова енергія

α – коефіцієнт тепловіддачі;

δ – товщина;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

R – опір теплопередачі;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа;

Q – теплота.

ст – стіна;

в – вікно;

д –двері;

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ	11
1.1 Загальні відомості об'єкту дослідження.....	11
1.2 Короткий опис інженерних мереж	14
1.3 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів гуртожитком № 20 останні два роки	17
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР.....	24
1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності.....	32
Висновки до розділу 1	33
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	34
2.1. Схема електропостачання об'єкта та її аналіз.....	34
2.2 Основні споживачі електричної енергії.....	35
2.3 Енергетичний баланс електропостачання гуртожитку	37
2.4 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі.....	43
2.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії	45
Висновки до розділу 2.	52
3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ.....	54
3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях.....	54
3.2 Визначення теплового навантаження будівлі	56
3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій.....	68
3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем будівлі та джерел енергії.....	86
Висновки до розділу 3	94
4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ	96
4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги	96

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів.....	98
4.3 Рекомендації щодо організаційно управлінських заходів.....	101
Висновки до розділу 4	103
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ’ЄКТІ.....	104
5.1 Оцінка кліматичних умов для розрахунку потенціалу ВДЕ для гуртожитку	104
5.2 Аналіз рівня сонячного випромінювання в місті Київ.....	106
5.3 Розрахунок навантаження на систему гарячого водопостачання гуртожитку	111
5.4 Аналіз економічної доцільності та термінів окупності впровадження ВДЕ.....	121
Висновки до розділу 5	132
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС МОНТАЖУ ГЕЛІОКОЛЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ	133
6.1 Вибір найефективнішого технічного засобу, доцільність використання якого обґрунтовано у попередніх розділах проекту	133
6.2 Вибір місця розміщення електротехнічного обладнання та планування обсягу і тривалості робіт.	133
6.3 Оцінка умов праці та визначення можливих небезпек для електротехнічних працівників.	135
6.4 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів та засобів безпеки (розрахунок).	137
6.5 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів для визначеної (попередньо) будівлі. Захист від наслідків проявів дії блискавки.....	139
Висновки до розділу 6	143
ВИСНОВОК.....	144
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	146
ДОДАТКИ.....	151
Додаток А.....	151

ВСТУП

Раціональне використання енергоресурсів є важливим чинником забезпечення сталого розвитку, енергетичної безпеки та економічної ефективності у всіх сферах господарської діяльності. У контексті підвищення тарифів на енергоносії та зростання екологічних викликів проблема енергоефективності набуває особливої актуальності.

Одним із об'єктів, які характеризуються значним і нерівномірним споживанням енергії, є студентські гуртожитки. Вони мають розгалужену інфраструктуру, велику кількість електроприймачів побутового й освітлювального призначення, а також специфічний режим експлуатації, що створює додаткові труднощі в питаннях енергозбереження.

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського» активно впроваджує принципи енергоефективності у власній інфраструктурі. Гуртожиток №20, як один із найбільших за кількістю мешканців, є прикладом будівлі, де оптимізація споживання енергоресурсів може дати суттєвий результат як у фінансовому, так і в екологічному вимірах.

У цьому контексті постає необхідність комплексного аналізу систем електро- та теплопостачання, виявлення основних джерел втрат енергії та розробки технічно й економічно обґрунтованих рішень. Отримані результати можуть бути використані для подальшого планування енергетичної модернізації не лише окремого гуртожитку, а й усієї житлової інфраструктури університету.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальні відомості об'єкту дослідження



Рисунок 1.1 - Гуртожиток №20.

Об'єкт дослідження – гуртожиток №20 Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», адреса: м. Київ, вул. Борщагівська, 144. Будівля, побудована в 1978 році для Олімпійських ігор 1980 року [16], має форму літери «С» і утворює напівзакритий двір. Зовнішній вигляд будівлі показано на рисунку 1.1 та 1.2.

Загальна структура комплексу включає:

- з кожного боку по 12 поверхів, житлові кімнати та санвузли;
- центральна частина має 13 поверхів і містить головний вхід,

					ОН 1102.00.002 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Босенко Я.А.			Загальний опис об'єкту			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Дерев'янко Д. Г.								11	152
Реценз.								НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Прокопенко І. Д.									
Затвер.											

студентську вітальню та адміністративні приміщення для викладачів і співробітників;

- підвал для технічних потреб;
- неопалюваний технічний поверх на даху, призначений для розміщення інженерних комунікацій.



Рисунок 1.2 – Вид зверху на гуртожиток №20

Гуртожиток належить до блочного типу: один блок об'єднує дві кімнати (по 4 мешканці в кожній), спільний санвузол та душ. Загальна кількість резидентів становить близько 1500 осіб [15]. Центральна частина виконує роль комунікаційного вузла, забезпечуючи зв'язок між крилами та доступ до громадських зон: танцювального залу, музичної кімнати, спортивного залу, навчальних приміщень.

Інфраструктура для мешканців:

- на першому поверсі розташовані міні-пральня, магазин канцелярських товарів, безкоштовна камера схову;
- кухні обладнані на кожному житловому поверсі;
- приміщення для творчого, спортивного та навчального розвитку студентів.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Розташований у місті Києві гуртожиток №20 входить до I

кліматичного району України згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [3] . У цьому місці помірно-континентальний клімат, з холодними зимами та теплими літами та помірною вологістю. Ці кліматичні умови мають значний вплив на режим експлуатації будівлі та потребу в теплопостачанні протягом опалювального сезону.

Середньорічна температура повітря, кількість опадів, тривалість опалювального періоду, розрахункова зимова температура, переважний напрямок вітру та інші показники, які безпосередньо впливають на теплові втрати будівлі, є характеристиками клімату цього району. Вони використовуються для створення енергетичної моделі, визначення теплового балансу та створення заходів з енергозбереження, які працюють. Таблиця 1.1 містить детальну інформацію про кліматичні параметри, характерні для району розташування гуртожитку.

Таблиця 1.1 – Характеристики кліматичної зони.

Фактична середня внутрішня температура за опалювальний період										20	°C
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										20	
Розрахункова внутрішня температура за опалювальний період										8	
Розрахункова температура зовнішнього повітря										-22	
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період										-0,1	
Тривалість опалювального періоду										176	дів
Переважний напрям вітру										Пн	-
Температура зона регіону										I	
Середня місячна температура, °C											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5

Загальна площа будинку 18 241,2 м², а загальний об'єм 61 726 м³. Приміщення мають висоту 3 метри, що створює комфортні умови для проживання.

1.2 Короткий опис інженерних мереж

Особливості дизайну та зовнішнього оздоблення.

Стіни будівлі зведені з цегли, викладеної на цементному розчині, загальною товщиною 400 мм густиною 1400 кг/м³. Зовнішні поверхні облицьовані плиткою. Ізоляція на зовнішніх стінах була відсутня, але значних пошкоджень або дефектів оболонки не зафіксовано. Зовнішній вигляд будівлі представлено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Фасад

Підвал

У будівлі наявний неопалювальний технічний поверх та цокольний поверх. Неопалювальний технічний поверх виконаний з залізобетонних плит, покритих цементно-піщаною стяжкою. Вигляд підвалу представлено на рисунку 1.4.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.4– Технічний підвальний поверх будівлі

Система опалення

Опалення здійснюється за допомогою центральної замкнутої однотрубною системою з теплоносієм, розподіленням зверху. Ця система має багато недоліків:

- немає терморегулятора на радіаторі.
- вертикальні стояки розбалансовані, що призводить до нерівномірного розподілу тепла.
- у трубі спостерігаються повітряні кармани.

Схема приєднання індивідуального теплового пункту (ІТП) залежна, з використанням елеваторного вузлу.

Гаряче водопостачання (ГВП)

Система ГВП підключається через пластинчастий теплообмінник за двоступеневою змішувальною схемою. Установка оснащена автоматичним регулятором і приладом контролю параметрів теплоносія. На рисунку 1.5

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

наведено зовнішній вигляд центрального теплового пункту будівлі, де розміщено елементи системи опалення та ГВП.



Рисунок 1.5 – Тепловий пункт будівлі з елементами системи опалення та ГВП

Холодне водопостачання та водовідведення

Джерело води в основному надходить з міської водопровідної мережі. Системи водопостачання та каналізації працювали в штатному режимі, без поломок та аварій.

Вентиляція

Природна вентиляція досягається за рахунок вентиляції будинку та проникнення повітря через нещільності будівлі.

Джерело живлення

Рівень надійності електропостачання даної будівлі – III клас. Електропостачання від підстанції ТП-6669 (Рис 1.6). Схема відповідає вимогам чинних нормативних документів.



Рисунок 1.6 – Підстанції ТП-6669

Світло

Переважно використовуються люмінесцентні лампи потужністю 18 Вт і 36 Вт. Крім того, встановлені енергозберігаюче світлодіодне обладнання, як показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл освітлювального обладнання за типами, кількістю та потужністю.

Тип обладнання	К-ть, шт.	Встановлена потужність, Вт
Лампи світлодіодні	375	15
	78	10
Лампа люмінесцентна	102	36
	24	18

1.3 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів гуртожитком № 20 останні два роки

Для забезпечення ефективного управління енергоспоживанням гуртожитку № 20 необхідно здійснити детальний аналіз динаміки використання основних паливно-енергетичних ресурсів за останні два роки.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

До таких ресурсів належать теплова енергія, електрична енергія та холодна вода, які є критично важливими для комфортного функціонування житлового об'єкта. Споживання цих енергоносіїв змінюється впродовж року залежно від сезону, погодних умов, кількості мешканців і режиму експлуатації приміщень.

Для аналізу було використано дані в натуральних (фізичних) показниках, наведені у таблицях 1.3 та 1.5 відповідно.

Річне споживання електричної енергії в 2023 – 2024 роках

Таблиця 1.3 –Динаміка зміни обсягів споживання електричної енергії

Місяць	Споживання ел.ен, кВт·год	Споживання ел.ен, кВт·год	Споживання ел.ен, кВт·год
	2023	2024	Середнє за 2023–2024
Січень	22317	41305	31811
Лютий	26087	39825	32956
Березень	24534	33925	29229,5
Квітень	24112	30887	27499,5
Травень	27222	32310	29766
Червень	29734	28230	28982
Липень	26025	19223	22624
Серпень	27212	24809	26010,5
Вересень	27574	27602	27588
Жовтень	32232	35453	33842,5
Листопад	33070	49756	41413
Грудень	42029	39651	40840
Σ	342148	402976	372562

Енергоспоживання гуртожитку є нерівномірним протягом року, як показано в таблиці 1.3. Це пов'язано з сезонними особливостями: у зимово-осінній період (особливо в листопаді та грудні) споживання збільшується. Це пов'язано з коротшим днем, необхідністю тривалого освітлення в кімнатах і коридорах, а також активним використанням електронних приладів для

обігріву.

Споживання зростає взимку та восени, але зменшується влітку, як показано на рисунку 1.7. Наприклад, показник склав лише 19223 кВт·год у липні 2024 року. Це пов'язано зі зменшенням кількості мешканців у гуртожитках через канікули та відпустки..



Рисунок 1.7 - Щомісячне споживання електроенергії за два роки

Основними споживачами електроенергії в гуртожитку є системи освітлення, побутова техніка, пральні машини та персональні прилади мешканців.

Середньомісячне споживання в 2023 році склало приблизно 28512 кВт·год, а в 2024 році — близько 33581 кВт·год, що вказує на тенденцію до зростання загального споживання, що чітко простежується на рисунку 1.8.

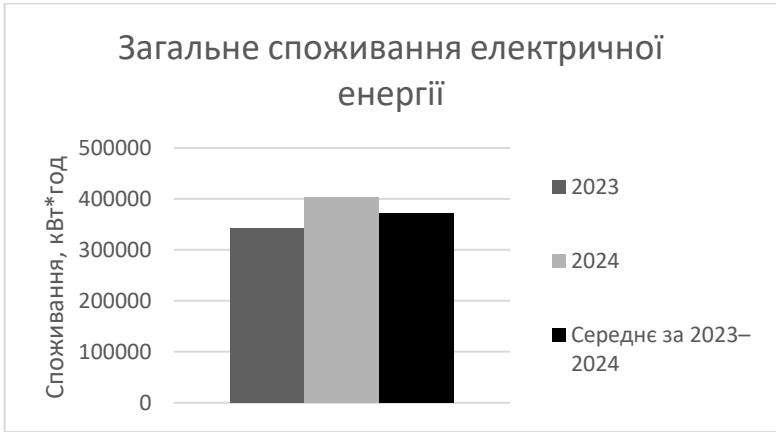


Рисунок 1.8 – Річне споживання електричної енергії за 2023-2024 роки

Річне споживання теплової енергії в 2023 – 2024 роках

Таблиця 1.4 –Динаміка зміни обсягів споживання теплової енергії

Місяць	Споживання теп.ен, Гкал			Споживання теп.ен, Гкал			Споживання теп.ен, Гкал		
	Опалення	ГВП	Разом	Опалення	ГВП	Разом	Опалення	ГВП	Разом
	2023			2024			Середнє за 2023–2024		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Січень	110,63	117,44	228,07	123,65	116,57	240,26	117,14	117,01	234,17
Лютий	124,16	121,88	246,04	103,78	119,01	222,81	113,97	120,44	234,43
Березень	91,71	104,19	195,91	83,35	106,93	190,29	87,53	105,56	193,10
Квітень	119,98	68,82	188,80	11,55	71,41	82,96	65,77	70,11	135,88
Травень	0,00	39,27	39,27	0,00	18,57	18,57	0,00	28,92	28,92
Червень	0,00	12,67	12,67	0,00	0,00	0,00	0,00	6,34	6,34
Липень	0,00	246,87	246,87	0,00	21,29	21,29	0,00	134,08	134,08
Серпень	0,00	156,18	156,18	0,00	66,16	66,16	0,00	111,17	111,17
Вересень	0,00	151,14	151,14	0,00	196,49	196,49	0,00	173,81	173,81
Жовтень	21,15	201,52	222,67	0,00	155,36	155,36	10,57	178,44	189,02
Листопад	18,19	39,42	57,61	164,68	236,16	400,84	91,43	137,79	229,22
Грудень	157,30	157,30	178,94	116,69	119,56	236,26	137,00	138,43	207,60
Σ	643,12	1416,71	1924,17	603,70	1227,51	1831,28	623,41	1322,11	1877,73

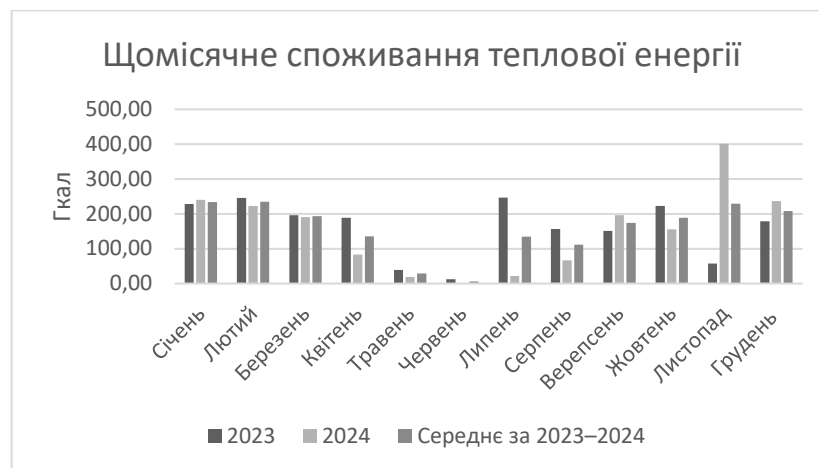


Рисунок 1.9 – Щомісячне споживання теплової енергії за два роки

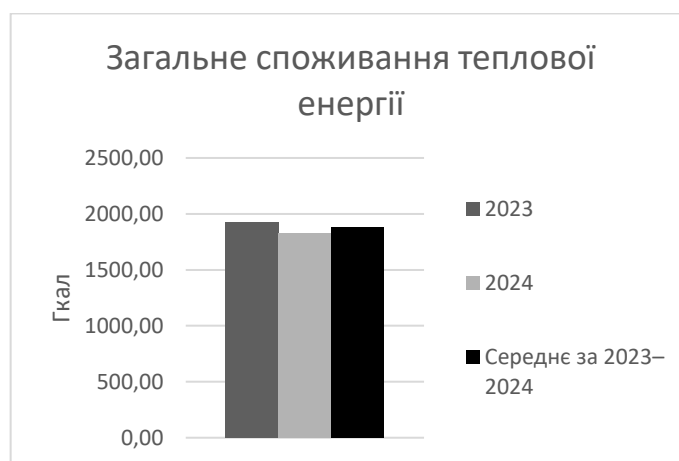


Рисунок 1.10 – Річне споживання теплової енергії за 2023-2024 роки

Сезонні коливання в споживанні теплової енергії в гуртожитку №20 протягом 2023–2024 років пояснюються опалювальним періодом та використанням гарячої води рис.1.9. У теплі місяці (з травня по вересень) не здійснювалося теплопостачання для опалення, однак споживання гарячої води зберігалось, що підтверджується відповідними показниками. Відповідно до пікового періоду опалення, грудень 2023 року (178,94 Гкал) і лютий 2023 року (246,04 Гкал) мали найвище теплове навантаження.

Нестандартні стрибки теплового споживання в липні та вересні 2024 року зумовлені не сезонними факторами, а аварійною ситуацією (проривом) у

липні та проведенням ремонтних робіт у вересні. Ці події спричинили додаткове споживання теплової енергії, що не пов'язане з погодними умовами чи типовим використанням гарячої води.

Порівняння річного споживання теплової енергії показано на рисунку 1.10. У 2023 році було використано 1924,17 Гкал, а у 2024 році — 1831,28 Гкал, що свідчить про зниження на 92,89 Гкал. Це зменшення пов'язано насамперед із теплішою зимою у 2024 році.

Річне споживання води в 2023 – 2024 роках

Таблиця 1.5 показує нерівномірність щомісячного споживання холодної води в гуртожитку протягом 2023–2024 років. Це нерівномірність пов'язана з режимом проживання студентів, сезонними змінами та наявністю або відсутністю мешканців.

Таблиця 1.5 – Динаміка зміни обсягів споживання холодного водопостачання

Місяць	Споживання води, м³	Споживання води, м³	Споживання води, м³
	2023	2024	Середнє за 2023–2024
Січень	3022,00	4528,00	3775
Лютий	2838,00	4414,00	3626
Березень	4188,00	3913,00	4050,5
Квітень	4531,00	5258,00	4894,5
Травень	4291,00	4106,00	4198,5
Червень	2982,00	3845,00	3413,5
Липень	3557,00	3778,00	3667,5
Серпень	3535,00	2497,00	3016
Вересень	3148,00	1908,00	2528
Жовтень	4052,00	4367,00	4209,5
Листопад	4899,00	4662,00	4780,5
Грудень	52,00	73,00	62,5
Σ	41095,00	43349,00	42222

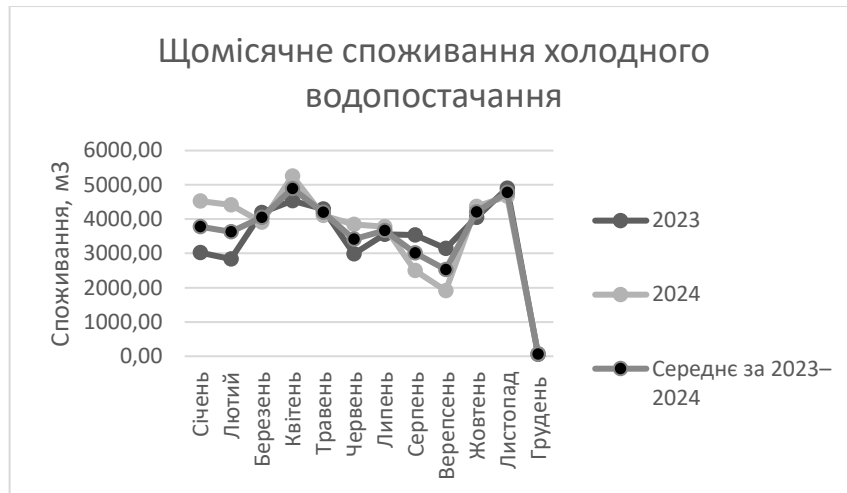


Рисунок 1.11 - Щомісячне споживання води за два роки

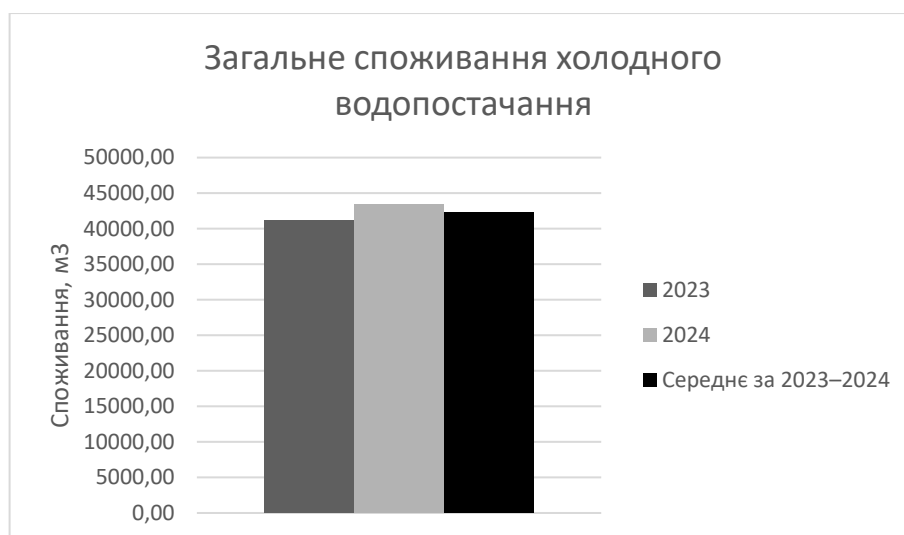


Рисунок 1.12 – Річне споживання води за 2023-2024 роки

У весняно-осінній період спостерігаються найвищі показники водоспоживання, як показано на рисунку 1.11. Це особливо помітно у квітні, жовтні та листопаді, коли кількість мешканців стабільна та навчальний процес триває. Наприклад, у квітні 2024 року споживання сягнуло 5258 м³, що було одним із найвищих за місяць.

Загальний річний обсяг споживання води, як показано на малюнку 1.12, передбачає зростання до 2024 року. У 2023 році було використано 41095 м³, але в 2024 році було використано 43349 м³, що на 2181 м³ більше. Збільшення кількості студентів, більше використання технічного обладнання та душових кабін, а також менше вихідних і святкових днів у навчальному семестрі можуть бути причинами цієї тенденції.

1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Оцінка енергетичних витрат гуртожитку №20 передбачає аналіз актуальних тарифів на енергоносії, що використовуються для забезпечення комфортних умов проживання. Основними видами енергоносіїв є електроенергія, теплоенергія, холодна та гаряча вода, а також природний газ.

Тарифи на електроенергію

За 2023-2024 роки діяли наступні тарифи на електроенергію для гуртожитку , які зазначені в таблиці 1.6. На основі порівняльного аналізу споживання електроенергії у 2023 та 2024 роках спостерігається суттєве зростання вартості. Як видно з рисунка 1.13, річна плата за електроенергію у 2024 році значно перевищила показники попереднього року. Деталізоване місячне порівняння представлено на рисунку 1.14, де чітко видно нерівномірність споживання та зростання витрат у зимові місяці.

Таблиця 1.6 Тарифи на електроенергію

Місяць	Тариф на спожиту е/е за 2023 рік			Тариф на спожиту е/е за 2024 рік		
	без ПДВ	з ПДВ	Вартість споживання ел.ен, тис.грн	без ПДВ	з ПДВ	Вартість споживання ел.ен, тис.грн
1	2	3	4	5	6	7
січень	1,4	2,64	102614,4	2,2	2,64	109045,2
лютий	1,4	2,64	97171,2	2,2	2,64	105138
березень	1,4	2,64	47409,43	2,2	2,64	89562

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7
квітень	1,4	2,64	40508,16	2,2	2,64	81541,68
травень	1,4	2,64	49306,86	2,2	2,64	85298,4
червень	1,9	4,32	49953,12	3,6	4,32	74527,2
липень	2,2	2,64	71867,49	3,6	4,32	85589,92
серпень	2,2	2,64	77157,23	3,6	4,32	109858,87
вересень	2,2	2,64	55385,53	3,6	4,32	122661,58
жовтень	2,2	2,64	85092,48	3,6	4,32	156709,88
листопад	2,2	2,64	91491,53	3,6	4,32	222388,2
грудень	2,2	2,64	115403,73	3,6	4,32	181771,65
Σ			883361,16			1424092,58

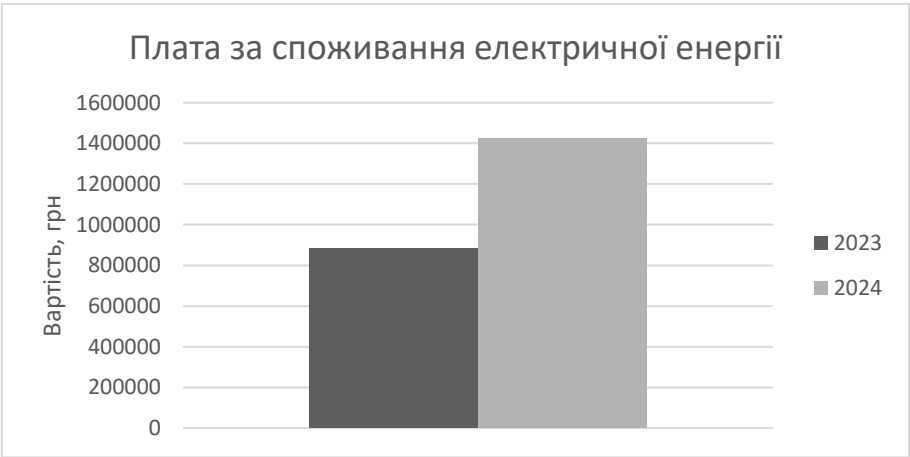


Рисунок 1.13– Плата за річне споживання електроенергії за 2023 – 2024 роки



Рисунок 1.14 – Плата за електроенергію помісячно за 2023 – 2024 роки

Слід зазначити, що електроенергія використовується не лише для освітлення приміщень, а й для роботи електричних побутових приладів, комп'ютерної техніки та систем життєзабезпечення, що робить її важливим елементом витрат.

Тарифи на теплову енергію

Згідно з таблицею 1.7, у 2024 році тарифи на теплову енергію зросли в порівнянні з 2023 роком, що безпосередньо вплинуло на загальні витрати споживачів. Як показано на рисунку 1.15, річна плата за теплову енергію у 2024 році суттєво перевищила рівень попереднього року. Більш детально динаміка змін витрат упродовж року відображена на рисунку 1.16, де простежується сезонне підвищення витрат у холодні місяці.

Таблиця 1.7 Тарифи на теплову енергію

Місяць	Тариф	Вартість споживання теп.ен, тис.грн	Тариф	Вартість споживання теп.ен, тис.грн
	2023		2024	
1	2	3	4	5
Січень	1654,4	377426,64	1654,4	397587,81
Лютий	1654,4	407091,79	1654,4	368703,32
Березень	1654,4	324144,32	1654,4	314868,84
Квітень	1654,4	312373,91	1654,4	137255,73
Травень	1654,4	64965,14	1654,4	30725,59
Червень	1654,4	20962,95	1654,4	0,00
Липень	1654,4	408415,97	1654,4	35228,88
Серпень	1654,4	258385,61	1654,4	109453,71
Вересень	1654,4	250050,59	1654,4	325065,77

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
Жовтень	1654,4	368410,61	1654,4	257025,03
Листопад	1654,4	95322,32	1654,4	663324,73
Грудень	1654,4	296175,68	1654,4	468436,13
Σ		3183725,53		3107675,54

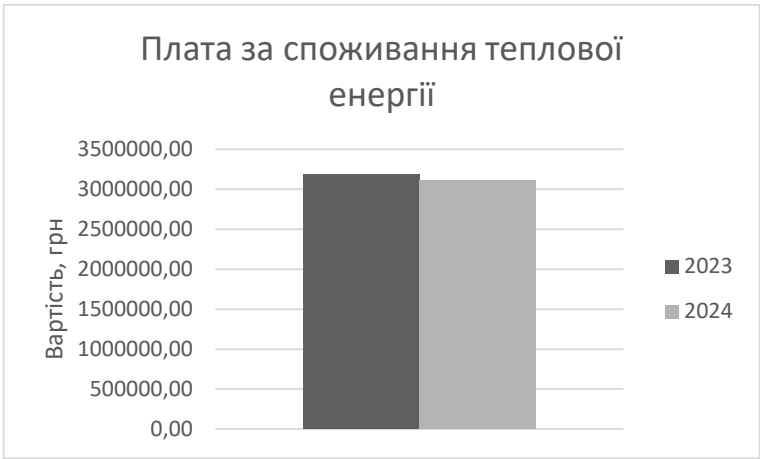


Рисунок 1.15 – Плата за річне споживання теплової енергії за 2023 – 2024 роки

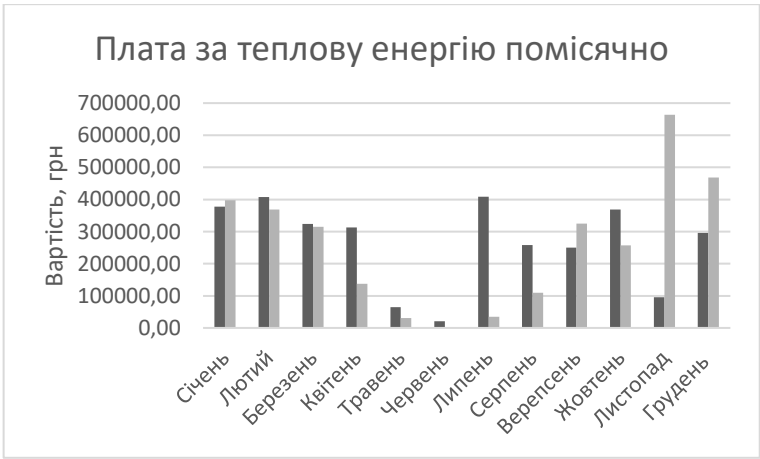


Рисунок 1.16 – Плата за теплову енергію помісячно за 2023 – 2024 роки

Оскільки основна частина теплової енергії використовується для опалення приміщень, її ефективне використання є критично важливим. Високі тарифи на теплоенергію вимагають впровадження енергоефективних заходів, таких як утеплення будівлі, модернізація опалювальних систем та використання регуляторів температури.

Тарифи на воду

Аналіз тарифів на водопостачання, поданий у таблиці 1.8, свідчить про зростання вартості послуг у 2024 році порівняно з 2023 роком. Відповідно до рисунка 1.17, загальні річні витрати на споживання води зросли, що є прямим наслідком підвищення тарифів. Помісячна структура витрат представлена на рисунку 1.18 — тут чітко видно коливання обсягів споживання холодної води протягом року, з характерним зростанням у літній період.

Таблиця 1.8 Тарифи на воду

Місяць	Тариф на спожиту воду	Вартість споживання води , тис.грн	Тариф на спожиту воду	Вартість споживання води , тис.грн
	2023		2024	
Січень	30,384	91820,45	30,384	137578,75
Лютий	30,384	86229,79	30,384	134114,98
Березень	30,384	127248,19	30,384	118892,59
Квітень	30,384	137669,90	30,384	159759,07
Травень	30,384	130377,74	30,384	124756,70
Червень	30,384	90605,09	30,384	117528,10
Липень	30,384	108075,89	30,384	121335,19
Серпень	30,384	107407,44	30,384	81678,71
Вересень	30,384	95648,83	30,384	62141,65
Жовтень	30,384	123115,97	30,384	142579,91
Листопад	30,384	148851,22	30,384	155826,65
Грудень	30,384	1579,97	30,384	2218,03
Σ		1248630,48		1358410,34

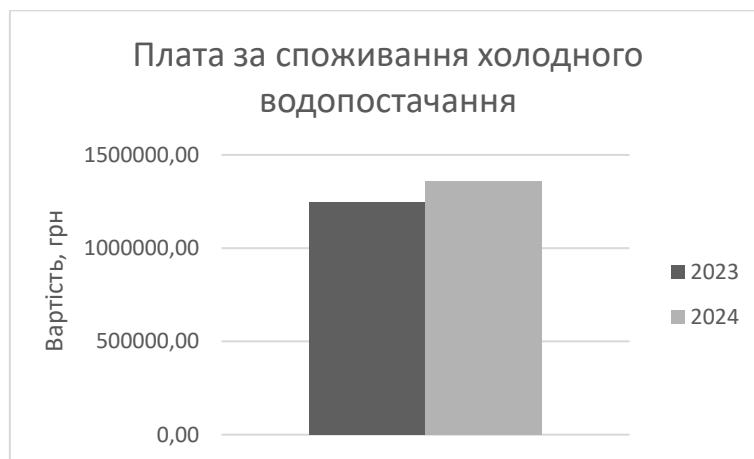


Рисунок 1.17 – Плата за річне споживання води за 2023 – 2024 роки

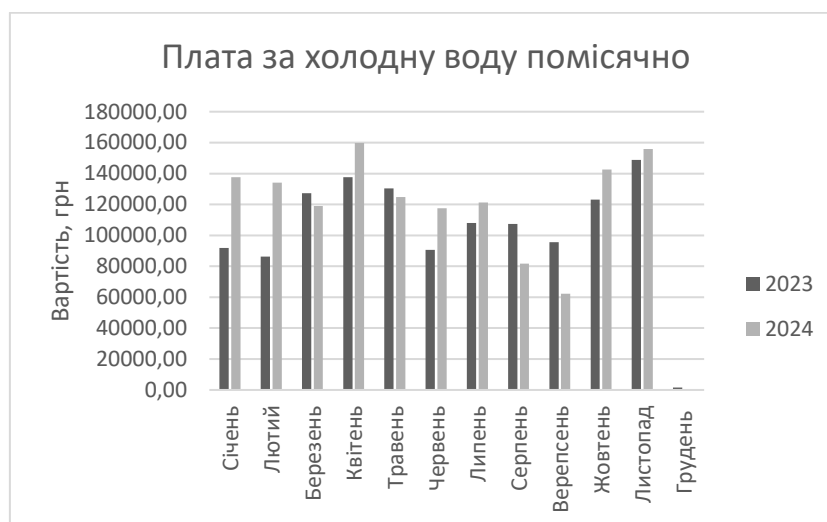


Рисунок 1.18 – Плата за холодну воду помісячно за 2023 – 2024 роки

Оптимізація водоспоживання, встановлення водозберігаючих пристроїв, а також своєчасне усунення витоків допоможуть знизити витрати на водопостачання.

Профіль використання енергії

Для аналізу енергетичного балансу гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського було проведено оцінку споживання енергії та фінансових витрат за 2023 і 2024 роки. Електроенергія, холодна вода та теплова енергія використовуються для опалення та гарячого водопостачання будівлі.

Таблиця 1.9 - Структура споживання і оплати енергоносіїв

2023			
Енергоресурс	Електроенергія	Холодна вода	Теплова енергія
Одиниці вимірювання	кВт·год	м³	кВт·год
Обсяг споживанн	342148	41095	2238080,6
%	13,26	-	86,74
Вартість за рік	883361,16	1248630,48	3183725,53
%	16,62	23,49	59,89
2024			
Енергоресурс	Електроенергія	Холодна вода	Теплова енергія
Одиниці вимірювання	кВт·год	м³	кВт·год
Обсяг споживанн	402976	43349	1 526 065
%	20,89	-	79,11
Вартість за рік	1424092,58	1358410,34	3107675,54
%	24,18	23,06	52,76

Таблиця 1.9 показує структуру споживання енергоресурсів за видами, а також частку кожного виду у загальному обсязі як у натуральних одиницях, так і у вартісному еквіваленті.

Структура споживання енергоносіїв у 2023 році представлена на рисунку 1.19. Як показано на діаграмі, теплова енергія займає 87%, а електроенергія — 13%. У 2024 році стан речей дещо змінився. Як показано на рисунку 1.20, частка електроенергії зросла до 21% (402976 кВт·год), а частка теплової енергії знизилася до 79% (1526065 кВт·год). Енергоефективні заходи, зменшення обсягів теплопостачання або зміни в режимі експлуатації будівлі можуть бути причиною цієї зміни.

Теплова енергія становить найбільшу частину витрат. Витрати на неї становили 3183725,53 грн у 2023 році, що становить 59,89% від загальних енергетичних витрат. Холодна вода становила 23,49% і електроенергія 16,62% відповідно (Таблиця 1.9). Рисунок 1.21 показує структуру витрат на енергоносії та добре відображає ці пропорції. У 2024 році витрати на теплову енергію дещо знизилися до 43,84%, тоді як витрати на електроенергію зросли до 28,76% і на холодну воду до 27,39% відповідно. Це вказує на те, що

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

фінансові витрати будуть збільшені на інші види енергії, а також на можливі зміни в тарифах або умовах споживання.



Рисунок 1.19 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2023 році



Рисунок 1.20 – Діаграма споживання енергоносіїв у 2024 році



Рисунок 1.21 – Структура втрат на енергоресурси – 2023



Рисунок 1.22 – Структура втрат на енергоресурси– 2024

1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

У гуртожитку 20, були вжиті окремі локальні заходи для підвищення енергоефективності будівлі, однак вони не були комплексними. Зокрема, частково модернізовано систему освітлення: у деяких громадських місцях встановлено енергозберігаючі лампи, але значна частина освітлювального обладнання все ще старе та неефективне.

Крім того, віконні блоки в кімнатах та допоміжних приміщеннях замінено на металопластикові конструкції з кращими теплоізоляційними показниками. Водночас у багатьох приміщеннях досі стоять дерев'яні вікна, які не забезпечують належної теплоізоляції, що свідчить про те, що гуртожитком ще не повністю охоплено термомодернізацію.

Варто також зазначити, що в спортзалі гуртожитку проведено ремонт, в основному зовнішній. Під час цієї реконструкції не було впроваджено жодних заходів з енергоефективності, що свідчить про необхідність подальших дій у цьому напрямку.

Загалом, попередні енергозберігаючі заходи на об'єкті були обмеженими та потребували подальшого розвитку, враховуючи вимоги до енергозбереження будівель у сучасному суспільстві.

Висновки до розділу 1

Аналіз фактичного стану об'єкта дослідження виявив нагальну потребу підвищення енергоефективності будівель гуртожитків та модернізації інженерної мережі. Теплотехнічні властивості існуючої зовнішньої огорожувальної конструкції не відповідали сучасним нормативним вимогам, що є типовою проблемою для муніципальної власності.

У зв'язку з цим необхідно здійснити комплекс заходів з термомодернізації, зокрема утеплення елементів конструкцій будівель, заміну або вдосконалення систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Використання таких рішень значно знизить споживання електроенергії, покращить мікроклімат приміщень та підвищить загальний комфорт проживання. Комплексна термомодернізація також допоможе знизити експлуатаційні витрати та принесе довгострокову економічну вигоду.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1. Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Система електропостачання гуртожитку №20 КПІ імені Ігоря Сікорського є важливою частиною забезпечення стабільної роботи будівлі та комфортних умов проживання мешканців. За класифікацією споживачів електроенергії житловий будинок №20 відноситься до III категорії надійності електропостачання, оскільки він має до 16 поверхів.

Електричне обладнання в житлових і технічних приміщеннях, внутрішня розподільча мережа та головний ввід складають електропостачальну систему гуртожитку. Головний ввід підключає об'єкт до електромережі міста, а внутрішня мережа розподіляє електроенергію до всіх споживачів будівлі.

Схема живлення гуртожитку складається з однієї лінії (рис. 2.1). ПРАТ «ДТЕК Київські електромережі» постачає електроенергію. Гуртожиток отримує електроенергію від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ - ТП-6669, яка має номінальну потужність 1000 кВА [41].

Паспортні дані трансформаторної підстанції ТП-6669:

$S_H=400$ кВА,

$U_{H1}=10$ кВ,

$U_{H2}=0,4$ кВ,

					ОН 1102.00.002 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Босенко Я.А.			Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті	Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Дерев'янко Д. Г.					34		
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Прокопенко І. Д.							
Затвер.									

$$P_{X.X.}=0,83 \text{ кВт},$$

$$P_{K.3.}=5,5 \text{ кВт},$$

$$I_{X.X.}=1,5\%,$$

$$U_{K.3.}=4,5\%.$$

Електрична енергія подається до гуртожитку через дві кабельні лінії, прокладені кабелями АВВГ (4х150) [42].

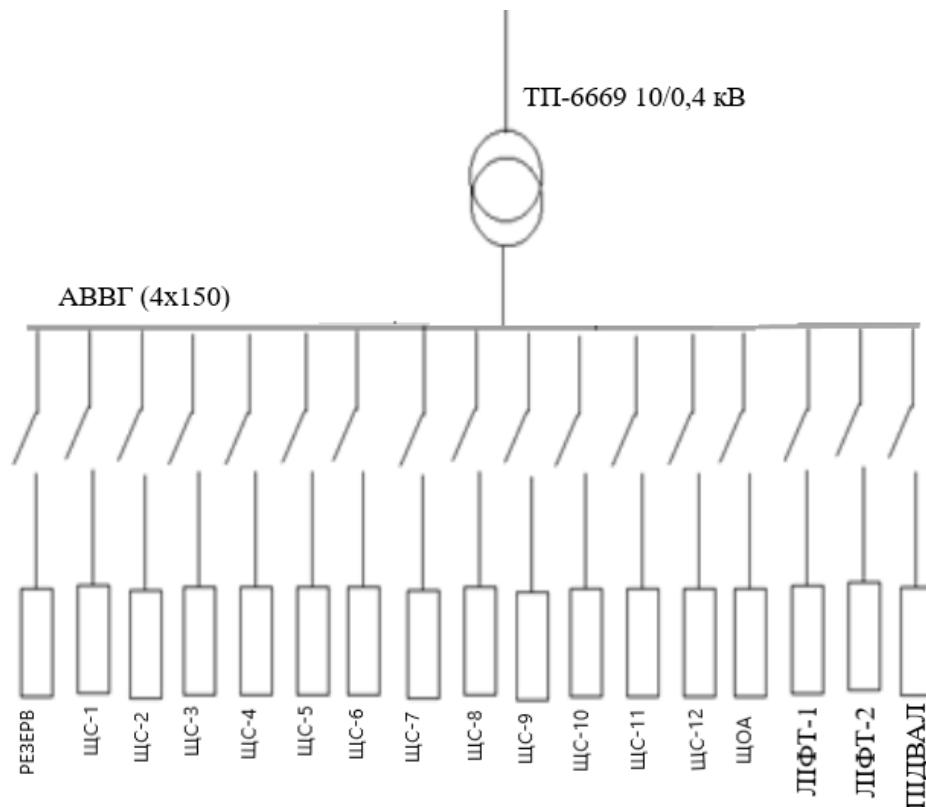


Рисунок 2.1 – Однолінійна схема електропостачання гуртожитку

2.2 Основні споживачі електричної енергії

В гуртожитку №20 є обладнання, яке є основними споживачами електричної енергії. Ці обладнання поділяються на три категорії: система

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

освітлення, силове обладнання та інше (побутове) обладнання. Таблиця 2.1 містить відповідні дані щодо потужності та кількості споживачів.

Таблиця 2.1 - Перелік основного електричного обладнання

№	Найменуван ня обладнання	Потужність, кВт	Кількість, шт
1	2	3	4
Система освітлення			
1	Лампи світлодіодні	0,015	375
		0,014	78
2	Лампа люмінесцентна	0,036	246
Силове обладнання			
3	Ліфтова установка (пасажирський)	6,5	2
4	Ліфтова установка (вантажний)	9	2
5	Чайник	1,5	160
6	Фен	1,8	250
Інше обладнання			
7	Пральна машина	1,5	3
8	Мікрохвильова піч	0,7	95
9	Холодильник	0,35	190
10	Зарядні пристрої	0,015	674
11	Ноутбук	0,1	674
12	Принтер	0,4	30
13	Праска	2	60
14	Вентилятор	0,06	50
15	Пилосос	1,5	25

Як показано в таблиці, найбільші споживачі електроенергії в гуртожитку:

— система освітлення (за допомогою кількості ламп),

- електроприлади для особистого користування, такі як фени, чайники та зарядні пристрої,
- електрообладнання (ліфти),
- холодильники та пральні машини, які використовуються постійно або часто.

2.3 Енергетичний баланс електропостачання гуртожитку

Для отримання значень навантаження будівлі гуртожитка за 2024 рік проведемо повірочний розрахунок .

Розрахуємо загальну номінальну потужність однотипного навантаження за допомогою цієї формули:

$$P_{н,j} = p_{ні} \cdot n_i , \quad (2.1)$$

де $p_{ні}$ – номінальна потужність приладу, кВт;

n_i – кількість однотипних приладів, шт;

Підставивши значення отримаємо:

$$P_{н1} = 0,015 \cdot 375 = 5,625 \text{ кВт},$$

$$P_{н2} = 0,014 \cdot 78 = 1,092 \text{ кВт},$$

$$P_{н3} = 0,036 \cdot 246 = 8,856 \text{ кВт}.$$

Сума номінальних потужностей лінії буде дорівнювати сумі номінальних потужностей кожного споживача, кВт:

$$P_{н} = 5,625 + 1,092 + 8,856 = 15,573 \text{ кВт}.$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжна активна потужність визначається за формулою, кВт:

$$P_{pi} = P_{\Sigma i} \cdot K_{Bi}, \quad (2.2)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$P_{п1} = 5,625 \cdot 0,6 = 3,375 \text{ кВт},$$

$$P_{п2} = 1,092 \cdot 0,6 = 0,655 \text{ кВт},$$

$$P_{п3} = 8,856 \cdot 0,6 = 5,314 \text{ кВт}.$$

Проміжна сумарна активна потужність, кВт:

$$P_{\pi} = 3,375 + 0,655 + 5,314 = 9,344 \text{ кВт}.$$

Проміжну реактивну потужність знаходимо за формулою 2.3,

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (2.3)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$Q_{п1} = 3,375 \cdot 0,33 = 1,114 \text{ квар},$$

$$Q_{п2} = 0,655 \cdot 0,33 = 0,216 \text{ квар},$$

$$Q_{п3} = 8,856 \cdot 0,33 = 1,753 \text{ квар}.$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед усіх споживачів ЩОА шукаємо споживач з максимальними та мінімальними потужностями:

$$P_{Hmax} = 0,036 \text{ кВт},$$

$$P_{Hmin} = 0,014 \text{ кВт}.$$

Знаходимо ефективне число споживачів за формулою 2.4:

$$m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}}, \quad (2.4)$$

$$m = \frac{0,036}{0,01} = 3,6 > 3.$$

Формуля ефективного числа споживачів буде мати наступний вигляд, оскільки $n > 10$:

$$n_{p.e} = \frac{2 \sum P_H}{P_{Hmax}} = \frac{2 \cdot 15,573}{0,036} = 865.$$

Оскільки $m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}} > 3$ а також $n_{p.e} \geq n$, тоді $n_e = n = 699$.

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{\sum P_{\Pi}}{\sum P_H}, \quad (2.5)$$

$$K_B = \frac{9,344}{15,573} = 0,6.$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження для шин НН наведені в Таблиці 2.2.

Розрахункове активне навантаження визначається за формулою 2.6, кВт:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^4 P_{pi}, \quad (2.6)$$

$$P_p = 9,344 \cdot 0,8 = 7,475 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо розрахункову реактивну потужність:

– при $n_e \leq 10$, $Q_p = 1,1 Q_{пр}$.

– при $n_e > 10$, $Q_p = Q_{пр}$.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p для шин НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ [43].

n_e	Коефіцієнт використання K_e							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 і більше
1	8	5,33	4	2,67	2	1,6	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85
Більше 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8

Розрахункове повне навантаження визначається за формулою за 2.7, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.7)$$

$$S_p = \sqrt{7,475^2 + 3,803^2} = 8,09 \text{ кВА.}$$

Розрахуємо аналогічне навантаження для інших споживачів і заносимо результати в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Навантаження на ЩОА, ЩС1-ЩС12

Початкові дані							Розрахункові величини					Ефективне Число ЕП		Кр	Розрахункові потужності			I _p , А
По завданню технологів						за довідковими даними									Р _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ·А	
Найменування ЕП	n, од	Номинальна (встановлена) потужність, кВт				R _{n.i.max} / R _{n.i.min}	Kв	tgφ	P _п , кВт	Q _п , квар	prn^2	пр.е, од	пе, од					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Лампи світлодіодні	375,00	0,02	5,63				0,60	0,33	3,38	1,11	0,08							
	78,00	0,01	1,09				0,60	0,33	0,66	0,22	0,02							
Лампа люмінесцентна	246,00	0,04	8,86				0,60	0,33	5,31	1,75	0,32							
ЩОА	699,00		15,57	0,04	0,01	2,57	0,60		9,34	3,08	0,42	865,17	699,00	0,80	7,48	3,08	8,09	12,29
Ліфтова установка (пасажирський)	1,00	6,50	6,50				0,10	1,17	0,65	0,76	42,25							
Ліфтова установка (вантажний)	1,00	9,00	9,00				0,10	1,17	0,90	1,05	81,00							
Ліфт 1	2,00		15,50	9,00	6,50	1,38	0,10		1,55	1,81	123,25	3,44	3,00	0,67	1,04	1,81	2,09	3,18
Ліфтова установка (пасажирський)	1,00	6,50	6,50				0,10	1,17	0,65	0,76	42,25							
Ліфтова установка (вантажний)	1,00	9,00	9,00				0,10	1,17	0,90	1,05	81,00							
Ліфт 2	2,00		15,50	9,00	6,50	1,38	0,10		1,55	1,81	123,25	3,44	3,00	0,67	1,04	1,81	2,09	3,18
Пральна машина	3,00	0,50	1,50				0,30	0,80	0,45	0,36	0,75							
чайник	20,00	1,50	30,00				0,25	0,10	7,50	0,75	45,00							
фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	13,00	0,70	9,10				0,40	0,90	3,64	3,28	6,37							
Холодильник	15,00	0,35	5,25				0,15	0,70	0,79	0,55	1,84							
Ноутбук	18,00	0,10	1,80				0,30	1,02	0,54	0,55	0,18							
Принтер	3,00	0,40	1,20				0,20	0,75	0,24	0,18	0,48							
Зарядні пристрої	50,00	0,02	0,75				0,13	0,40	0,09	0,04	0,01							
ЩС1	159,00		116,20	1,80	0,02	120,00	0,29		33,23	9,70	174,51	129,11	129,00	0,67	22,26	9,70	24,29	36,90
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	5,00	0,70	3,50				0,40	0,90	1,40	1,26	2,45							
Холодильник	14,00	0,35	4,90				0,15	0,70	0,74	0,51	1,72							
Ноутбук	24,00	0,10	2,40				0,30	1,02	0,72	0,73	0,24							
Принтер	2,00	0,40	0,80				0,20	0,75	0,16	0,12	0,32							
Зарядні пристрої	57,00	0,02	0,86				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	6,00	2,00	12,00				0,20	0,10	2,40	0,24	24,00							
Вентилятор	6,00	0,06	0,36				0,20	0,50	0,07	0,04	0,02							
Пилосос	4,00	0,75	3,00				0,20	4,90	0,60	2,94	2,25							
ЩС2	167,00		112,42	2,00	0,02	133,33	0,27		30,67	10,33	177,89	112,42	112,00	0,67	20,55	10,33	23,00	34,95

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Чайник	14,00	1,50	21,00				0,25	0,10	5,25	0,53	31,50							
Фен	36,00	1,80	64,80				0,30	0,20	19,44	3,89	116,64							
Мікрохвильова піч	5,00	0,70	3,50				0,40	0,90	1,40	1,26	2,45							
Холодильник	17,00	0,35	5,95				0,15	0,70	0,89	0,62	2,08							
Ноутбук	27,00	0,10	2,70				0,30	1,02	0,81	0,83	0,27							
Принтер	2,00	0,40	0,80				0,20	0,75	0,16	0,12	0,32							
Зарядні пристрої	55,00	0,02	0,83				0,13	0,40	0,10	0,04	0,01							
Праска	7,00	2,00	14,00				0,20	0,10	2,80	0,28	28,00							
Вентилятор	3,00	0,06	0,18				0,20	0,50	0,04	0,02	0,01							
Пилосос	2,00	0,75	1,50				0,20	4,90	0,30	1,47	1,13							
ЩС3	168,00		115,26	2,00	0,02	133,33	0,27		31,19	9,05	182,41	115,26	115,00	0,67	20,90	9,05	22,78	34,60
Чайник	13,00	1,50	19,50				0,25	0,10	4,88	0,49	29,25							
Фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	6,00	0,70	4,20				0,40	0,90	1,68	1,51	2,94							
Холодильник	14,00	0,35	4,90				0,15	0,70	0,74	0,51	1,72							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	4,00	0,40	1,60				0,20	0,75	0,32	0,24	0,64							
Зарядні пристрої	56,00	0,02	0,84				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	7,00	2,00	14,00				0,20	0,10	2,80	0,28	28,00							
Вентилятор	6,00	0,06	0,36				0,20	0,50	0,07	0,04	0,02							
Пилосос	4,00	0,75	3,00				0,20	4,90	0,60	2,94	2,25							
ЩС4	173,00		117,60	2,00	0,02	133,33	0,27		31,95	10,84	184,97	117,60	117,00	0,67	21,40	10,84	23,99	36,46
Чайник	13,00	1,50	19,50				0,25	0,10	4,88	0,49	29,25							
Фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	4,00	0,70	2,80				0,40	0,90	1,12	1,01	1,96							
Холодильник	16,00	0,35	5,60				0,15	0,70	0,84	0,59	1,96							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	3,00	0,40	1,20				0,20	0,75	0,24	0,18	0,48							
Зарядні пристрої	56,00	0,02	0,84				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	5,00	2,00	10,00				0,20	0,10	2,00	0,20	20,00							
Вентилятор	6,00	0,06	0,36				0,20	0,50	0,07	0,04	0,02							
Пилосос	3,00	0,75	2,25				0,20	4,90	0,45	2,21	1,69							
ЩС5	169,00		111,75	2,00	0,02	133,33	0,27		30,46	9,54	175,51	111,75	111,00	0,67	20,41	9,54	22,53	34,23
Чайник	13,00	1,50	19,50				0,25	0,10	4,88	0,49	29,25							
Фен	38,00	1,80	68,40				0,30	0,20	20,52	4,10	123,12							
Мікрохвильова піч	4,00	0,70	2,80				0,40	0,90	1,12	1,01	1,96							
Холодильник	16,00	0,35	5,60				0,15	0,70	0,84	0,59	1,96							
Ноутбук	27,00	0,10	2,70				0,30	1,02	0,81	0,83	0,27							
Принтер	4,00	0,40	1,60				0,20	0,75	0,32	0,24	0,64							
Зарядні пристрої	57,00	0,02	0,86				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	6,00	2,00	12,00				0,20	0,10	2,40	0,24	24,00							
Вентилятор	6,00	0,06	0,36				0,20	0,50	0,07	0,04	0,02							
Пилосос	1,00	0,75	0,75				0,20	4,90	0,15	0,74	0,56							
ЩС6	172,00		114,57	2,00	0,02	133,33	0,27		31,21	8,31	181,80	114,57	114,00	0,67	20,91	8,31	22,50	34,19
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	4,00	0,70	2,80				0,40	0,90	1,12	1,01	1,96							
Холодильник	16,00	0,35	5,60				0,15	0,70	0,84	0,59	1,96							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	3,00	0,40	1,20				0,20	0,75	0,24	0,18	0,48							
Зарядні пристрої	56,00	0,02	0,84				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	5,00	2,00	10,00				0,20	0,10	2,00	0,20	20,00							
Вентилятор	6,00	0,06	0,36				0,20	0,50	0,07	0,04	0,02							
Пилосос	3,00	0,75	2,25				0,20	4,90	0,45	2,21	1,69							
ЩС7	168,00		110,25	2,00	0,02	133,33	0,27		30,09	9,50	173,26	110,25	110,00	0,67	20,16	9,50	22,28	33,86
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	38,00	1,80	68,40				0,30	0,20	20,52	4,10	123,12							
Мікрохвильова піч	4,00	0,70	2,80				0,40	0,90	1,12	1,01	1,96							
Холодильник	14,00	0,35	4,90				0,15	0,70	0,74	0,51	1,72							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	3,00	0,40	1,20				0,20	0,75	0,24	0,18	0,48							
Зарядні пристрої	58,00	0,02	0,87				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	7,00	2,00	14,00				0,20	0,10	2,80	0,28	28,00							
Вентилятор	3,00	0,06	0,18				0,20	0,50	0,04	0,02	0,01							
Пилосос	1,00	0,75	0,75				0,20	4,90	0,15	0,74	0,56							
ЩС8	166,00		113,70	2,00	0,02	133,33	0,27		30,99	8,13	183,12	113,70	113,00	0,67	20,76	8,13	22,30	33,88

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Чайник	15,00	1,50	22,50				0,25	0,10	5,63	0,56	33,75							
Фен	36,00	1,80	64,80				0,30	0,20	19,44	3,89	116,64							
Мікрохвильова піч	6,00	0,70	4,20				0,40	0,90	1,68	1,51	2,94							
Холодильник	14,00	0,35	4,90				0,15	0,70	0,74	0,51	1,72							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	1,00	0,40	0,40				0,20	0,75	0,08	0,06	0,16							
Зарядні пристрої	58,00	0,02	0,87				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	4,00	2,00	8,00				0,20	0,10	1,60	0,16	16,00							
Вентилятор	3,00	0,06	0,18				0,20	0,50	0,04	0,02	0,01							
Пилосос	3,00	0,75	2,25				0,20	4,90	0,45	2,21	1,69							
ЩС9	166,00		110,70	2,00	0,02	133,33	0,28		30,53	9,76	173,18	110,70	110,00	0,67	20,46	9,76	22,67	34,44
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	37,00	1,80	66,60				0,30	0,20	19,98	4,00	119,88							
Мікрохвильова піч	6,00	0,70	4,20				0,40	0,90	1,68	1,51	2,94							
Холодильник	15,00	0,35	5,25				0,15	0,70	0,79	0,55	1,84							
Ноутбук	25,00	0,10	2,50				0,30	1,02	0,75	0,77	0,25							
Принтер	2,00	0,40	0,80				0,20	0,75	0,16	0,12	0,32							
Зарядні пристрої	56,00	0,02	0,84				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	4,00	2,00	8,00				0,20	0,10	1,60	0,16	16,00							
Вентилятор	5,00	0,06	0,30				0,20	0,50	0,06	0,03	0,02							
Пилосос	2,00	0,75	1,50				0,20	4,90	0,30	1,47	1,13							
ЩС10	164,00		107,99	2,00	0,02	133,33	0,28		29,92	9,10	169,38	107,99	107,00	0,67	20,05	9,10	22,02	33,45
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	39,00	1,80	70,20				0,30	0,20	21,06	4,21	126,36							
Мікрохвильова піч	6,00	0,70	4,20				0,40	0,90	1,68	1,51	2,94							
Холодильник	16,00	0,35	5,60				0,15	0,70	0,84	0,59	1,96							
Ноутбук	26,00	0,10	2,60				0,30	1,02	0,78	0,80	0,26							
Принтер	1,00	0,40	0,40				0,20	0,75	0,08	0,06	0,16							
Зарядні пристрої	57,00	0,02	0,86				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	4,00	2,00	8,00				0,20	0,10	1,60	0,16	16,00							
Вентилятор	5,00	0,06	0,30				0,20	0,50	0,06	0,03	0,02							
Пилосос	2,00	0,75	1,50				0,20	4,90	0,30	1,47	1,13							
ЩС11	168,00		111,66	2,00	0,02	133,33	0,28		31,01	9,32	175,84	111,66	111,00	0,67	20,77	9,32	22,77	34,59
Чайник	12,00	1,50	18,00				0,25	0,10	4,50	0,45	27,00							
Фен	38,00	1,80	68,40				0,30	0,20	20,52	4,10	123,12							
Мікрохвильова піч	4,00	0,70	2,80				0,40	0,90	1,12	1,01	1,96							
Холодильник	14,00	0,35	4,90				0,15	0,70	0,74	0,51	1,72							
Ноутбук	24,00	0,10	2,40				0,30	1,02	0,72	0,73	0,24							
Принтер	3,00	0,40	1,20				0,20	0,75	0,24	0,18	0,48							
Зарядні пристрої	56,00	0,02	0,84				0,13	0,40	0,11	0,04	0,01							
Праска	5,00	2,00	10,00				0,20	0,10	2,00	0,20	20,00							
Вентилятор	3,00	0,06	0,18				0,20	0,50	0,04	0,02	0,01							
Пилосос	3,00	0,75	2,25				0,20	4,90	0,45	2,21	1,69							
ЩС12	162,00		110,97	2,00	0,02	133,33	0,27		30,43	9,46	176,23	110,97	110,00	0,67	20,39	9,46	22,47	34,14
На шинах 0,4 кВ ТП	2705,00		1399,62	60,00	2,00	30,00	0,44		315,44	61,31		46,65	28,00	0,75	236,58	199,77	309,64	470,45

2.4 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі

Для того, щоб отримати повне уявлення про структуру електроспоживання об'єкта, було б корисно провести поетапний розрахунок кожного з основних компонентів, які складають загальне навантаження. Такий метод дозволяє не лише визначити загальний обсяг електроенергії, що

					ОН 1102.00.002 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					43

споживається протягом року, але й оцінити вплив різних груп побутових приладів і обладнання на енергетичний баланс. Таким чином, можна визначити основні аспекти енергоємності, які слугуватимуть основою для наступних енергоефективних заходів.

Таблиця 2.4 - Розрахункові значення споживання електричної енергії за 2024 рік.

№	Найменування обладнання	Потужність, кВт	Кількість, шт	Загальна потужність, кВт	Коефіцієнт використання	Середня потужність, кВт	Тривалість роботи за рік, год	Загальне споживання, кВт-год
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Система освітлення								
1	Лампи світлодіодні	0,015	375	5,625	0,6	3,375	3650	12318,75
		0,01	78	0,78	0,6	0,468	6400	2995,2
2	люмінесцентна	0,036	246	8,856	0,6	5,3136	6400	34007,04
Разом:								49320,99
Силове обладнання								
3	Ліфтова установка (пасажирський)	6,5	2	13	0,1	1,3	5650	7345
4	Ліфтова установка (вантажний)	9	2	18	0,1	1,8	1100	1980
5	Чайник	1,5	160	240	0,25	60	597,5	35850
6	Фен	1,8	250	450	0,3	135	1080	145800
Разом:								190975
Інше обладнання								
7	Пральна машина	1,5	3	4,5	0,3	1,35	6 570	8869,5
8	Мікрохвильова піч	0,7	95	66,5	0,4	26,6	340	9044
9	Холодильник	0,35	190	66,5	0,15	9,98	7 452	74333,7
10	Зарядні пристрої	0,015	674	10,11	0,125	1,26	2 500	3159,375
11	Ноутбук	0,1	674	67,4	0,3	20,22	2 000	40440
12	Принтер	0,4	30	12	0,2	2,4	320	768
13	Праска	2	60	120	0,2	24	91	2184
14	Вентилятор	0,06	50	3	0,2	0,6	540	324
15	Пилосос	1,5	25	37,5	0,2	7,5	40	300
Разом:								139422,575
Загальне споживання								379719



Рисунок 2.2 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії
(кругова діаграма)

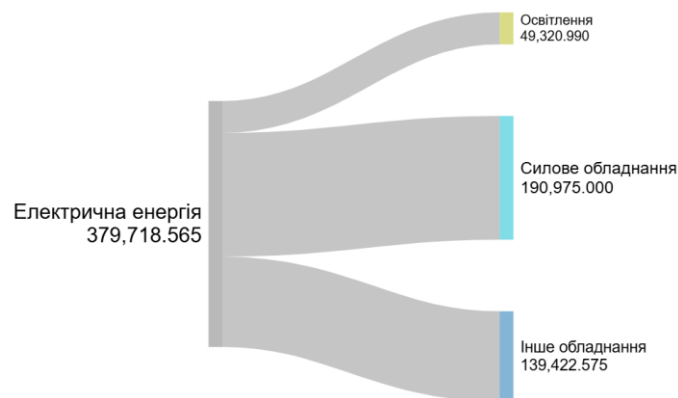


Рисунок 2.3 – Результат розрахунку балансу споживання електричної енергії
(діаграма Санкея)

2.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для споживачів електричної енергії

Згідно з результатами аналізу структури електроспоживання в гуртожитку, можна припустити, що система освітлення є однією з категорій, яка може підвищити енергоефективність без значних капіталовкладень. Світлодіодні лампи вже є частиною світильників, але все ще є місця, де

використовуються люмінесцентні джерела світла з нижчим класом енергоефективності.

Крім того, у місцях, де люди часто відвідують, таких як коридори, санвузли, технічні приміщення та інші місця, освітлення часто працює постійно, що призводить до необґрунтованих втрат електроенергії. З метою оптимізації роботи системи освітлення пропонується впровадити низку стандартних заходів енергоефективності.

Зокрема, заплановано:

1. Заміна старих люмінесцентних ламп на світлодіодні лампи, які потребують менше енергії та мають тривалий термін служби;
2. Встановлення датчиків руху та освітленості в громадських місцях дозволить автоматизувати управління світлом і зменшити кількість непотрібної роботи.

Здійснення таких заходів зменшить витрати на електроенергію, підвищить ресурс світлотехнічного обладнання та загалом покращить умови експлуатації системи освітлення.

Захід №1 – Заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні (LED)

Суть цього заходу полягає в тому, щоб замінити існуючу систему освітлення, яка складається з 246 люмінесцентних ламп, сучасними енергоефективними світлодіодними лампами (LED) з подібними характеристиками світлового потоку.

Світлодіодні лампи мають багато переваг, які роблять їх набагато ефективнішими та кращими для використання в освітлювальних системах, зокрема в житлових будівлях, таких як гуртожитки. Насамперед, вони значно зменшують споживання електроенергії. Для того, щоб мати ту саму яскравість, LED-лампи потребують від чотирьох до шести разів більше енергії, ніж традиційні джерела світла.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Довговічність також є великою перевагою. Світлодіодні лампи мають тривалість служби від 25 000 до 50 000 годин, що значно перевищує термін служби люмінесцентних ламп і дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування та заміну.

Крім того, на відміну від люмінесцентних ламп, світлодіодні етикетки (LED) не містять ртуті або інших токсичних речовин, що робить їх більш безпечними для людей і навколишнього середовища. Їх можна утилізувати без шкоди для навколишнього середовища, особливо за допомогою спеціальних програм збору електронних відходів.

Також світлодіодні технології можуть змінювати яскравість і колір світла, налаштовуючи освітлення на тепле, холодне або нейтральне, залежно від того, що потрібно в конкретному приміщенні. Це робить світлодіодне освітлення не тільки економічним, але й зручним для повсякденного використання.

Після дослідження асортименту ламп було сформовано пропозицію:

Замінити існуючу систему освітлення на LED лампа T8 Osram ST8E з такими характеристиками:

Характеристики

Колір світіння: Холодний білий

Температура світла (K): 6500

Світловий потік (лм): 1800

Потужність (Вт): 16

Строк служби: 30000 год

Гарантія: 2 роки

Ціна: 127 грн

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо річну економію електроенергії за наступною формулою, кВт·год/рік:

$$\Delta W_p = (P_1 - P_2) \cdot N \cdot K_{\varepsilon} \cdot T_p, \quad (2.9)$$

де N – кількість світильників, од.;

P_1 – потужність старих світильник, кВт;

P_2 – потужність нових світильників, кВт;

N – кількість світильників, од.;

K_{ε} – коефіцієнт використання світильників;

T_p – години роботи системи електропостачання в рік, год/рік.

$$\Delta W_p = (0,036 - 0,016) \cdot 246 \cdot 0,6 \cdot 6400 = 18\,892,8 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}.$$

Що в грошовому еквіваленті при діючому тарифі на електричну енергію дорівнюватиме, грн:

$$E = \Delta W_p \cdot P_e = 18\,892,8 \cdot 4,32 = 81\,616,896 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

де P_e – тариф на електроенергію – 4,32 грн/кВт·год

Витрати на придбання нових ламп складатиме, грн:

$$B_{\Pi} = N \cdot p, \quad (2.10)$$

де p – ціна лампи з пропозиції, грн.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{\Pi}=246 \cdot 127 = 31242 \text{ грн.}$$

Старі люмінісцентні лампи потрібно утилізувати, тому присутні ще супутні витрати, грн:

$$B_y = N \cdot p_y, \quad (2.11)$$

де p_y – ціна на утилізацію лампи, за експертною оцінкою – 11 грн/шт.;

$$B_y = 246 \cdot 11 = 2706 \text{ грн}$$

Витрати на монтаж складають 25 000 грн., отже загальні витрати з модернізації системи освітлення становлять 58 948 грн

Простий термін окупності:

$$T = \frac{58948}{81616,896} = 0,7 \text{ років.}$$

Зміна люмінесцентних ламп на сучасні LED є хорошим способом зменшити електричне навантаження. Світлодіодні лампи дають той самий світловий потік, споживають значно менше енергії та мають триваліший термін служби. Цей метод підвищення енергоефективності є розумним і економічно вигідним, і його витрати окупляться за лише 0,9 років завдяки цим перевагам.

Захід №2 – Встановлення датчиків присутності в загальних місцях

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У рамках заходів з підвищення енергоефективності освітлювальної системи гуртожитку передбачається встановлення настінних датчиків руху типу Євросвітло SW-01 180° [44]. Цей пристрій був обраний завдяки своїй технічній надійності, простоті монтажу та тому, що він може використовуватися в приміщеннях загального користування, таких як коридори та сходові клітки.

Датчик може працювати з навантаженням до 1200 Вт, що дозволяє йому працювати з групами сучасних світлодіодних світильників. Пристрій працює під напругою 220–240 В, а ступінь захисту IP44 гарантує, що він захищений від пилу та бризок, що особливо важливо в місцях з високою вологістю або запиленістю. З його горизонтальним кутом виявлення 180° і дальністю реагування до 12 метрів пристрій може ефективно охопити великі території. Другою перевагою є можливість регулювати час спрацьовування, який варіюється від п'яти секунд до сімох хвилин, залежно від призначення приміщення.



Рисунок 2.4 – Датчик руху настінний Євросвітло SW-01 180° Білий [44]

Лампи загального користування горять всю ніч. Прийmemo, що датчики руху скоротять термін роботи ламп на 40% і зменшать споживання електроенергії. Тоді ми можемо використовувати наступну формулу, щоб визначити, скільки електроенергії буде заощаджено при встановленні датчиків:

$$\Delta E = 0,4 \cdot 18109,44 = 7\,243,776 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

де 18109,44 кВт·год/рік – споживання електроенергії системою освітлення після встановлення світлодіодних ламп.

Розрахуємо річну економію електричної енергії в грошовому еквіваленті за наступною формулою:

$$E = 7\,243,776 \cdot 4,32 = 31\,293,11 \text{ грн.}$$

Витрати на придбання датчиків складатиме, грн:

$$B_{\Pi} = N \cdot p, \quad (2.12)$$

де p – ціна датчику, грн.

$$B_{\Pi} = 324 \cdot 329 = 106\,596 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на впровадження заходу становлять 131 596 грн, включаючи витрати на монтажу системи.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Простий термін окупності:

$$T = \frac{131\,596}{31\,293,11} = 4,2 \text{ років.}$$

Встановлення датчиків руху в місцях загального користування є доцільним і ефективним заходом, який не потребує значних капіталовкладень і значно знижує нераціональне споживання електроенергії, термін служби освітлювального обладнання та загальну енергоефективність гуртожитку.

Висновки до розділу 2.

Згідно з результатами аналізу електропостачання гуртожитку №20 КПІ імені Ігоря Сікорського, існуюча система забезпечує необхідний рівень електроживлення, але існує значний потенціал для підвищення енергоефективності. Енергетичний баланс показав, що система освітлення, побутові електроприлади мешканців і ліфтове обладнання є основними споживачами електричної енергії.

У результаті поетапного розрахунку навантажень було визначено найбільш енергоємні компоненти. Це дозволило створити відповідні заходи з енергозбереження. Зокрема, було продемонстровано, що заміна люмінесцентних ламп на світлодіодні є техніко-економічно вигідною, оскільки це дозволяє зменшити річне споживання електроенергії на понад 18 тис. кВт·год. Крім того, цей проект займає менше року, щоб окупитися. Додаткове встановлення датчиків руху в місцях загального користування дозволяє ще на понад 7 тис. кВт/год щорічно скоротити споживання енергії.

Запропоновані енергоефективні заходи є технічно обґрунтованими, економічно доцільними та відповідають сучасним вимогам раціонального використання енергії. Їх реалізація дозволить зменшити експлуатаційні

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

витрати, підвищити комфортність проживання та сприятиме досягненню стратегічних цілей енергозбереження в освітньому закладі.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ТА ЗАХОДІВ З ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

3.1 Огляд нормативних вимог щодо енергетичної ефективності в будівлях

Забезпечення енергоефективності будівель є одним із ключових напрямів державної політики України у сфері енергозбереження. Підвищення енергоефективності не лише сприяє зменшенню споживання енергоресурсів, але й забезпечує економію бюджетних коштів, зниження викидів парникових газів, поліпшення комфорту проживання та загальне підвищення якості житлового фонду.

З урахуванням курсу на європейську інтеграцію, Україна активно адаптує національне законодавство до вимог і стандартів Європейського Союзу, зокрема в рамках виконання зобов'язань за Угодою про асоціацію з ЄС. Одним із важливих аспектів цієї гармонізації є запровадження нових будівельних норм, методик енергетичної сертифікації та вимог до рівня енергоспоживання будівель.

Нормативно-правове регулювання у сфері енергоефективності будівель включає положення, які стосуються як нових об'єктів будівництва, так і існуючих будівель, що підлягають реконструкції або капітальному ремонту.

У таблиці 3.1 наведено перелік основних нормативних документів, які діють в Україні у сфері енергоефективності будівель та регулюють відповідні технічні та правові аспекти.

					ОН 1102.00.002 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та заходів з його підвищення	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Богенко Я.А.						54	
Перевір.	Шовкалюк М. М							
Реценз.								
Н. Контр.	Прокопенко І. Д.							
Затвер.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП		

Таблиця 3.1 Основні нормативні документи щодо енергетичної ефективності будівель в Україні

№	Назва документа	Короткий опис	Рік
1	Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII [2]	Встановлює вимоги до енергоефективності будівель, передбачає енергосертифікацію та класифікацію за класами споживання енергії	2017
2	ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [3]	Регламентує показники опору теплопередачі для огорожувальних конструкцій	2021
3	ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель» [4]	Встановлює методику комплексного розрахунку первинного енергоспоживання будівлі	2023
4	ДСТУ ISO 52000-1:2020 [5]	Методика визначення енергетичних характеристик будівель відповідно до стандартів ЄС	2020
5	Директива (ЄС) 2024/1275 Європейського Парламенту та Ради [6]	Регламентує нові вимоги до енергоефективності будівель, включаючи обов'язкову модернізацію найменш ефективних споруд, підтримку інфраструктури для електромобілів, централізоване енергетичне планування та оновлені цілі щодо декарбонізації до 2050 року	2024

Законодавство вимагає, щоб нові та реконструйовані житлові і громадські будівлі мали енергосертифікат [7].

Відповідно до чинних вимог мінімальні значення опору теплопередачі повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [3].

У таблиці 3.2 наведено основні теплотехнічні вимоги до огорожувальних конструкцій — стін, покрівлі, перекриттів і вікон — з урахуванням типу будівлі та її температурного режиму.

Таблиця 3.2 Теплотехнічні вимоги до огорожувальних конструкцій

№	Вид огорожувальної конструкції	Значення R_{qmi} м ² ·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені перекриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), масандр, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття що межують із зовнішнім повітрям та над неопалювальними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

При проведенні заходів з реконструкції або термомодернізації допускається часткове зниження цих значень - до 75% нормативного рівня за умови дотримання інших показників мікроклімату.

Крім теплових характеристик нормативні вимоги також включають параметри внутрішнього середовища. Тому температура у кімнатах гуртожитку повинна підтримуватися на рівні 20°C, а в коридорі – на рівні - 18°C. Вологість повітря повинна бути від 50 до 60%, а вентиляцію необхідно організувати так, щоб кратність повітрообміну в житлових приміщеннях була не менше 0,6-0,7 год⁻¹, а в санітарних приміщеннях - не менше 1,5-3,0 год⁻¹ [3].

3.2 Визначення теплового навантаження будівлі

Для визначення теплового навантаження будівель необхідно взяти до уваги теплові втрати шляхом теплопровідності через огорожувальні конструкції. Та втрати теплоти за рахунок природної вентиляції (інфільтрації). Зовнішні стіни, покриття даху, вікна, двері та перекриття є основними конструктивними елементами, що впливають на тепловий баланс.

Для визначення теплового навантаження необхідно врахувати матеріали, площі, теплотехнічні характеристики та фізичний стан огорожувальних конструкцій.

Для визначення теплового навантаження будівлі було проведено аналіз основних огорожувальних конструкцій будівлі, а саме зовнішніх стін, вікон, входних дверей і перекриття над неопалюваними приміщеннями. Зведені теплофізичні характеристики для зазначених огорожувальних елементів представлені в таблицях 3.3–3.5. Дані таблиць були використані для подальших розрахунків теплових втрат і дозволили оцінити ефективність існуючого стану конструкцій, а також обґрунтувати доцільність впровадження заходів з термомодернізації.

Непрозорі огорожувальні конструкції

Таблиця 3.3 – Характеристики зовнішніх стін

№ шару	Найменування шару	Густина $\rho_0, \text{кг/м}^3$	Товщина $\delta, \text{м}$	Тепло-провідність $\lambda_{ip}, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$
1	Внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1700	0,02	0,93
2	Кладка з цегли	800	0,4	0,52
3	Зовнішня кладка з керамічної плитки	2000	0,01	0,96

Опір теплопередачі для даної трьохшарової конструкції:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{h_{se}}, \quad (3.1)$$

де h_{si} , h_{se} – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції згідно [8], $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, $[\text{м}]$;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно [8], [Вт/(м·К)].

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{23} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни :

$$K_i = \frac{1}{R_i}, \quad (3.2)$$

де R_i – опір теплопередачі i -ого огороження, [м²·К/Вт],

Отже, підставляємо в формулу 3.2, тоді

$$K_i = \frac{1}{0,78} = 1,27 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Відповідно до вимог [3], мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для I температурної зони становить $R_{\text{qmin}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для зовнішніх стін. Проведені розрахунки свідчать, що фактичне значення опору теплопередачі зовнішніх стін складає лише $R = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що суттєво нижче нормативного показника. Такий рівень теплозахисту є недостатнім для досягнення належної енергоефективності будівлі, оскільки спричиняє значні тепловтрати через стінові огороження. Для приведення огорожувальних конструкцій до нормативних вимог необхідне додаткове утеплення зовнішніх стін.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції

У гуртожитку використовуються два види світлопрозорих конструкцій. Дерев'яні конструкції з подвійним заскленням у сполучених плетіннях мають термічний опір $R_{\text{д}} = 0,34 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, тоді як металопластикові конструкції 4М1-16-

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

4K мають термічний опір $R_{мп} = 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$. Для I-ї температурної зони термічний опір вікон має становити не менше $0,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, згідно з нормативними вимогами [3]. Оскільки реальне значення термічного опору вікон у гуртожитку менше цього стандарту, конструкції не відповідають вимогам і їх потрібно замінити, щоб підвищити енергоефективність будівлі. Формула (3.2) може бути використана для визначення термічного опору світлопрозорих конструкцій:

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{0,34} = 2,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$K_{\text{дв}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Характеристика зовнішніх дверей

У гуртожитку входні двері з металу не мають утеплювача та ущільнення, а з внутрішнього боку їх обшиті деревом. Загальна площа конструкції становить 12 м^2 .

Розрахований термічний опір дверей такого типу становить:

$$R_{\text{дв}} = 0,437 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Окрім основних, по периметру встановлено додаткові металеві двері з термічним опором:

$$R_{\text{двм}} = 0,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Згідно з [3] для I температурної зони мінімально допустиме значення термічного опору для зовнішніх огорожувальних конструкцій (зокрема дверей) має бути:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$R_{qmin} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Розрахунковий опір теплопередачі для входних дверей становить $R_{Дв} = 0,437 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, металевих $R_{Двм} = 0,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, що менше стандартного значення $R_{qmin} = 0,7 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Це свідчить про те, що необхідно покращити теплоізоляцію дверей.

На основі формули (3.2) визначено коефіцієнти теплопередачі:

$$K_{Дв} = \frac{1}{0,437} = 2,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$K_{Двм} = \frac{1}{0,3} = 3,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Дах (перекриття)

Таблиця 3.4 – Характеристики переkritтя над неопалювальним
горищем

№ шару	Найменування шару	Товщина $\delta, \text{м}$	Тепло- провідність $\lambda_{ip}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Залізобетонна плита	0,22	1,69
2	Шар щебню	0,15	0,17
3	Цементно-піщана стяжка	0,025	0,81

За формулою (3.1) розрахуємо термічний опір переkritтя:

$$R_{гор} = \frac{1}{10} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,15}{0,17} + \frac{0,025}{0,81} + \frac{1}{6} = 1,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Термічний опір покриття над неопалюваним технічним поверхом становить $R = 1,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Згідно [3], для І-ї температурної зони допустимий

термічний опір для перекриття становить: $R_{qmin} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що вказує на те, що конструкція потребує утеплення.

Використовуючи формулу (3.2), визначимо коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{гор} = \frac{1}{1,31} = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Підлога над неопалювальним підвалом

Таблиця 3.5 – Характеристики перекриття неопалювального технічного поверху.

№ шару	Найменування шару	Товщина $\delta, \text{м}$	Тепло-провідність $\lambda_{ip}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Залізобетонна плита	0,22	1,69
2	Бетонна стяжка	0,015	0,93
3	Лінолеум одношаровий густиною 800 кг/м ³	0,03	0,21

За формулою (3.1) розрахуємо термічний опір перекриття:

$$R_{під} = \frac{1}{5,9} + \frac{0,22}{1,69} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{6} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

$R = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ показує перекриття над неопалюваним підвалом, що також є недостатнім порівняно з нормативом $R_{qmin} = 5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Використовуючи формулу (3.2), визначимо коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{під} = \frac{1}{0,63} = 1,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Таким чином, будь-яка огорожуюча конструкція будівлі не відповідає мінімальним вимогам для І-ї температурної зони [3]. Результати дослідження показали, що утеплення зовнішніх стін і перекриттів, а також заміна або модернізація вікон і дверей є важливими заходами для економії енергії. Здійснення таких заходів підвищить комфорт, зменшить тепловтрати та знизить витрати на опалення.

Тепловтрати через зовнішні огороження визначаються за формулою [8]:

$$Q_o = \sum (K_i \cdot F_i \cdot \Delta t_i) b_u (1 + \Sigma \beta), \quad (3.3)$$

де R_i – опір теплопередачі i -ого огороження, $[m^2 \cdot K/Вт]$,

F_i – площа i -ої огорожувальної конструкції, $[m^2]$;

$t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $[^{\circ}C]$;

$t_{р.о}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, $[^{\circ}C]$;

b_u – поправочний коефіцієнт урахування зменшення розрахункової різниці температур між кондиціонованим та некондиціонованим об'ємом/зоною, який обирається за [9]; для усіх інших огорожень $b_u = 1$;

$\Sigma \beta$ – сумарні додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій будівлі (стіни, двері і вікна), орієнтовані на:

- північ, схід, північний-схід і північний-захід – $\Sigma \beta = 0,1$;

- південний-схід і захід – $\Sigma \beta = 0,05$;

- для усіх інших огорожень $\Sigma \beta = 0$.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунків приймаємо температуру внутрішнього повітря $t_{\text{вн}} = 20$ °С, зовнішнього повітря – $t_z = -22$ °С. Вихідні дані, необхідні для розрахунку тепловтрат через відповідні огорожувальні конструкції будівлі, подано в таблицях 3.6–3.10.

Втрати тепла через зовнішні стіни будівлі

Таблиця 3.6 – Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни

Огородження	Орієнтація	R, м²·К/Вт	K, Вт/(м²·К)	F, м²	Δt , °С	b_u	$1+\sum\beta$
1	2	3	4	5	6	7	8
ЗС1,	Пн-Зх	0,78	1,27	1964	42	1	1,1
ЗС2,	Пд-Сх	0,78	1,27	1628,86	42	1	1,05
ЗС3	Схід	0,78	1,27	751,41	42	1	1,1
	Пд-Зх	0,78	1,27	691,23	42	1	1

Для розрахунку скористаємось формулою 3.3:

$$Q_{\text{ст}} = 1,27 \cdot 1 \cdot 42((1964 + 751,41) \cdot 1,1 + 691,23 \cdot 1 + 1628,86 \cdot 1,05) \\ = 290149,14 \text{ Вт} = 290,15 \text{ кВт} = 0,249 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Втрати теплової енергії через світлопрозорі вікна

Таблиця 3.7 – Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через вікна

Огородження	Орієнтація	R, м²·К/Вт	K, Вт/(м²·К)	F, м²	Δt , °С	b_u	$1+\sum\beta$
1	2	3	4	5	6	7	8
СКд, Подвійне застління в Дерев'яних сполучених плетіннях	Пд-Зх	0,34	2,9	—	42	1	1
	Пд-Сх			101,74		1	1,05
	Схід			44		0,6	1,1
	Пн-Зх			48,5		1	1,1

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8
СКд, Металопластик 4М1-16-4К	Пд-Зх	0,4	2,5	30,03	42	1	1
	Пд-Сх			1065,19		1	1,05
	Схід			96,08		0,6	1,1
	Пн-Зх			1193,81		1	1,1

У будівлі встановлені вікна різних типів. З цієї причини теплові втрати від світлопрозорих конструкцій розраховуються окремо для кожного типу вікон.

Розрахунок проводиться за формулою 3.3:

$$Q_{\text{вік}} = 2,9 \cdot 42 \cdot (101,74 \cdot 1,05 \cdot 1 + 44 \cdot 1,1 \cdot 0,6 + 48,5 \cdot 1,1 \cdot 1) + 2,5 \cdot 42 \cdot (30,03 \cdot 1 \cdot 1 + 1065,19 \cdot 1 \cdot 1,05 + 96,08 \cdot 0,6 \cdot 1,1 + 1193,81 \cdot 1 \cdot 1,1) =$$

$$288\,180,38 \text{ Вт} = 288,18 \text{ кВт} = 0,25 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Втрати тепла через двері гуртожитку

Таблиця 3.8 – Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через двері

Огородження	Орієнтація	R, м²·К/Вт	K, Вт/(м²·К)	F, м²	Δt, °C	b _u	1+Σβ
1	2	3	4	5	6	7	8
Дв	Пд-Сх	0,437	2,29	12	42	1	1,1
Двм	Пд-Зх	0,3	3,33	5,46	42	1	1
	Пд-Сх			2,73		1	1,05
	Схід			5,46		1	1,1
	Пн-Зх			5,46		1	1,1

Формула 3.3 використовується для наступного розрахунку:

$$Q_{\text{дв}} = 2,9 \cdot 1 \cdot 42 \cdot 12 \cdot 1,1 + 3,33 \cdot 42 \cdot (5,46 \cdot 1 \cdot 1 + 2,73 \cdot 1 \cdot 1,05 + 5,46 \cdot 1 \cdot 1,1 + 5,46 \cdot 1 \cdot 1,1) = 4\,455,15 \text{ Вт} = 4,46 \text{ кВт} = 0,004 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Втрати тепла через перекриття горищ

Таблиця 3.9 – Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни

Огородження	Орієнтація	R, м²·К/Вт	K, Вт/(м²·К)	F, м²	Δt, °С	b _u	1+Σβ
1	2	3	4	5	6	7	8
Неопалювальний технічний поверх	—	1,31	0,76	1520,1	42	0,9	—

Використовуючи формулу 3.3, визначимо відповідне значення:

$$Q_{\text{гор}} = 0,76 \cdot 1520,1 \cdot 42 \cdot 0,9 = 43862,43 \text{ Вт} = 43,86 \text{ кВт} = 0,038 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Теплові втрати через підлогу будівлі

Таблиця 3.10 – Вихідні дані для розрахунку тепловтрат через зовнішні стіни

Огородження	Орієнтація	R, м²·К/Вт	K, Вт/(м²·К)	F, м²	Δt, °С	b _u	1+Σβ
1	2	3	4	5	6	7	8
Неопалювальний технічний поверх	—	0,63	1,58	1520,1	42	0,6	—

На основі формули 3.3 обчислюємо:

$$Q_{\text{п}} = 1,58 \cdot 1520,1 \cdot 42 \cdot 0,6 = 60804 \text{ Вт} = 60,8 \text{ кВт} = 0,05 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Розрахуємо загальні втрати тепла з огорожувальних конструкцій за формулою:

$$Q = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{п}}. \quad (3.4)$$

Підставившись значення отримаємо:

$$Q = 290,15 + 288,18 + 4,46 + 43,86 + 60,8 = 671,85 \text{ кВт} = 0,58 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Теплові втрати через природну вентиляцію

Визначимо за формулою:

$$Q_{\text{огор.}} = 0,337 \cdot V_0 \cdot n_{\text{об}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (3.5)$$

де $n_{\text{об}}$ – кратність повітрообміну у житлових приміщеннях, приймаємо $n_{\text{об}} = 0,7 \text{ год}^{-1}$;

V_0 – опалювальний об'єм житлових приміщень в будівлі. За паспортом він складає 19098,3.

Підставивши значення у формулу (3.5):

$$\begin{aligned} Q_{\text{огор.}} &= 0,337 \cdot V_0 \cdot 0,6 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) = 0,337 \cdot 19098,3 \cdot 0,6 \cdot (20 - (-22)) \\ &= 162,19 \text{ кВт} = 0,139 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}. \end{aligned}$$

Розрахуємо загальні втрати тепла з огорожувальних конструкцій за формулою:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{огор.}} + Q. \quad (3.6)$$

Підставимо значення в формулу (3.6):

$$Q_{\Sigma} = 162,19 + 671,85 = 834,04 \text{ кВт} = 0,72 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Таблиця 3.11 містить результати розрахунків теплового навантаження будівлі гуртожитку.

Таблиця 3.11 – Теплове навантаження гуртожитку №20

№	Найменування параметра	Познач.	Одиниця виміру	Значення
1	Коефіцієнт теплопередачі стін	К _{ст}	Вт/(м ² ·К)	1,27
2	Коефіцієнт теплопередачі вікон у дерев'яних сполучених плетіннях	К _д	Вт/(м ² ·К)	2,9
3	Коефіцієнт теплопередачі вікон у металопластикових рамах	К _{мп}	Вт/(м ² ·К)	2,5
4	Коефіцієнт теплопередачі металевих дверей	К _{Двм}	Вт/(м ² ·К)	3,33
5	Коефіцієнт теплопередачі металевих дверей, обшитих деревом	К _{Дв}	Вт/(м ² ·К)	2,29
6	Коефіцієнт теплопередачі горища	К _{гор}	Вт/(м ² ·К)	0,76
7	Коефіцієнт теплопередачі підлоги	К _п	Вт/(м ² ·К)	1,58
8	Площа стін	F _{ст}	м ²	5035,5
9	Площа вікон	F _{вік}	м ²	2528,35
10	Площа дверей	F _д	м ²	31,11
11	Площа горища	F _{гор}	м ²	1520,1
12	Площа підлоги	F _п	м ²	1520,1
13	Загальна площа будівлі	F _{зб}	м ²	14993,08
14	Опалювальний об'єм будівлі	V _{оп}	м ³	19098,3
15	Висота будівлі	H _{зб}	м	38
16	Тепловтрати через стіни	Q _{ст}	кВт	290,15
17	Тепловтрати через вікна	Q _в	кВт	288,18
18	Тепловтрати через двері	Q _д	кВт	4,46
19	Тепловтрати через горище	Q _{гор}	кВт	43,86
20	Тепловтрати через підлогу	Q _п	кВт	60,8
21	Тепловтрати через природну вентиляцію	Q _{вент}	кВт	162,19

Покажемо на діаграмі (рис. 3.1) наявні розраховані тепловтрати через огорожувальні конструкції.

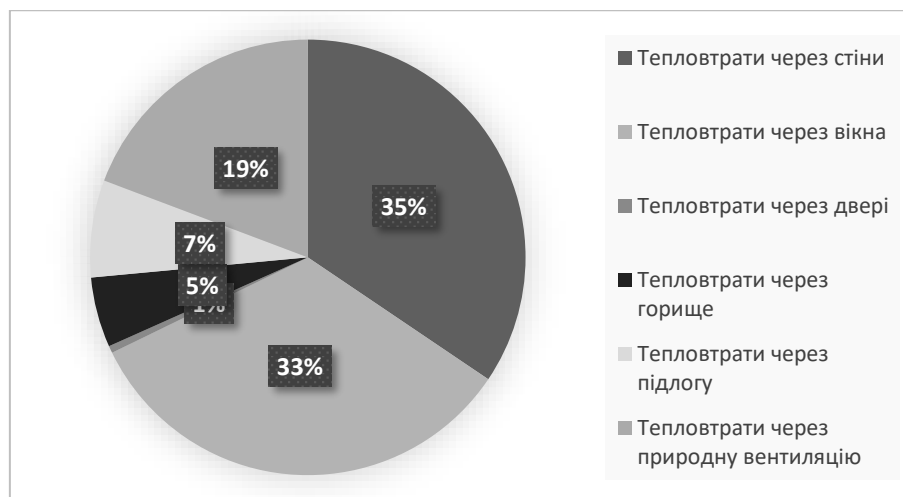


Рисунок 3.1 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції

3.3 Розроблення типових заходів з енергоефективності для огорожувальних конструкцій

Захід №1: Модернізація балконних блоків шляхом заміни дерев'яних елементів з низьким термічним опором на сучасні енергоефективні світлопрозорі системи

Зменшення тепловтрат огорожувальних конструкцій, особливо світлопрозорих елементів, є однією з найефективніших стратегій підвищення енергоефективності будівель. Як показав аналіз, балконні блоки становлять значну частину втрат тепла, особливо в місцях загального користування, таких як холи поверхів. Заміна старих дерев'яних балконних блоків у холах поверхів на сучасні металопластикові конструкції з енергозберігаючим склопакетом є поширеним варіантом. Пропонується замінити існуючі дерев'яні балконні блоки сучасними енергоефективними конструкціями з двокамерним склопакетом (Рис– 3.2), який складається з трьох стекол товщиною 4 мм і двох повітряних камер шириною 10 мм. Оскільки він пропонує хорошу теплоізоляцію за низькою ціною, цей тип склопакету є одним із найпоширеніших варіантів. Він ефективний у співвідношенні до ціни та

підходить для більшості типів приміщень, включаючи житлові та нежитлові приміщення, квартири, будинки та офіси.



Рисунок 3.2 – Двокамерний склопакет (32 мм 4-10-4-10-4)

Опір теплопередачі нових світлопрозорих конструкцій повинен перевищувати мінімальні вимоги :

$$R_{\text{ск}} \geq R_{q \text{ min}}$$

Коефіцієнт скління фасаду — це співвідношення площі прозорих огорожувальних елементів до загальної площі фасаду будівлі. Розрахунки можна виконати за допомогою формули:

$$m_{\text{скл}} = \frac{F_{\text{ск}}}{F_{\text{ск}} + F_{\text{зс}} + F_{\text{дв}}} = \frac{F_{\text{ск}}}{(F_{\text{ск.д}} + F_{\text{ск.мп}}) + F_{\text{зс}} + F_{\text{дв}}} \quad (3.7)$$

де $F_{\text{ск}}$ — загальна площа вікон та балконних блоків у будівлі, м^2 ;

$F_{\text{ск.д}} ; F_{\text{ск.мп}}$ – площа дерев'яних та металопластикових вікон відповідно, м^2 .

$$m_{\text{скл}} = \frac{2528,35}{(53,24 + 2465,11) + 5035,5 + 31,11} = 0,34.$$

Розрахуємо нормативні значення опору теплопередачі для нових балконних блоків, встановлених для будівель у першій температурній зоні :

$$R_{\text{нов}} = R_{q \min} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Розрахуємо теплові втрати, до та після заміни: у ватах [Вт]:

$$Q_{\text{ск.існ}} = K_{\text{існ}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{\text{існ}}} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}); \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{ск.нов}} = K_{\text{нов}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{\text{нов}}} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}), \quad (3.9)$$

де $F_{\text{д}}$ – площа дерев'яних балконних блоків, які будуть замінені, $[\text{м}^2]$;

$R_{\text{існ}} = R_{\text{ск.д}}$ – термічний опір існуючих світлопрозорих дерев'яних конструкцій, які планується замінити, $[\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}]$.

Підставивши у формули 3.8-3.9 отримаємо:

$$Q_{\text{існ.б.б}} = 2,9 \cdot 42 \cdot 53,24 = 6\,484,63 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{нов.б.б}} = \frac{1}{0,9} \cdot 53,24 \cdot 42 = 2530,73 \text{ Вт}.$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річна економія енергії за рахунок зменшення теплопередачі [Гкал/рік]:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.10)$$

$$\Delta Q_{16.6.} = (6\,484,63 - 2530,73) \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 6,87 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Річне скорочення споживання теплової енергії [Гкал] за рахунок зменшення інфільтрації (неорганізований природний повітрообмін):

$$\Delta Q_2 = \Delta n_{об} \cdot V \cdot \rho \cdot c_{пов} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} / (3600 \cdot 1,163) \quad (3.11)$$

де $\Delta n_{об}$ – зменшення кратності інфільтрації після заміни вікон:

- після заміни

$$Q_2 = 0,67 \cdot 2429,46 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 0,0001 \text{ Гкал/год.}$$

- Економія

$$\Delta Q_2 = (0,7 - 0,67) \cdot 2429,46 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 2,02 \text{ Гкал.}$$

Скорочення споживання теплової енергії за рахунок заміни дерев'яних балконів блоків [Гкал/рік]:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{в}} = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 \quad (3.12)$$

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{в}} = 6,87 + 2,02 = 8,89 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}},$$

Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{в}} \cdot T, \quad (3.13)$$

де

T – тариф на теплову енергію [грн/Гкал].

При тарифі на теплову енергію $T = 1654,4$ грн/Гкал, підставимо значення в формулу (3.13):

$$\Delta E = 8,89 \cdot 1654,4 = 14\,715,72 \text{ грн.}$$

Розрахуємо також для економічно обґрунтованого тарифу для Києва 3752,99 грн/Гкал [10]:

$$\Delta E_{\text{т}} = 8,89 \cdot 3752,99 = 33373,06 \text{ грн.}$$

Ціна конструкції типу Vikonda Classic розміром 2200×2200 мм становить 19137 грн за одиницю станом на травень 2025 року, згідно з даними джерела [12]. Зважаючи на те, що площа балконного блоку, який потрібно замінити, становить $53,24 \text{ м}^2$, а середня ціна монтажу металопластикових конструкцій у Києві становить 583 грн/м² [11], а демонтажу 270 грн/м² загальна вартість робіт складає : $19137 \text{ грн} \cdot 11 + (583 \text{ грн} \cdot 53,24 \text{ м}^2) + (270 \text{ грн} \cdot 53,24 \text{ м}^2) \approx 255924,72 \text{ грн.}$

Простий термін окупності заходу з заміни дерев'яних балконних блоків, [років]:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{255924,72}{14\,715,72} = 17,39 \text{ років.}$$

Також розрахуємо термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{оке}} = \frac{255924,72}{33373,06} = 7,67 \text{ років.}$$

Захід №2: Заміна старих дерев'яних та металопластикових вікон з низьким опором теплопередачі на сучасні світлопрозорі конструкції

З метою підвищення енергоефективності будівлі та зменшення тепловтрат, пропонується виконати заміну застарілих дерев'яних і металопластикових віконних блоків, які не відповідають сучасним вимогам.

У межах заходу планується демонтаж старих конструкцій та встановлення сучасних металопластикових вікон з двокамерним енергозберігаючим склопакетом товщиною 32 мм (4-10-4-10-4). Нові конструкції забезпечують відповідність нормативному значенню опору теплопередачі (не менше 0,9 м²·К/Вт) [3], що суттєво зменшує витрати теплової енергії на опалення.

У процесі енергетичного обстеження було виявлено значну кількість віконних конструкцій, які мають низький опір теплопередачі та підлягають заміні. Зокрема, до заміни включено як застарілі дерев'яні, так і малоефективні металопластикові вікна. Детальна інформація щодо типів вікон, їхніх розмірів, кількості та загальної площі наведена в таблиці 3.12.

Таблиця 2.4— Характеристики світлопрозорих конструкцій гуртожитку.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Матеріал існуючого вікна	Розмір, мм	Площа, м²	Кількість, шт	Загальна площа, м²
1	Дерев'яне	700 × 500	0,35	20	7
2	Металопластикове	1500× 1500	2,25	480	1 080
3	Дерев'яне	1500× 1500	2,25	40	90
	Разом			574	1 177

Згідно з формулою (3.7) розрахуємо коефіцієнт скління фасаду будівлі, який визначається як відношення загальної площі світлопрозорих конструкцій до сумарної площі всіх огорожувальних елементів фасаду.

$$m_{\text{скл}} = \frac{2528,35}{(53,24 + 2465,11) + 5035,5 + 31,11} = 0,34$$

Розрахуємо нормативні значення опору теплопередачі для нових вікон встановлених для будівель у першій температурній зоні :

$$R_{\text{нов}} = R_{q \text{ min}} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

1. Малі дерев'яні вікна (700×500 мм)

Згідно з формулами (3.8) та (3.9) проведено розрахунок втрат тепла до і після модернізації вікон.

$$Q_{\text{існ.в}} = 2,5 \cdot 7 \cdot 42 = 735 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{нов.в}} = \frac{1}{0,9} \cdot 7 \cdot 42 = 326,67 \text{ Вт}.$$

За формулою (3.10) розраховано щорічну економію енергії внаслідок зменшення теплопередачі.

$$\Delta Q_1 = (735 - 326,67) \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 0,39 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Згідно з формулою (3.11), обчислено теплову економію за рахунок зниження інфільтрації.

- після заміни

$$Q_2 = 0,66 \cdot 1520,1 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 0,00006 \text{ Гкал/год.}$$

- Економія

$$\Delta Q_2 = (0,67 - 0,66) \cdot 4560,3 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 1,26 \text{ Гкал.}$$

За формулами (3.12) визначено загальну річну економію теплової енергії.

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{в}} = 0,39 + 1,26 = 1,65 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

При тарифі на теплову енергію 1654,4 грн/Гкал, річна економія коштів відповідно до формули (3.13) становить:

$$\Delta E = 1,65 \cdot 1654,4 = 2729,76 \text{ грн/рік.}$$

Для економічно обґрунтованого тарифу в місті Києві, який дорівнює

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

3752,99 грн/Гкал, розрахована економія становить:

$$\Delta E_t = 1,65 \cdot 3752,99 = 6\,192,43 \text{ грн/рік.}$$

Загальна вартість впровадження проекту із заміни 40 малих дерев'яних вікон (700×500 мм) становить 64 000 грн. До цієї суми входить вартість самих вікон та послуги з демонтажу старих і монтажу нових конструкцій.

Простий термін окупності заходу з заміни дерев'яних балконних блоків, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{64\,000}{2729,76} = 23,45 \text{ років.}$$

Також розрахуємо термін окупності для економічно обгрунтованого тарифу:

$$T_{\text{оке}} = \frac{64000}{6\,192,43} = 10,33 \text{ років.}$$

2. Великі дерев'яні вікна (1500×1500 мм)

За формулами (3.8)–(3.9) обчислено зміну тепловтрат крізь світлопрозорі конструкції в результаті їхньої заміни.

$$Q_{\text{існ.в}} = 2,5 \cdot 90 \cdot 42 = 9450 \text{ Вт,}$$

$$Q_{\text{нов.в}} = \frac{1}{0,9} \cdot 90 \cdot 42 = 4200 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла через огорожувальні конструкції визначено відповідно до рівняння (3.10).

$$\Delta Q_1 = (9450 - 4200) \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 9,45 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок економії за рахунок зменшення інфільтрації (формула 3.11):

- після заміни

-

$$Q_2 = 0,66 \cdot 4560,3 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 0,018 \text{ Гкал/год.}$$

- Економія

$$\Delta Q_2 = (0,66 - 0,6) \cdot 4560,3 \cdot 1,293 \cdot 1005 \cdot (21 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 24 \cdot \frac{10^{-6}}{3600 \cdot 1,163} = 7,57 \text{ Гкал.}$$

За формулами (3.12) визначено загальну економію енергії після заміни вікон.

$$\Delta Q_{\text{рік}}^B = 9,45 + 7,57 = 17,02 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

При тарифі на теплову енергію 1654,4 грн/Гкал, річна економія коштів відповідно до формули (3.13) становить:

$$\Delta E = 17,02 \cdot 1654,4 = 28163,29 \text{ грн/рік.}$$

Для економічно обґрунтованого тарифу в місті Києві, який дорівнює 3752,99 грн/Гкал, розрахована економія становить:

$$\Delta E_t = 17,02 \cdot 3752,99 = 63898,41 \text{ грн/рік.}$$

Загальна вартість встановлення великих дерев'яних вікон розміром 1500×1500 мм (разом із демонтажем, монтажем та вартістю виробів) становить

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

369 720 грн.

Простий термін окупності заходу з заміни дерев'яних балконних блоків,
[років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{369\,720}{36\,496,06} = 10,13 \text{ років.}$$

Також розрахуємо термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{оке}} = \frac{369\,720}{63898,41} = 5,79 \text{ років.}$$

3. Металопластикові вікна

Металопластикові вікна, встановлені у приміщеннях гуртожитку, мають термічний опір $R = 0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що хоча й не відповідає повністю нормативному значенню $R_{\text{qmin}} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ для будівель І температурної зони[3], проте є суттєво вищим за термічні характеристики дерев'яних вікон старого зразка ($R \approx 0,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$).

Враховуючи високу початкову вартість заміни великої кількості металопластикових вікон (480 шт.) та порівняно незначний потенціал подальшої економії теплової енергії, їх оновлення не є економічно доцільним. Окупність таких заходів перевищила б 20 років, що суперечить вимогам до ефективного використання інвестицій у проєктах з енергозбереження.

Таким чином, у розрахунках приймається рішення не включати металопластикові вікна до переліку конструкцій, що підлягають заміні, зосереджуючи енергозберігаючі заходи на дерев'яних вікнах та балконних блоках, які мають найбільші тепловтрати та найкоротший термін окупності після модернізації.

Сумарні значення для заходу №2:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У рамках заходу із заміни вікон були проаналізовані витрати на впровадження, економія теплової енергії та строки окупності. Загальна вартість реалізації заходу, що включає заміну як малих, так і великих дерев'яних вікон, становить:

$$64\,000 + 369\,720 = 433\,720 \text{ грн.}$$

Річна економія теплової енергії внаслідок зменшення теплопередачі та покращення герметичності становить:

$$1,65 + 17,02 = 18,67 \text{ Гкал.}$$

При діючому тарифі на теплову енергію 1654,4 грн/Гкал, річна економія коштів становить 30 887,65 грн, що включає 2729,76 грн для малих вікон і 6192,43 грн для великих.

У разі застосування економічно обґрунтованого тарифу в розмірі 3752,99 грн/Гкал, економія складає 70 068,32 грн на рік (28163,29 грн та 63898,41 грн відповідно).

Простий термін окупності заходу при діючому тарифі становить:

$$T_{\text{ок}} = \frac{433\,720}{30\,887,65} = 14,04 \text{ років,}$$

а при економічно обґрунтованому:

$$T_{\text{оке}} = \frac{433\,720}{70\,068,32} = 6,19 \text{ років.}$$

Захід №3: Утеплення зовнішніх стін, що підвищує термічну стійкість огорожувальних конструкцій

По-перше, визначте, який тип огороження зовнішньої стіни має менший коефіцієнт теплопередачі R , $[m^2K/W]$. Це може бути основний фасад або цегляна кладка. Таким чином, необхідно визначити потрібну товщину шару ізоляційного матеріалу.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо мінімально допустиме значення товщини ізоляції, [м]:

$$\delta_{iz} = \left[R_{q \min} - \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{se_3}} \right) \right] \cdot \lambda_{iz} \quad (3.14)$$

де δ_1, λ_1 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], внутрішньої штукатурки будівлі;

δ_2, λ_2 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], основного фасаду будівлі;

$\delta_{iz}, \lambda_{iz}$ – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], ізоляційного шару будівлі, який потрібно обрати самостійно, обґрунтовуючи свій вибір з економічної та технологічної точки зору;

δ_4, λ_4 – відповідно товщина, [м], та коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·К)], зовнішньої штукатурки будівлі із складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для зовнішньої стіни відповідно до вимог ,що обирається залежно від температурної зони розташування міста .

$$\delta_{iz} = \left[4 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,045 = 0,14 \text{ м} \\ = 150 \text{ мм.}$$

Після підрахунку результат потрібно округлити до значень, що відповідають існуючим на ринку теплоізоляційних матеріалів: 50 мм, 100 мм, 120 мм, 150 мм, 170 мм, 200 мм, 250 мм.

1) Визначимо опір теплопередачі стіни після утеплення [м²К/Вт]
визначимо за формулою:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{yt} = \left(\frac{1}{h_{si}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{se}} \right) = \left(\frac{1}{h_{si}} + \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) + \frac{1}{h_{se}} \right) \quad (3,15)$$

За формулою (3,15) визначимо опір теплопередачі [$\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$] утепленого огороження для:

$$R_{yt.3C1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{23} = 4,35 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт},$$

Порівняльний аналіз опору теплопередачі стін після ізоляції з нормативним значенням (додаток 6):

$$R_{yt.3C1} \geq R_{q \min}$$

$$4,35 > 4$$

2) Зменшення теплових втрат через зовнішні стіни за рахунок утеплення:

$$\Delta Q_{3C1} = \sum \left(\left(\frac{1}{R_{3C1}} - \frac{1}{R_{yt.3C1}} \right) \cdot F_{3C1} \cdot (t_{BH} - t_{p.o.}) \right) \cdot b_u (1 + \Sigma \beta); \quad (3.16)$$

$$\Delta Q_{3C1} = \left(\left(\frac{1}{0,78} - \frac{1}{4,35} \right) \cdot 1964 \cdot 42 \right) \cdot 1,1 + \dots + \left(\left(\frac{1}{0,78} - \frac{1}{4,35} \right) \cdot 691,23 \cdot 42 \right) \cdot 1 = 238122,4 \text{ Вт} = 238,12 \text{ кВт}.$$

3) Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення зовнішніх стін будівлі, [$\text{Гкал}/\text{рік}$]:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{yt.3C} = (\Delta Q_{3C1}) \frac{t_{BH} - t_{c.o.}}{t_{BH} - t_{p.o.}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}. \quad (3.17)$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} = (238122,4) \cdot \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 413,89 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

4) Річна економія грошових витрат, [грн/рік]:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.3С}} \cdot T, \quad (3.18)$$

де T – тариф на теплову енергію .

При тарифі на теплову енергію $T = 1654,41$ грн/Гкал, підставимо значення в формулу (3.18):

$$\Delta E = 413,89 \cdot 1654,4 = 684739,616 \text{ грн.}$$

Також розрахуємо для економічно обгрунтованого тарифу:

$$\Delta E = 413,89 \cdot 3752,99 = 1553325,03 \text{ грн.}$$

5) Простий термін окупності заходу з утеплення зовнішніх стін, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{I}{\Delta E} \quad (3.19)$$

Приблизні витрати на впровадження даного заходу становлять $B = 14\,149\,800$ грн. Підставимо значення в формулу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{14\,149\,800}{684739,616} = 20,6 \text{ років.}$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{14\,149\,800}{1553325,03} = 9,1 \text{ років.}$$

Захід №4: Підвищення енергоефективності через утеплення перекриття підвалу

Утеплення перекриття над неопалювальним підвалом пропонується шляхом наклеювання плит ППС (пінополістирольні плити) на щільності 15 кг/м³ (Рис.3.3); при цьому вважається, що інженерні комунікації не будуть переноситися. Розчин складного піску, вапна та цементу товщиною $\delta_2 = 0,01$ м доцільно нанести ззовні.



Рисунок 3.3 – Утеплення перекриття підвалу

Після утеплення перекриття підвалу мінімальний опір теплопередачі повинен бути досягнуто:

$$R_{\text{ут.п}} \geq R_{q \text{ min}}$$

Визначимо найменшу допустиму товщину теплоізоляційного шару перекриття над неопалювальним підвалом, [м]:

$$\delta_{iz} = \left[R_{q \min} - \left(R_{\Pi} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} \right) \right] \cdot \lambda_{iz} \quad (3.20)$$

де R_{Π} , – це опір теплопередачі наявного перекриття над підвалом, [м²·К/Вт], який був визначений раніше;

δ_{iz} , λ_{iz} – відповідно, товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [Вт/(м·К)] шару теплоізоляції;

$\delta_{шт}$, $\lambda_{шт}$ – відповідно, товщина [м] та коефіцієнт теплопровідності [Вт/(м·К)] шару штукатурки зі складного розчину;

$R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для конструкції перекриття над неопалюваним підвалом.

$$\delta_{iz} = \left[6 - \left(0,63 + \frac{0,01}{0,87} \right) \right] \cdot 0,055 = 0,291 \text{ м} = 300 \text{ мм.}$$

Опір теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом після утеплення [м²К/Вт] можна розрахувати за допомогою формули:

$$R_{ут.П.} = R_{\Pi} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}}. \quad (3.21)$$

$$R_{ут.П.} = 0,63 + \frac{0,3}{0,055} + \frac{0,01}{0,87} = 6,1 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

$$6,1 \geq 6$$

Зменшення теплових втрат відповідно до розрахунку утеплення перекриття підвалу [Вт]:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q_{\Pi} = \left(\frac{1}{R_{\Pi}} - \frac{1}{R_{\text{ут.}\Pi}} \right) \cdot F_{\Pi} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о.}}) \cdot b_u; \quad (3.22)$$

де F_{Π} – площа перекриття підвалу, $[\text{м}^2]$, що визначено раніше.

$$\Delta Q_{\Pi} = \left(\frac{1}{0,63} - \frac{1}{6,1} \right) \cdot 1520,1 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,6 = 54524,24 \text{ Вт};$$

Річна економія теплової енергії за рахунок утеплення перекриття підвалу, $[\text{Гкал/рік}]$:

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Pi} = \Delta Q_{\Pi} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.24)$$

$$\Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Pi} = 54524,24 \cdot \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} = 94,77 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Річна економія грошових витрат, $[\text{грн/рік}]$:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{рік}}^{\text{ут.}\Pi} \cdot T, \quad (3.25)$$

де T – тариф на теплову енергію $[\text{грн/Гкал}]$.

При тарифі на теплову енергію $T = 1654,41 \text{ грн/Гкал}$:

$$\Delta E = 94,77 \cdot 1654,4 = 156787,49 \text{ грн.}$$

Також розрахуємо для економічно обґрунтованого тарифу:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E = 94,77 \cdot 3752,99 = 355670,86 \text{ грн.}$$

Орієнтовна вартість реалізації цього заходу складає $B = 1\,892\,085$ грн.

Простий термін окупності заходу з утеплення перекриття підвалу, [років]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,892\,085}{156787,49} = 12,1 \text{ років.}$$

Термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,892\,085}{355670,86} = 5,3 \text{ років.}$$

3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для інженерних систем будівлі та джерел енергії

Захід №1 Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення будівлі

Огляд системи опалення будівлі показав, що теплоізоляція трубопроводів і запірної арматури в неопалюваних приміщеннях, особливо в підвалі, недостатня. Ізоляційний шар дещо зруйнований, а деякі місця втрачають свої теплофізичні властивості. Це викликає значні втрати тепла, збільшення навантаження на систему опалення та збільшення витрат енергії.

Застосування пінополіуретану, сучасного теплоізоляційного матеріалу, може допомогти відновити теплоізоляцію трубопроводів і арматури підвальних приміщень, щоб покращити енергоефективність будівлі та зменшити тепловтрати. У трубопроводах використовується вуглецева сталь

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

35, яка має високу теплопровідність ($\lambda = 50,2 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$), що призводить до значних теплових втрат, якщо немає хорошої ізоляції. Зовнішні та внутрішні діаметри трубопроводів 120 мм і 110 мм, а загальна довжина труб у неопалюваних зонах 251,3 метрів.

Матеріал, який використовується для теплоізоляції трубопроводів у неопалюваних приміщеннях, повинен мати теплопровідність не більше $0,035 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$. Товщина ізоляційного шару також не повинна бути нижчою за внутрішній діаметр труби, тобто 110 мм. Це відповідатиме вимогам енергетичної ефективності, одночасно забезпечуючи ефективне зменшення тепловтрат.

Згідно з технічними умовами, для опалення потрібно $4,55 \text{ м}^3/\text{год}$ теплоносія. Тиск теплоносія в подавальному трубопроводі становить $0,93 \text{ МПа}$, а в зворотному трубопроводі $0,37 \text{ МПа}$. Взимку температурний діапазон коливається від 95 до 70 градусів Цельсія, при цьому середня температура теплоносія становить 80 градусів.

Утворюється накип товщиною 3 мм під час експлуатації трубопроводів ($\lambda = 0,1 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$), що перешкоджає нормальній циркуляції теплоносія в системі опалення та знижує її ефективність. Розрахуємо тепловий потік (Вт/м) через подавальні та зворотні труби до очищення від накипу, після очищення та після утеплення за допомогою граничних умов III роду. Прийнята температура повітря становить десять градусів Цельсія. Для розрахунку теплового потоку на погонний метр використовується формула:

$$q_1 = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{\frac{1}{\pi d_1 \alpha_1} + \sum \frac{1}{2\pi \lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\pi d_2 \alpha_2}}, \quad (3.26)$$

де t_{p1} – середня температура води в трубопроводах, $^\circ\text{С}$;

t_{p2} – температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

d_1 – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

d_2 – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

λ – теплопровідність матеріалу трубопроводу, Вт/(м·К);

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від води до трубопроводу, Вт/(м²·К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до трубопроводу, Вт/(м²·К).

Коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 2500$ Вт/(м²·К), а $\alpha_2 = 10$ Вт/(м²·К).

1. Розрахунок теплового потоку без ізоляції

Знаючи діаметр труб і загальну витрату теплоносія, можна отримати швидкість рідини, м/с, за формулою:

$$w = \frac{G}{3600\pi \cdot \left(\frac{d_{\text{вн}}}{2}\right)^2}, \quad (3,27)$$

де G – витрата теплоносія, м³/год;

$d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Підставляючи дані у формат 3.27, ми отримуємо:

$$w = \frac{4,55}{3600\pi \cdot \left(\frac{0,104}{2}\right)^2} = 0,12 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Порівняємо отримане та допустиме значення швидкості потоку:

$$w_{\text{доп}} \leq 2 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$w \leq w_{\text{доп}}.$$

Використовуючи 3.28 , визначимо втрати теплоти, Вт/м з одного погонного метра трубопроводу:

$$q_1 = \frac{t_p - t_{3B}}{\frac{1}{\pi d_{BH} \alpha_1} + \frac{1}{2\pi \lambda_{HAK}} \ln \frac{d_{HAK}}{d_{BH}} + \frac{1}{2\pi \lambda_{CT}} \ln \frac{d_{3B}}{d_{HAK}} + \frac{1}{\pi d_{3B} \alpha_2}}, \quad (3.28)$$

$$q_1 = \frac{80 - 10}{\frac{1}{\pi \cdot 0,104 \cdot 2500} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,1} \ln \frac{0,11}{0,104} + \frac{1}{2\pi \cdot 50,2} \ln \frac{0,12}{0,11} + \frac{1}{\pi \cdot 0,12 \cdot 10}} = 202,03 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Висновок: оскільки утворюється накип, діаметр трубопроводу, через який рухається теплоносій, зменшується, необхідно збільшити його швидкість до гранично допустимої. Це створює шум і вимагає більшої кількості електроенергії. Крім того, накип зменшує температуру радіаторів батарей кімнатах, оскільки він перешкоджає нормальному теплообміну між теплоносієм і трубою.

2. Розрахунок теплового потоку після видалення накипу

Знаючи загальну витрату теплоносія та діаметр труб, можна використовувати формулу для визначення швидкості рідини:

$$w = \frac{4,55}{3600\pi \cdot \left(\frac{0,11}{2}\right)^2} = 0,11 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Порівняємо отримане та допустиме значення швидкості потоку:

$$w_{\text{доп}} \leq 2 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

$$w \leq w_{\text{доп.}}$$

Щоб спростити оцінку енергетичного ефекту від заходу з очищення трубопроводів від накипу, у цій роботі використовується наближений підхід, заснований на даних з літературних джерел і практичного досвіду експлуатації систем опалення. Згідно з «Правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж» [13], очищення внутрішніх поверхонь труб є обов'язковою процедурою, яка забезпечує надійне функціонування системи та знижує гідравлічний опір. Це безпосередньо впливає на підвищення ефективності теплообміну та зменшення енерговитрат.

Крім того, у навчальному посібнику «Теплоенергетичні установки і системи» [14] зазначено, що наявність накипу значно погіршує теплопередачу, а його видалення може зменшити втрати теплової енергії в середньому на 1–3% від річного споживання.

У відповідності до цих рекомендацій, у межах даного дослідження для подальших розрахунків прийнято середнє значення енергетичного ефекту заходу – 2%. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити вплив очищення труб на загальне річне теплове споживання будівлі.

Фактичне річне споживання теплової енергії для потреб опалення гуртожитку становить:

$$Q_{\text{річне}} = 603,70 \text{ Гкал/рік.}$$

Очікувана економія теплової енергії за рахунок очищення труб від накипу розраховується за формулою:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta Q = Q_{\text{річне}} \cdot \eta, \quad (3,29)$$

$$\Delta Q = 603,70 \cdot 0,02 = 12,074 \text{ Гкал/рік}$$

де ΔQ — обсяг зекономленої теплової енергії, Гкал/рік;

$Q_{\text{річне}}$ — фактичне річне споживання теплової енергії;

$\eta = 2\%$ — умовна частка зменшення тепловтрат внаслідок очищення труб.

3. Дослідження теплового потоку після ізоляції

У неопалюваних приміщеннях теплоізоляція труб повинна відповідати наступним вимогам:

матеріал ізоляції повинен мати високу теплопровідність більше 0,035 Вт/м·К;

Діаметр трубопроводу не менший за діаметр ізоляції.

Для утеплення ми використаємо теплоізоляцію для базальтових труб із захисним фольгованим покриттям:

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,038 \text{ Вт/мК.}$$

Визначимо критичний діаметр ізоляції:

$$d_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot \lambda}{\alpha}, \quad (3.30)$$

де λ — коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, Вт/(м·К);

α — коефіцієнт тепловіддачі з поверхні ізоляції в повітря, Вт/(м²·К).

$$d_{кр} = \frac{2 \cdot 0,038}{10} = 0,0076 \text{ м} = 7,6 \text{ мм.}$$

Оскільки критичний діаметр не перевищує зовнішній діаметр трубопроводу ($d_{кр} \leq d_{зов}$), застосування обраного теплоізоляційного матеріалу є обґрунтованим та доцільним. Розрахуємо теплові втрати з одного погонного метра трубопроводу при товщині ізоляційного шару 50 мм відповідно до формули 3.28:

$$q_1 = \frac{80 - 10}{\frac{1}{\pi \cdot 0,11 \cdot 2500} + \frac{1}{2\pi \cdot 50,2} \ln \frac{0,12}{0,11} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,038} \ln \frac{0,23}{0,12} + \frac{1}{\pi \cdot 0,24 \cdot 10}} = 24,51 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Зміна теплового потоку від трубопроводу до повітря, Вт/м, буде такою:

$$\Delta q = 202,03 - 24,51 = 177,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

В грошовому еквіваленті річна економія становитиме:

$$E = \Delta q \cdot l \cdot 176 \cdot T \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163}, \quad (3.31)$$

де l – довжина трубопроводу, м;

T – тариф на теплову енергію, грн/Гкал.

$$E = 177,52 \cdot 251,3 \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} \cdot 1654,1 = 268\,006,75 \text{ грн/рік.}$$

Також розрахуємо для економічно обґрунтованого тарифу:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

$$E = 177,52 \cdot 251,3 \cdot 176 \cdot 24 \frac{10^{-6}}{1,163} \cdot 3752,99 = 608080,92 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на теплову ізоляцію становлять 2360 грн/м, а монтажні роботи – 110 грн/м. Тоді капіталовкладення складатиме:

$$K = 251,3 \cdot (2360 + 110) = 620711 \text{ грн.}$$

Тоді простий термін окупності визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E}, \quad (3.32)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{620711}{268\,006,75} = 2,3 \text{ року.}$$

Термін окупності для економічно обґрунтованого тарифу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{620711}{608080,92} = 1,5 \text{ року.}$$

Запропоновані заходи з підвищення рівня енергозбереження будівлі гуртожитка №20 наведено в таблиці 3.12.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.12 – Заходи з підвищення рівня енергозбереження будівлі гуртожитка №20

№	Захід з енерго-збереження	Витрати на впровадження, тис. грн	Річна економія теплової енергії, Гкал/рік	Річна економія витрат при тарифі 1654,41 грн/Гкал, тис. грн	Річна економія витрат при тарифі 3752,99 грн/Гкал, тис. грн	Простий термін окупності для економічно обгрунтованого тарифу
1	Заміна балконних блоків	255924,72	8,89	14 715,72	33373,06	7,67
2	Заміна вікон	433720	18,67	30 887,65	70 068,32	6,19
3	Модернізація фасадів будівлі	1 124 357,02	413,89	684 739,62	1 553 325,03	9,1
4	Утеплення підлоги над цокольним поверхом	1 892 085	94,77	156787,49	355370,86	5,3
5	Теплоізоляція трубопроводів та запірної арматури системи опалення	620711	162,03	268 006,75	608080,92	1,5
Σ		4 326 797,74	698,25	1 155 137,23	2 620 218,19	

Висновки до розділу 3

У цьому розділі аналізується стан огорожувальних конструкцій гуртожитку №20 студмістечка КПІ в Києві. В результаті дослідження були визначені опори теплопередачі та тепловтрати огорожувальних конструкцій для кожного типу огорожувальних конструкцій. Запропоновано впровадити наступні заходи з енергозбереження, щоб зменшити тепловтрату та підвищити ефективність використання теплової енергії:

- Заміна вікон у приміщенні.
- Модифікація фасаду будівлі

- Утеплення підлоги на цокольному рівні.
- Ізоляція трубопроводів і запірної арматури опалювальної системи.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

4.1 Аналіз існуючого стану та сучасних тенденцій розвитку енергоменеджменту на подібних об'єктах в Україні, в тому числі нормативно-правові вимоги

Енергоменеджмент є важливим інструментом ефективного управління споживанням енергії в будівлях. У сучасних умовах, коли зростають тарифи на енергоносії та існує потреба в ощадливому використанні ресурсів, ця система стає актуальною не лише для промислових чи адміністративних будівель, але й для об'єктів соціальної сфери — таких як школи, лікарні та гуртожитки [18].

На рисунку 4.1 представлено цикл енергоменеджменту будівлі, який включає основні етапи: збір даних, аналіз, прийняття рішень, впровадження заходів, моніторинг і корекцію.

Стан енергоменеджменту в більшості подібних будівель в Україні поки що залишається недостатньо розвиненим. Часто відсутні елементарні інструменти обліку, не проводяться регулярні енергоаудити, а енергоспоживання залишається незмінно високим. Наприклад, у типових студентських гуртожитках майже не контролюється температурний режим у кімнатах, втрачається тепло через старі вікна або неутеплені стіни, а системи опалення працюють неефективно. Це призводить до перевитрат теплової енергії та суттєвих фінансових втрат [19].

					ОН 1102.00.002 ПЗ					
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Босенко Я. А.			Рекомендації для розвитку енергоменеджменту		Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Дерев'янко Д. Г.							96	10
Реценз.							НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Прокопенко І. Д.								
Затвер.										



Рисунок 4.1 – Схема енергоменеджменту будівлі

Разом з тим, в останні роки в Україні поступово впроваджуються практики енергоменеджменту, зокрема на об'єктах, які підпорядковуються місцевим громадам чи навчальним закладам. Йдеться про ведення енергетичного моніторингу, встановлення систем автоматичного обліку, аналіз споживання енергії та формування планів заходів з енергоефективності [20]. Також у деяких установах з'являються відповідальні за енергоменеджмент фахівці або впроваджується програмне забезпечення для аналізу енергетичних витрат.

Реалізація таких підходів дозволяє не лише зменшити рахунки за енергоносії, але й покращити умови проживання. Наприклад, якщо після проведеного аналізу встановлюється, що гуртожиток втрачає значну кількість тепла через дах або вікна, можна спланувати відповідні заходи — утеплення, заміну вікон, встановлення терморегуляторів на батареї тощо.

Сучасні тенденції в енергоменеджменті орієнтовані на підвищення прозорості споживання енергії, активне впровадження енергоощадних рішень та залучення до цього процесу адміністрацій установ [21]. В умовах

обмеженого бюджету навіть прості заходи, як-от регулярний аналіз показників лічильників, утеплення дверей і вікон або встановлення терморегуляторів, дають помітний ефект. А впровадження повноцінної системи енергоменеджменту дозволяє не тільки зекономити кошти, а й покращити екологічну ситуацію та створити комфортні умови для мешканців.

4.2 Рекомендації щодо розвитку систем обліку та моніторингу споживання енергії та ресурсів

Одним із основних інструментів забезпечення ефективного використання енергетичних та інших ресурсів є сучасна система обліку та моніторингу. Це основа для прийняття розумних управлінських рішень у сфері енергоефективності, що дозволяє вчасно виявляти перевитрати, локальні втрати та відстежувати динаміку споживання в реальному часі [22]. Особливо це стосується великих багатоквартирних будинків, таких як студентські будинки, де ресурси використовуються багатьма мешканцями з різними моделями споживання.

На прикладі гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського можна відзначити, що наявний рівень організації обліку ресурсів потребує оновлення та удосконалення. У більшості випадків вимірювання теплової енергії проводяться лише на рівні всієї будівлі, що не дозволяє детально виміряти споживання окремих поверхів чи блоків, не дозволяє точно та своєчасно виявити аномалії у споживанні та не дозволяє з'ясувати причини втрат тепла.

Сучасні практики енергоменеджменту передбачають впровадження автоматизованих систем збору, передачі та аналізу даних (АСОЕЕ – автоматизована система обліку електроенергії та інших ресурсів) (Рис. 4.2). Такі системи дозволяють:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- отримувати дані в режимі реального часу;
- моніторинг динаміки споживання ресурсів (погодини, щодня, щотижня, щомісяця);
- порівняти фактичне споживання з нормативними або базовими показниками;
- оперативно реагувати на ситуації перевищення допустимих значень;
- створення звітів та аналіз інформації.



Рисунок 4.2 – Автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів

Важливим компонентом є інтеграція таких систем із програмним забезпеченням візуалізації даних (у вигляді графіків, теплових карт чи інтерактивних панелей). Необхідні кроки для модернізації систем обліку в гуртожитку

Для підвищення енергоефективності будівлі рекомендується реалізувати такі заходи:

1. Установлення сучасних приладів обліку теплової енергії, електроенергії, води та, за потреби, газу — з функцією дистанційного

зчитування (наприклад, через GSM-модулі або мережу LoRaWAN (Рис 4.3)).

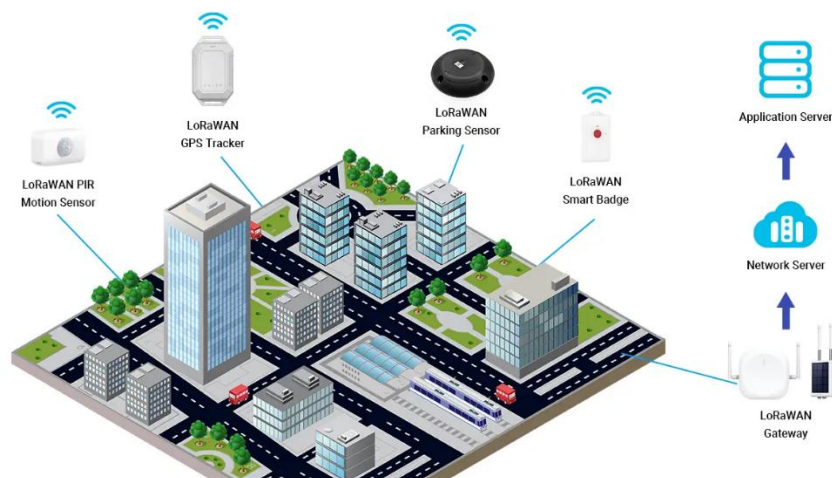


Рисунок 4.3–Технологія LoRaWAN

2. **Розподілений облік по поверхах або блоках.** Для гуртожитків це дозволяє більш справедливо розподіляти витрати на енергоресурси та підвищує мотивацію мешканців до економії.
3. **Створення локального центру збору та аналізу даних,** який включає сервер з програмним забезпеченням, що збирає дані з усіх лічильників і дозволяє будувати аналітику.
4. **Призначення відповідального за моніторинг,** бажано — фахівця або представника з числа персоналу гуртожитку, який буде контролювати показники, формувати звіти та взаємодіяти з адміністрацією.
5. **Проведення навчання мешканців** щодо раціонального використання енергії, надання доступу до зведеної інформації про споживання (наприклад, у вигляді щомісячних повідомлень чи інформаційного стенду).

4.3 Рекомендації щодо організаційно управлінських заходів

Для ефективного впровадження системи енергоменеджменту в гуртожитку №20 необхідно поєднати технічні рішення з цільовою організаційно-управлінською роботою [24]. Без чіткого розподілу відповідальностей, узгоджених процедур та мотиваційних механізмів навіть найсучасніша апаратура не дасть очікуваного ефекту. Організаційна структура енергетичного моніторингу в університетських будівлях може бути представлена у вигляді схеми, де визначено взаємодію відповідальних осіб, технічних засобів та процедур (рисунок 4.4).

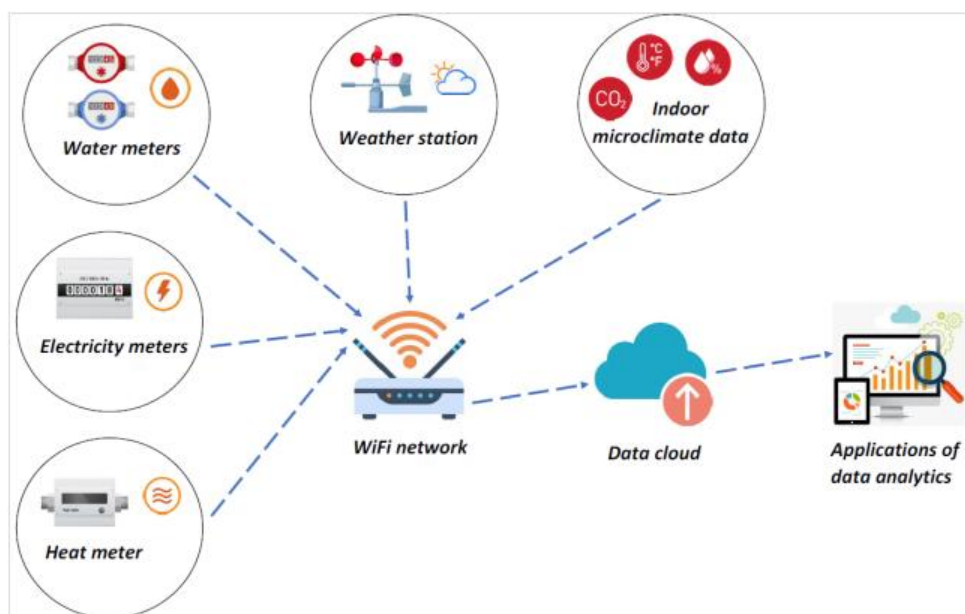


Рисунок 4.4 – Структурна схема системи енергетичного моніторингу для університетської будівлі

По-перше, слід затвердити енергетичну політику гуртожитку, яка формалізує стратегічні цілі в енергоменеджменті (наприклад, зменшення

витрат тепла на 15 % протягом року, підвищення прозорості споживання тощо). Цей документ має бути підписаний керівництвом закладу та доведений до всіх структурних підрозділів.

По-друге, необхідно створити координаційний орган або робочу групу з енергоефективності, до складу якої увійдуть:

- відповідальний за експлуатацію інженерних мереж (інженер-енергетик або старший електрик);
- представник адміністрації гуртожитку;
- представник студентського комітету або радник із енергозбереження;
- фахівець із зовнішньої аудиторської компанії або консультант (за можливості).

Ця група щомісяця проводить моніторинг показників, аналізує відхилення від планових значень та формулює рекомендації щодо коригування роботи систем опалення, вентиляції та освітлення.

По-третє, варто розробити регламенти та інструкції з таких напрямків:

- порядок зняття показань приладів обліку;
- алгоритм дій у разі виявлення аномально високого споживання;
- система формування щомісячних звітів і подання їх керівництву.

Наявність чітких інструкцій скорочує час реагування на аварійні ситуації та уніфікує процедуру обліку.

По-четверте, навчання та мотивація мешканців — не менш важливий крок. Рекомендується:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

- проводити короткі інформаційні сесії, лекції або вебінари зі студентами щодо простих заходів економії (використання терморегуляторів, вимкнення приладів у нічний час тощо);
- розмістити на інформаційних стендах графіки споживання та порівняльну статистику «цей місяць – минулий місяць»;
- заохочувати активних мешканців (наприклад, подарунковими сертифікатами чи грамотами) за пропозиції щодо заощадження енергії.

По-п'яте, необхідно встановити систему внутрішніх аудитів. Розподіліть щоквартальні перевірки стану інженерних мереж між членами робочої групи: перевірка регулювальних вентилів, стану утеплення, герметичності вікон тощо. Результатом має стати простий акт із зауваженнями та планом коригуючих дій.

Висновки до розділу 4

У розділі розглядається стан енергоменеджменту в гуртожитку №20 КПП ім. Ігоря Сікорського пропонуються ідеї для покращення. У результаті було виявлено, що існуючі системи обліку застарілі та нездатні ефективно контролювати споживання енергії. Рекомендується запровадити автоматизовані системи спостереження, розподілений облік і організаційні заходи, такі як створення робочої групи, розробка правил і навчання мешканців. Зменшення витрат на енергоносії, підвищення енергоефективності будівлі та створення комфортних умов проживання можуть бути досягнені шляхом впровадження запропонованих рішень.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

У сучасному світі впровадження вторинних і відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у житловому секторі стає все більш важливим завдяки зростанню вартості традиційних енергоносіїв, а також загальноєвропейському курсу на зменшення викидів парникових газів. Такі джерела зменшують споживання енергії з традиційних мереж, а також підвищують енергетичну безпеку та незалежність окремих об'єктів [36].

Особливо перспективним напрямом є впровадження енергоефективних технологій на об'єктах, які споживають багато тепла, зокрема в гуртожитках. Наявність постійного використання гарячої води, допоміжних побутових зон, таких як кухні, санвузли та пральні, а також велика кількість мешканців сприяють ефективному використанню локальних систем на основі води на основі електроенергії (ВДЕ) і методів утилізації вторинного тепла.

5.1 Оцінка кліматичних умов для розрахунку потенціалу ВДЕ для гуртожитку

Клімат Києва помірно континентальний, який є типовим для північної частини лісостепової зони України. Це вказує на наявність чітко визначених сезонів: помірно холодна зима, затяжна весна, тепле літо та іноді спекотне літо. Географічна широта, тип підстильної поверхні, атмосферна циркуляція та віддаленість від великих водних масивів є основними факторами, які впливають на клімат [37].

					ОН 1102.00.002 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Босенко Я. А.				Оцінка можливостей використання вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті	Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Дерев'янко Д. Г.						104		
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.	Прокопенко І. Д.								
Затвер.									

У Києві середньорічна температура повітря становить приблизно +8,5 °С. У січні температура найнижча (середньодобова температура -3...-4 °С) і найвища (+20...+21 °С). Весняний період зазвичай починається в березні, коли середньодобові температури перевищують 0 °С. З квітня починається постійне потепління.

Середня температура повітря в Києві, °С

	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Удень	-1	0	6	14	21	24	26	25	19	13	5	0
Уночі	-6	-6	-1	5	11	14	16	15	10	5	0	-5
За добу	-4	-3	2	9	16	19	21	20	14	8	2	-2

Кількість опадів та дощових днів

	Січ	Лют	Бер	Кві	Тра	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Гру
Норма опадів, мм	36	39	37	46	57	82	71	60	57	41	50	45
Кількість дощових днів	8	7	9	13	14	15	14	11	14	12	12	9
Середня кількість сонячних годин	42	64	112	162	257	273	287	252	189	123	51	31

Рисунок 5.1 – Погодні умови міста Києва

Середньомісячна температура повітря в Києві, кількість опадів, дощові дні та середня кількість сонячних годин показані на рисунку 5.1. Таблиця показує, що між червнем і серпнем спостерігається найбільше сонячних годин. Це є важливим фактором для оцінки потенціалу використання сонячної енергії в регіоні. У літні місяці (червень–серпень) спостерігається понад 270 сонячних годин на місяць, що є хорошим показником для експлуатації сонячних електростанцій. Загалом у Києві протягом року буває приблизно 200–240 сонячних днів.

Щорічні опади становлять близько 600 мм, і вони розподіляються приблизно рівномірно протягом року, з максимумами в червні та липні. Кількість опадів зменшується восени та взимку, але збільшується кількість морозних днів, які досягають 100 і більше днів на рік.

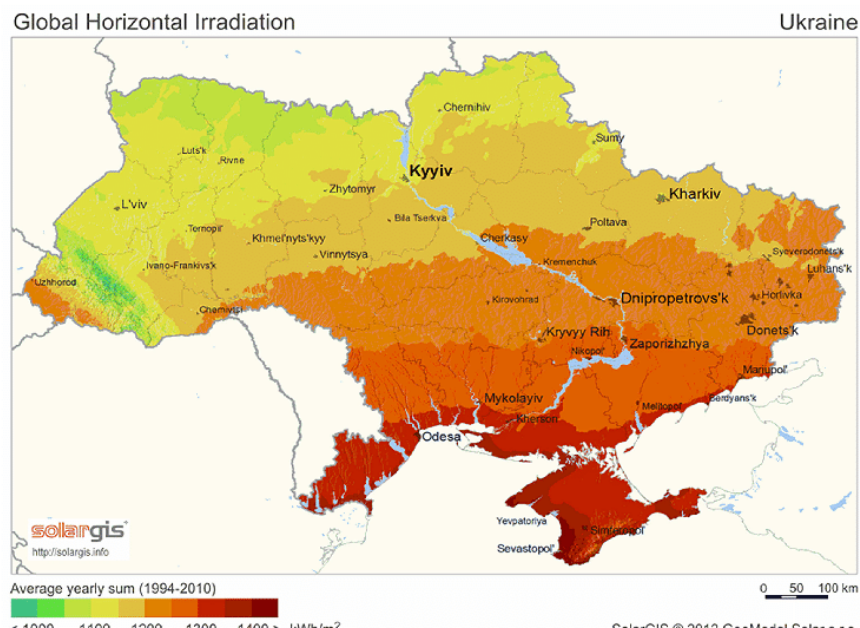


Рисунок 5.2 – Карта сонячного випромінювання

На рисунку 5.2 показано середньорічні значення сумарної глобальної сонячної радіації на горизонтальній поверхні в Україні [38]. Середньорічна кількість сонячного випромінювання в Києві становить 1100–1250 кВт·год/м². Це показує достатню інсоляцію сонячного світла, що дозволяє використовувати фотоелектричні системи в цьому районі ефективно.

5.2 Аналіз рівня сонячного випромінювання в місті Київ

Визначення рівня сонячного випромінювання в місті Київ і оптимальних параметрів встановлення сонячних колекторів є необхідним для оцінки доцільності встановлення сонячної енергетичної системи для задоволення потреб гуртожитку.

Розрахунок оптимального кута нахилу

Кут нахилу геліоколектора відносно горизонтальної площини є важливим параметром для ефективної роботи сонячної установки. Цей кут

визначається географічною широтою об'єкта. Розрахунок виконується за допомогою емпіричної формули:

$$\alpha_{\text{опт}} = \varphi \cdot 0,76 + 3,1^{\circ}, \quad (5.1)$$

де $\alpha_{\text{опт}}$ — оптимальний кут нахилу,

φ — географічна широта місцевості.

Для м. Київ географічна широта становить приблизно 50° , отже:

$$\alpha_{\text{опт}} = 50 \cdot 0,76 + 3,1 = 41,1^{\circ} \approx 41^{\circ}.$$

Таким чином, оптимальний кут нахилу сонячних панелей у Києві для максимально ефективного захоплення сонячної енергії — 41° [39].

Моделювання за допомогою Photovoltaic Geographical Information System.

Європейська комісія розробила інструмент Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), який можна використовувати в Інтернеті, щоб зробити більш точну оцінку потенціалу сонячної енергії. Цей сервіс дозволяє проводити енергетичне моделювання для певного місця, враховуючи місцеві кліматичні умови.

1. Поступово були зроблені наступні дії:
2. На веб-сайті PVGIS виберіть вкладку «Потужність PV».
3. Координати гуртожитку: 50.447° N, 30.451° E.
4. У параметрах панелі розташовані з кутом нахилу 41° і орієнтацією на південь (азимут = 0).

На рисунку 5.3 показано географічне розташування досліджуваного об’єкта в інтерфейсі PVGIS.

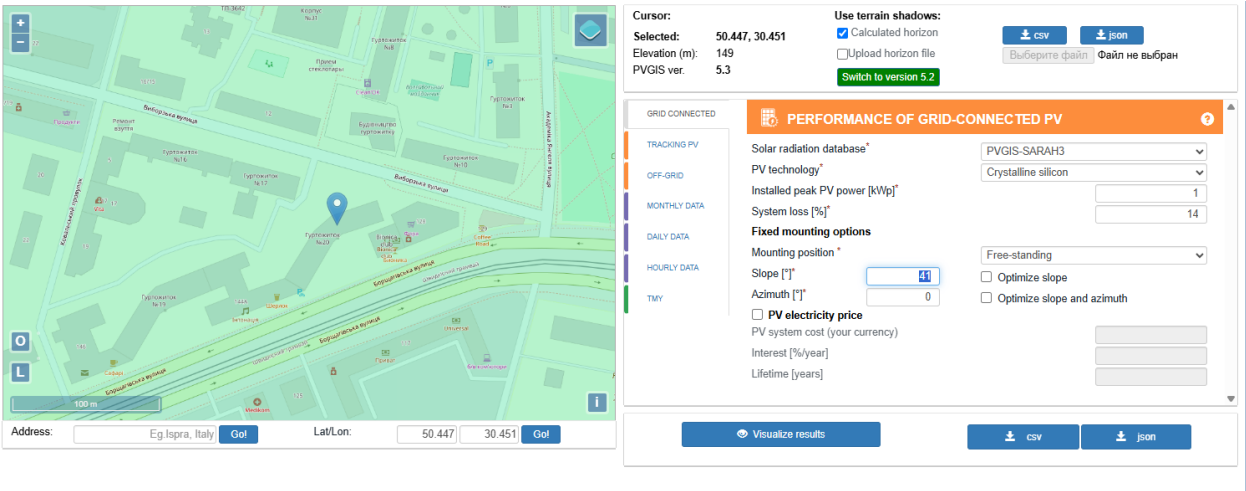


Рисунок 5.3 – Геолокація об’єкта дослідження у PVGIS [40]

Наступним кроком є отримання результатів у вигляді графічних та числових даних після введення координат досліджуваного об’єкта (гуртожитку № 20 у м. Київ) і основних параметрів установки у PVGIS. Для цього було створено діаграму середньомісячного надходження сонячної енергії після натискання кнопки Visualize results.

Середньомісячна кількість енергії (Q), яка надходить на 1 м^2 геліоколектора, розташованого під кутом 41° і орієнтованого на південь, показана на рисунку 5.4. Графік показує нерівномірний розподіл енергії протягом року. Показники найвищі протягом літніх місяців (травень-серпень) значно нижчі, ніж протягом зимових місяців. Ці дані можна використовувати для оцінки можливостей регіону щодо сонячної енергії.

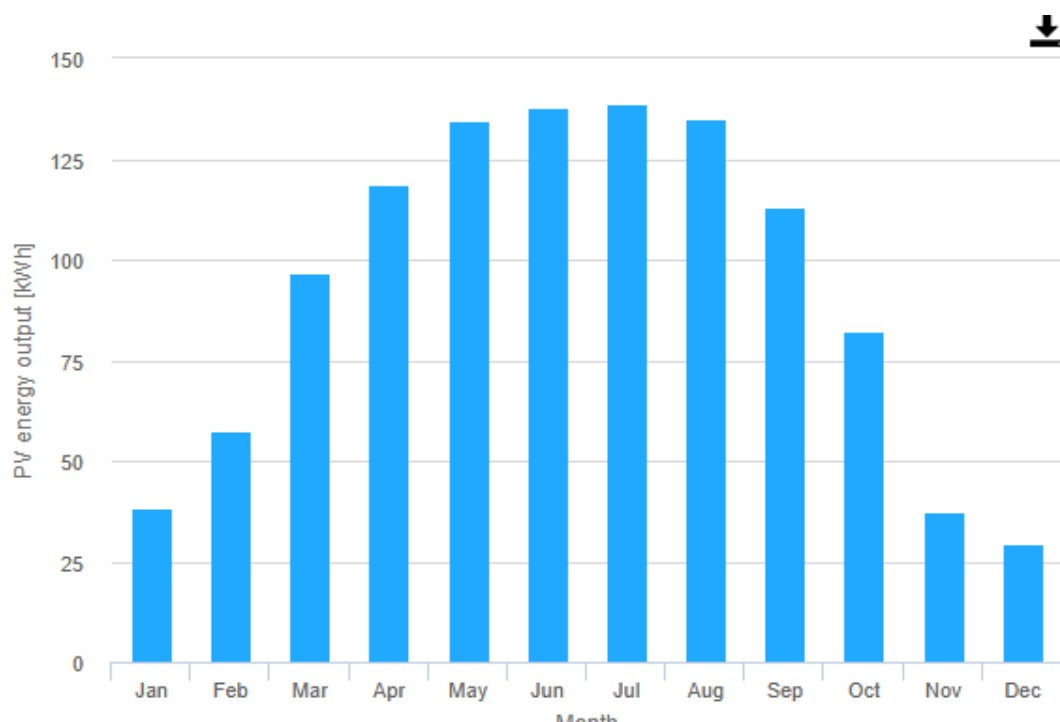


Рисунок 5.4 – Середньомісячна кількість енергії, що надходить на геліоколектор у м. Київ

З отриманих на графіку значень середньомісячного надходження енергії (Q , кВт·год) було визначено середньодобові показники за кожен місяць. Для цього використано наступну формулу:

$$\text{Середньодобове випромінювання} = \frac{Q}{n}, \quad (5.2)$$

де Q — середньомісячна кількість енергії, що надходить на 1 м^2 колектора, кВт·год;

n — кількість днів у відповідному місяці.

Приклад розрахунку для січня:

$$\text{Середньодобове випромінювання} = \frac{38,21}{31} = 1,23 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{день}$$

Таблиця 5.1 містить результати розрахунків і показники

середньодобового сонячного випромінювання в м. Києві протягом року. Використовуючи ці цифри, можна обґрунтувати економічне обґрунтування та енергетичний баланс проекту впровадження енергоблоку на даху гуртожитку.

Таблиця 5.1 – Показники середньомісячного сонячного випромінювання в м. Київ, кВт·год/день

Місяць	Кількість днів	Середньодобове випромінювання (кВт·год/день)
Січень	31	1,23
Лютий	28	2,04
Березень	31	3,11
Квітень	30	3,96
Травень	31	4,35
Червень	30	4,59
Липень	31	4,47
Серпень	31	4,36
Вересень	30	3,77
Жовтень	31	2,65
Листопад	30	1,24
Грудень	31	0,95
Середнє	—	3,06

Було проведено детальний аналіз того, як орієнтація панелей, кут нахилу та затінення впливають на ефективність використання сонячної енергії. Рисунок 5.5 показує ці елементи та показує, наскільки відхилення від оптимальних умов (кут 38–41 градусів, орієнтація на південь і відсутність затінення) впливає на річну генерацію електроенергії.

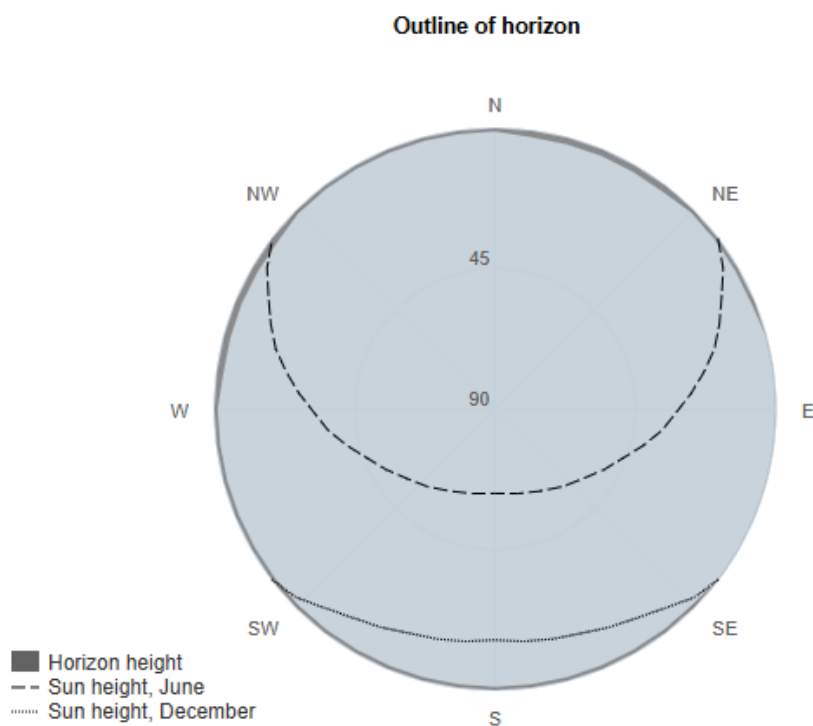


Рисунок 5.5 – Вплив орієнтації, кута нахилу та затінення на утилізацію сонячної енергії в м. Київ

Як показано на діаграмі, відхилення від південної орієнтації, яке перевищує плюс-мінус 45° або зменшення кута нахилу, призводить до зниження потенціалу генерації на 10–20 % або більше. Затінення, як-от від сусідніх будівель або об'єктів на даху, також значно знижує утилізацію сонячного випромінювання.

5.3 Розрахунок навантаження на систему гарячого водопостачання гуртожитку

У гуртожитку №20 було проведено відповідний розрахунок навантаження на систему з метою оцінки доцільності встановлення геліоколекторної системи для забезпечення потреб у гарячому водопостачанні (ГВП).

Згідно з ДБН В.2.5-64:2012, додаток А, таблиця А.1, питома витрата гарячої води для гуртожитку з 3 душовими при всіх житлових кімнатах становить:

$$Q_h^t = 80 \text{ л/(добу} \cdot \text{людину)}$$

За умови, що кількість мешканців гуртожитку становить $n = 1500$ осіб, добове споживання гарячої води дорівнює:

$$Q^t = Q_h^t \cdot n, \quad (5.3)$$

$$Q^t = 80 \cdot 1500 = 120\,000 \frac{\text{л}}{\text{добу}}.$$

Згідно з комерційною пропозицією компанії «Атмосфера», було обрано геліоколекторну установку, яка може забезпечити нагрів 2000 літрів води щодня.

Таблиця 5.2– Характеристики геліосистем Atmosfera різного об'єму для гарячого водопостачання

Параметр	Atmosfera-2000	Atmosfera-1000	Atmosfera-500
Річне теплове навантаження на ГВП, кВт·год	36 460	18 230	9 115
Річна виробітка геліосистеми, кВт·год	24 416	12 208	6 976

Гарантоване навантаження, кВт·год	12 331	6 165	2 659
Річне заміщення тепла на ГВП, %	66 %	66 %	71 %

Для перевірки того, наскільки ефективною була обрана система, ми порівняли реальне розрахункове навантаження з показником, зазначеним у паспорті обладнання.

Розрахункове навантаження на ГВП:

$$Q_p^{ГВП} = c \cdot m \cdot \Delta t \cdot \left(\frac{1}{1000}\right), \quad (5.4)$$

$$Q_p^{ГВП} = 1,1676 \cdot 120000 \cdot 365 \cdot 45 \cdot \left(\frac{1}{1000}\right) = 2301339,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Навантаження на ГВП у паспорті обраної системи з таблиці 5.2:

$$Q_{\Pi}^{ГВП} = 36\,460 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Отже, визначимо необхідну кількість геліоколекторних систем:

$$N = \frac{Q_p^{ГВП}}{Q_{\Pi}^{ГВП}} = \frac{2301339,6}{36\,460} = 64 \text{ шт.}$$

Отже, дана геліосистема нам підходить, тому згідно комерційної пропозиції “Atmosfera” обираємо 64 геліоколекторних систем для нагріву 2000 л води/добу.

Але площа даху обмежує встановлення всіх 64 систем. Географічно дах займає 1502,4 м², але можна використовувати до 50% цієї площі з урахуванням технічних обмежень для обслуговування, вентиляції та безпечного монтажу:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

$$A_{\text{эф}} = 1502,4 \cdot 0,5 = 751,2 \text{ м}^2.$$

Зважаючи на монтажну площу однієї системи 30,8 м², на даху реально можна встановити до:

$$N_{\text{реалістичне}} = \frac{751,2}{30,8} = 24,3 \text{ система.}$$

Було також розглянуто встановлення геліосистем інших розмірів, щоб максимізувати використання залишкової площі. Таким чином, пропонується наступна комбінована конфігурація:

- 23 геліосистема ємністю 2000 л/добу;
- 1 геліосистема ємністю 1000 л/добу;
- 1 геліосистеми, які виробляють 500 л/добу.

Ця конструкція дозволяє повністю використати площу 751,2 м² і забезпечує сумарне річне покриття гарячого водопостачання на рівні:

$$Q_{\text{сум}}^{\text{ГВП}} = Q_{\text{п1}}^{\text{ГВП}} \cdot N_1 + Q_{\text{п2}}^{\text{ГВП}} \cdot N_2 + Q_{\text{п3}}^{\text{ГВП}} \cdot N_3, \quad (5.5)$$

де $Q_{\text{п1}}^{\text{ГВП}}$ — річне теплове навантаження однієї системи на 2000 л;

$Q_{\text{п2}}^{\text{ГВП}}$ — річне теплове навантаження однієї системи на 1000 л;

$Q_{\text{п3}}^{\text{ГВП}}$ — річне теплове навантаження однієї системи на 300 л;

N_1 — кількість систем на 2000 л;

N_2 — кількість систем на 1000 л;

N_3 — кількість систем на 500 л.

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$Q_{\text{сум}}^{\text{ГВП}} = 36460 \cdot 23 + 18230 \cdot 1 + 9115 \cdot 1 = 865\,925 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Цей обсяг теплової енергії становить приблизно 37,63% від річної потреби гуртожитку в гарячому водопостачанні.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка працездатності геліосистем

У січні місяці проводиться порівняльна оцінка кількості сонячної енергії, яка надходить на поверхню колектора, і кількості тепла, яку повинна забезпечити геліосистема відповідного об'єму, щоб підтвердити, що вибір геліосистеми є розумним. Для цього використовується нерівність, наведена нижче:

$$\frac{Q_1}{n} > \frac{Q_2}{S}, \quad (5.6)$$

Де Q_1 - середньомісячна кількість енергії за січень місяць, що надходить на геліоколектор, кВт·год (беремо з рисунку 5.4.),

n – кількість днів в січні місяці,

Q_2 – кількість тепла, яке виробляє геліосистема, кВт·год (з рисунки 5.6 – 5.8),

S – монтажна площа, м²

Перевірка для кожної геліосистеми

У даному проєкті розглядаються три різні геліосистеми, що мають різні конструкції, потужності, розміри та площі геліоколекторів. Саме тому об'єднання їх у загальну модель є методологічно некоректним. Кожна система працює незалежно й може мати різний коефіцієнт корисної дії в реальних умовах експлуатації. Визначення працездатності кожної геліосистеми окремо дозволяє:

- оцінити індивідуальну відповідність потужності системи до наявного сонячного ресурсу;
- виявити найефективнішу систему;
- порівняти раціональність вибору колекторної площі відносно теплового навантаження;
- аргументовано рекомендувати одну з систем як базову для впровадження.

Таким чином, кожна система аналізується окремо, щоб забезпечити об'єктивність порівняння та коректність техніко-економічного обґрунтування.

Геліосистема 1:

$$Q_1=38,21 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$n=31 \text{ днів},$$

$$Q_2=27 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$S=30,8 \text{ м}^2.$$

Отже, будемо мати:

$$\frac{38,21}{31} > \frac{27}{50,6},$$
$$1,23 > 30,8.$$

Геліосистема 1 здатна забезпечити необхідну кількість тепла у січні. Її розмір є достатнім для покриття потреби в умовах зниженої інсоляції.

Геліосистема 2:

$$Q_1=38,21 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$n=31 \text{ днів},$$

$$Q_2= 13,5 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$S= 15,4 \text{ м}^2.$$

Отже, будемо мати:

$$\frac{38,21}{31} > \frac{13,5}{15,4},$$
$$1,23 > 0,88.$$

Геліосистема 2 є ефективною для роботи в січні. Вона також має оптимальну площу колекторів для покриття теплового навантаження в зимовий період.

Геліосистема 3:

$$Q_1=38,21 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$n=31 \text{ днів},$$

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

$$Q_2=4 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$S=8,8 \text{ м}^2.$$

Отже, будемо мати:

$$\frac{38,21}{31} > \frac{8}{8,8},$$

$$1,23 > 0,91.$$

Навіть найменша за площею геліосистема 3 демонструє працездатність у зимових умовах, що свідчить про правильний розрахунок теплового навантаження та площі колектора.

На основі проведених розрахунків встановлено, що всі три геліосистеми відповідають критерію працездатності у січні. Усі значення питомого теплового навантаження на площу колектора є меншими за середньодобову кількість сонячної енергії, яка надходить на 1 м². Це свідчить про те, що проєктні рішення були прийняті коректно, і запропоновані геліосистеми можуть ефективно функціонувати протягом року, включно з найменш інсоляційними місяцями.

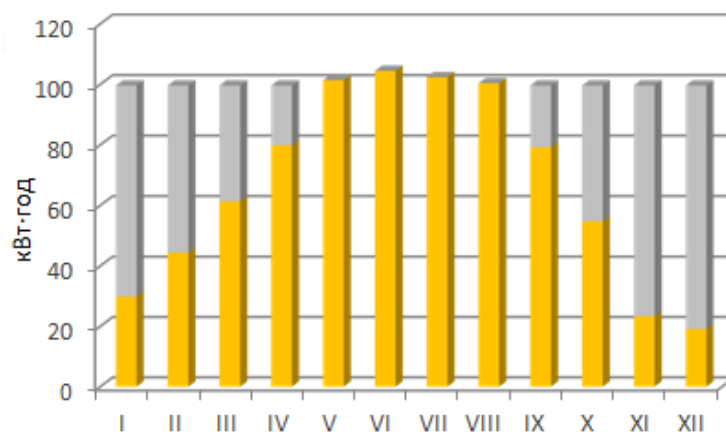


Рисунок 5.6 – Кількість тепла, яке виробляється геліоколекторною системою для нагріву 2000 л води/добу

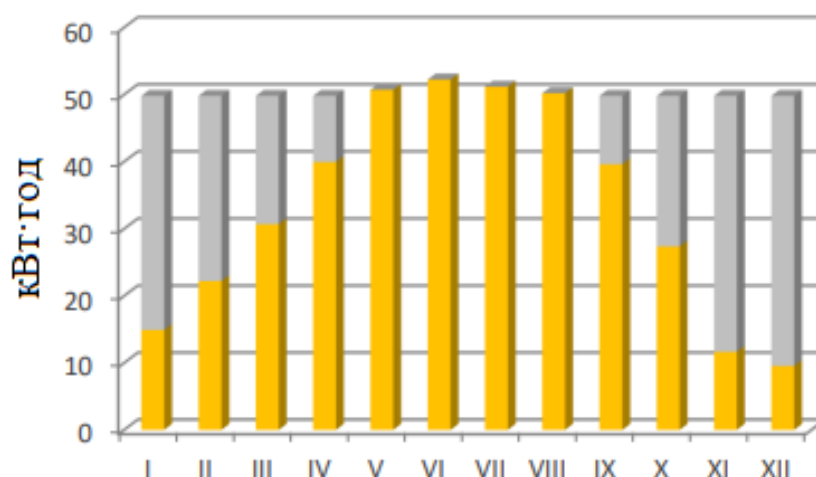


Рисунок 5.7 – Кількість тепла, яке виробляється геліоколекторною системою для нагріву 1000 л води/добу

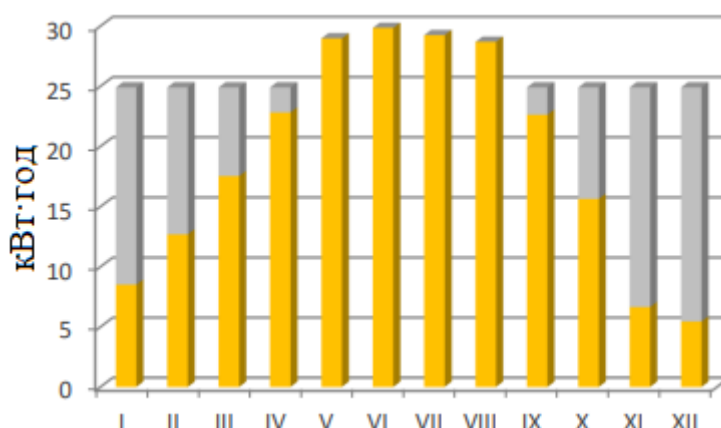


Рисунок 5.8 – Кількість тепла, яке виробляється геліоколекторною системою для нагріву 500 л води/добу

У процесі моделювання системи сонячного теплозабезпечення для гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського було виконано візуалізацію розміщення фотоелектричних модулів на даху за допомогою програмного забезпечення PV*SOL premium. На рисунку 5.9 представлено 3D-модель конфігурації геліосистем, орієнтованих відповідно до форми даху з урахуванням мінімізації затінення між рядами. Зелений колір позначає модулі з найменшим впливом затінення, тоді як червоний — з вищим рівнем втрат.

Така візуалізація дає змогу оцінити ефективність обраного компонування та виявити потенційні зони для корекції.

Для кількісної оцінки впливу тіні використовується шкала класифікації затінення, яку наведено на рисунку 5.10. Вона дозволяє наочно проаналізувати зменшення рівня сонячного випромінювання на окремих ділянках поверхні, яке виникає внаслідок розташування інших елементів або конструктивних особливостей даху. Кольорова шкала допомагає швидко визначити критичні області, що потребують оптимізації розміщення модулів.

На рисунку 5.11 подано схему даху гуртожитку з розташованими геліосистемою вигляді плану зверху. Ця схема демонструє

геометричне компонування панелей на площині даху, даючи змогу проаналізувати ефективність використання наявного простору, забезпечення міжрядних відстаней для уникнення затінення та передбачити можливість доступу для обслуговування обладнання. У комплексі ці дані дозволяють оптимізувати проєктну потужність системи та забезпечити її високу продуктивність.

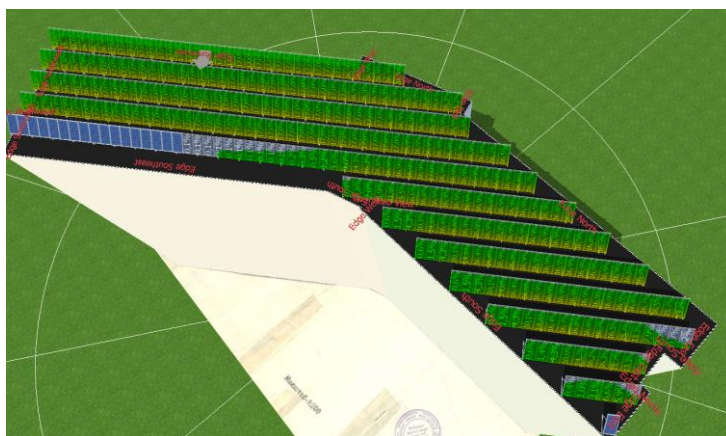


Рисунок 5.9 – 3D-візуалізація розміщення геліосистем на даху гуртожитку

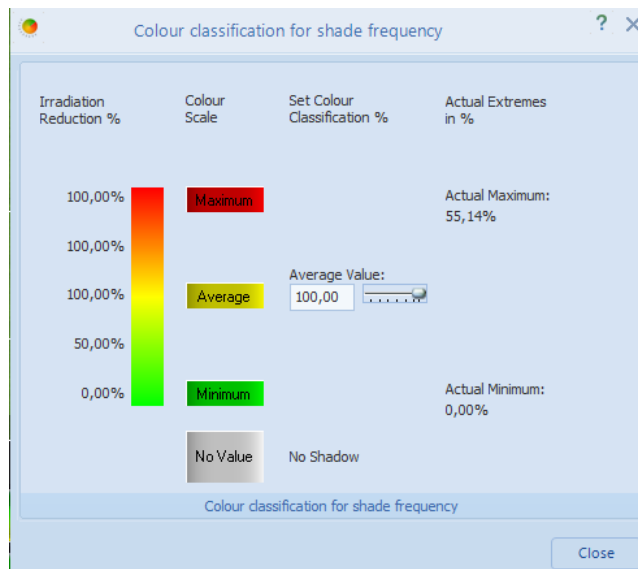


Рисунок 5.10 – Класифікація затінення за шкалою втрат випромінювання

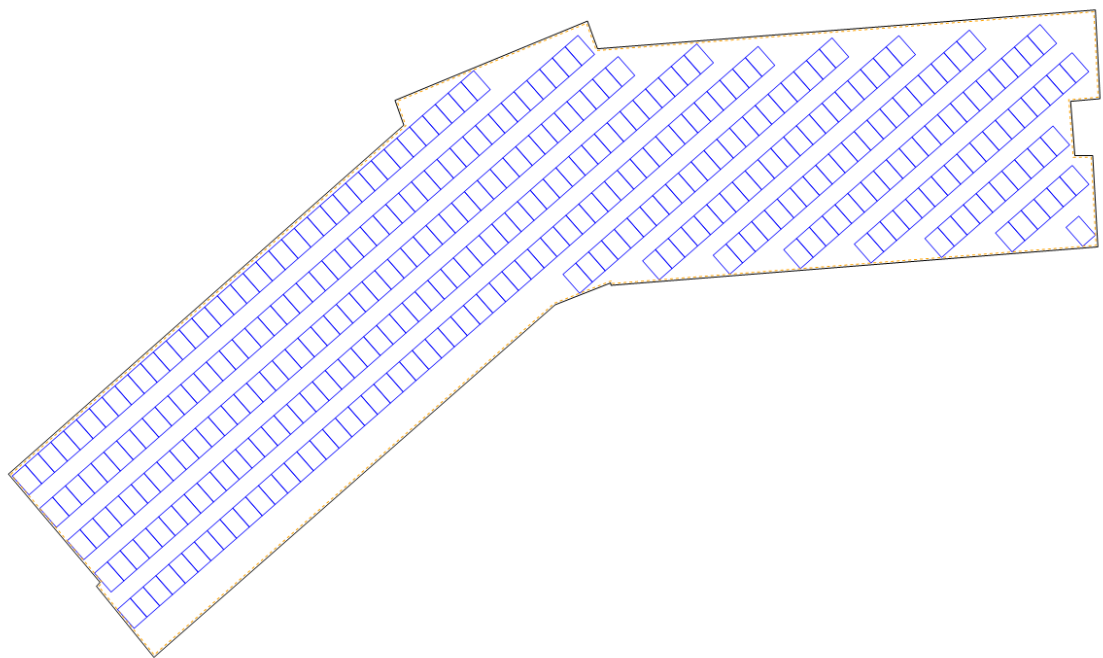


Рисунок 5.11 – Схема розміщення геліосистем (вид зверху)

5.4 Аналіз економічної доцільності та термінів окупності впровадження ВДЕ

Для реалізації проекту геліосистеми водонагріву на об'єкті необхідно визначити перелік основного обладнання та допоміжних матеріалів для забезпечення ефективної та безперебійної роботи геліосистеми таблиці 5.3-5.5. Система включає в себе елементи, які виконують такі функції, як поглинання сонячного випромінювання, акумулювання та передача теплової енергії, контроль і забезпечення безпеки процесу. Нижче наведено приблизний перелік обладнання та матеріалів, які знадобляться для встановлення сонячної системи.

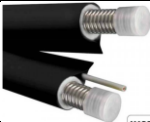
Таблиця 5.3– Список обладнання та матеріалів для встановлення геліосистеми з плоскими сонячними колекторами для гарячого водопостачання [45–54]

Малюнок	Найменування	Позначення (тип)	К-сть, шт.	Ціна, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
	Плоский сонячний колектор	Atmosfera SPK F2M	333	8250	2 747 250
	Кріплення на плоский дах	Тип кріплення на 4	5	7274	36 370
		Тип кріплення на 6	1	11242	11242
		Тип кріплення на 10	1	17193	17193
		Тип кріплення на 12	1	20500	20500
		Тип кріплення на 16	2	27774	55 548
	Кріплення на плоский дах	Тип кріплення на 18	1	31080	31080
		Тип кріплення на 20	5	34387	171 935
		Тип кріплення на 24	1	41000	41000
		Тип кріплення на 30	3	48935	146 805

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
	Насосна група 1 лінія	Wilo ST 25/7 BRV	24	11 902	285 648
		3/4" 2-12 l/min Grundfos Solar 15-65	1	6500	6500
	Бак накопичувальний	ATMOSFERA (Україна) 1500л.	23	83 375	1 917 556
		ATMOSFERA (Україна) 1000л.	1	75571	75571
		ATMOSFERA (Україна) 500л.	1	20689	20689
	Бак розширювальний	ZILMET CP 150л 3/4"	23	5440	125 120
		ZILMET CP 80л 3/4"	1	3116	3116
		Zilmet CP 35 л 3/4" на ніжках	1	4080	4080
	Контролер для сонячних систем	СК91	25	3467	86 675
Загальна вартість основного обладнання:	5803878				

Таблиця 5.4 – Додаткове обов'язкове обладнання для геліосистеми [55–58]

Малюнок	Найменування	Позначення (тип)	Кількість, (шт., м, л)	Ціна, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
	Автоматичний повітровідвідник + кран	Caleffi Solar 3/8	25	1 743	43 575
	Регулятор потоку	1 ", 2-12 л / хв	1	3890	3890
	З'єднувач	NanoFlex DN16 100mm	25	563	14 075
	Трубопровід гофрований	Nanoflex DN20	720	1 247	897 840
		Nanoflex DN16	30	1 039	31 170
	Хрестовина з гільзою для датчика	PATTARONI 3/4"	25	480	12 000
	Теплоносії для геліосистем	ТЕПРО-30П Солар	100	108	10800
Разом	1013350				

Загалом без урахування монтажу геліосистема буде варто 6 817 228 грн .

Таблиця 5.5 – Вартість монтажних робіт геліосистеми

№ п/п	Тип робіт	Кількість	Ціна	Сума,
1	2	3	4	5
1	Монтаж сонячних колекторів	333	2500	832500
2	Врізка в систему (після виїзду монтажника)	0	0	0

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4	5
3	Прокладка трубопроводів	750	90	67 500
4	Пусконаладжувальні роботи	1	1 640	1 640
5	Додаткові роботи (після виїзду монтажника)	0	0	0
6	Транспортні витрати (після виконання робіт)	—	20000	20000
Загальна вартість монтажних робіт				921 640

Загальна сума коштів, необхідна для впровадження геліосистеми для задоволення потреб об'єкта, становить 7738868 грн. Це сума враховує витрати, пов'язані з геліоколекторами, допоміжним обладнанням, трубопроводами та системами керування, а також витрати, пов'язані з проектуванням, монтажем і пусконаладженням.

У результаті встановлення комбінованої системи геліоколекторів сумарна річна виробітка теплової енергії становить 865 925 кВт·год, що еквівалентно 744,56 Гкал/рік.

Для оцінки економічної ефективності застосування геліосистеми було проведено розрахунок річної фінансової економії витрат на теплопостачання за допомогою наступної формули:

$$E=Q \cdot T, \quad (5.7)$$

де E — економія коштів, грн/рік,

Q — річна зекономлена теплова енергія, Гкал/рік,

Т — тариф на теплопостачання, грн/Гкал.

З урахуванням чинного на момент проєктування пільгового тарифу 1654,4 грн/Гкал, який застосовується до гуртожитків як об'єктів соціального призначення, річна економія становить:

$$E=744,56 \cdot 1654,4=1\,231\,800 \text{ грн.}$$

Водночас, відповідно до даних Системи енергетичного менеджменту КПІ, економічно обґрунтований тариф для бюджетних установ становить 3752,99 грн/Гкал (з ПДВ). У разі повернення до ринкових тарифів, зекономлені кошти можуть сягнути:

$$E=744,56 \cdot 3752,99=2\,794\,326,09 \text{ грн.}$$

За умови належної експлуатації та технічного обслуговування проєкт із встановлення плоских сонячних колекторів для зменшення витрат на гаряче водопостачання (ГВП) зазвичай триває 20–25 років. Витрати на експлуатацію геліосистеми.

Незважаючи на те, що система з плоскими сонячними колекторами не потребує великих витрат на обслуговування, певні витрати все ще виникають протягом усього періоду її експлуатації. Це включає регулярне технічне обслуговування, заміну теплоносія та зменшення споживання електроенергії циркуляційним насосом. Крім того, існує ймовірність того, що обладнання буде ремонтувано в разі його несправності. Такі витрати в середньому становлять 1–3% від вартості обладнання. Для цього конкретного проєкту це приблизно 77 000 грн на рік. Цей розмір був врахований під час оцінки економічної ефективності системи. Для визначення економічної ефективності проєкту було використано ставку дисконтування на рівні 15,5%, що відповідає поточному рівню облікової ставки НБУ.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Така ставка дозволяє збалансувати вартість майбутніх грошових потоків, враховуючи інфляційні очікування та альтернативну вартість капіталу.

При розрахунку простого строку окупності використовувалась формула:

$$PBP = \frac{INV_t}{\sum_{t=0}^n CF_t}, \quad (5.8)$$

При розрахунку дисконтованого строку окупності використовувалась формула:

$$DPBP = \frac{\sum_{t=0}^n INV_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^n CF_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t}}, \quad (5.9)$$

При розрахунку чистої приведеної вартості проекту використовувалась формула:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t}, \quad (5.10)$$

При розрахунку внутрішньої норми рентабельності проекту використовувалась формула:

$$IRR = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=0}^n CF_t}{INV_t}} - 1, \quad (5.11)$$

Для того, щоб визначити, наскільки вигідним є впровадження геліосистеми на дахах гуртожитків, було проведено розрахунок чистої приведеної вартості (NPV), яка відображає різницю між вигодами та витратами проекту на поточний момент. Відповідно до обраної ставки

дисконтування 15,5% становить середню вартість капіталу в умовах помірного інвестиційного ризику. Результати розрахунку показали, що:

$$NPV_{15,5\%} = -7059290,3 \text{ грн.}$$

У випадку, якщо тариф на теплопостачання становить 1654,4 грн/Гкал (чинний пільговий тариф для гуртожитків у період воєнного стану), розрахункове значення чистої приведеної вартості складає: від'ємну інвестиційну ефективність проєкту за поточних тарифних умов: проєкт не окупається протягом розрахункового періоду.

Однак ситуація суттєво змінюється у разі повернення до економічно обґрунтованого тарифу для бюджетних установ, який відповідно до даних Системи енергетичного менеджменту КПІ становить 3752,99 грн/Гкал . У такому випадку, за аналогічного рівня витрат і дисконтної ставки, NPV може стати позитивним, або ж істотно скоротиться період окупності проєкту. Результати розрахунку показали, що:

$$NPV_{15,5\%} = 8810134,9 \text{ грн.}$$

Для більш детальної оцінки також визначено внутрішню норму рентабельності (IRR), яка визначається як така ставка дисконтування, при якій чиста грошова вартість дорівнює нулю. Щоб визначити це, було отримано додаткове значення ставки 36%, що означає:

$$NPV_{36\%} = -206848,69 \text{ грн.}$$

Використовуючи інтерполяційний метод, розрахуємо IRR:

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{NPV_1 - NPV_2},$$

де i_1 – нижча ставка дисконту (де $NPV > 0$),

i_2 – вища ставка дисконту (де $NPV < 0$),

NPV_1 – чиста приведена вартість при i_1 ,

NPV_2 – чиста приведена вартість при i_2 .

Розрахуємо IRR:

$$IRR = 15,5 + \frac{8810134,9 \cdot (36 - 15,5)}{8810134,9 - (-206848,69)} = 35,53 \%$$

Отже, внутрішня норма рентабельності (IRR) становить 35,53 %, що вище вибраної ставки дисконту. Усі ключові результати фінансової оцінки, зокрема значення NPV, періоду окупності, а також порівняння впливу різних тарифів, наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунку фінансових показників

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Ефективність загальних інвестицій		
Простий термін окупності	2 роки	10 міс
Дисконтований термін окупності	4 роки	1 міс
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	%	35,53
Чиста приведена вартість (NPV)	грн.	8810134,9

У процесі фінансової оцінки проекту також був здійснений покроковий розрахунок грошових потоків з урахуванням капітальних і експлуатаційних витрат, очікуваної економії, ставки дисконту, а також аналіз їхньої динаміки впродовж життєвого циклу системи. Такі дані дозволяють визначити як простий, так і дисконтований строк окупності інвестицій та побачити зміну чистої приведеної вартості проекту на кожному етапі. Деталізовані результати наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок економічних показників проекту

Рік	Капітальні витрати, тис.грн	Експлуатаційні витрати, тис. грн	Економія, тис.грн	Грошовий потік, тис.грн	Кумулят. Грошовий потік, тис.грн	Ki, i = 15,5%	Дисконт. Грошовий потік, тис.грн	Дисконт. Кумулят. Грошовий потік, тис.грн	Ki, i = 40%	Дисконт. Грошовий потік, тис.грн
0	7738868	0	0	-7738868	-7738868	1	-7738868	-7738868	1	-7738868
1	0	77000	2794326,09	2717326,09	-5021541,9	0,87	2352663,28	-5386204,72	0,74	1998033,89
2	0	77000	2794326,09	2717326,09	-2304215,8	0,75	2036937,91	-3349266,81	0,54	1469142,57
3	0	77000	2794326,09	2717326,09	413110,27	0,65	1763582,60	-1585684,21	0,40	1080251,89
4	0	77000	2794326,09	2717326,09	3130436,36	0,56	1526911,34	-58772,87	0,29	794302,86
5	0	77000	2794326,09	2717326,09	5847762,45	0,49	1322001,16	1263228,30	0,21	584046,22
6	0	77000	2794326,09	2717326,09	8565088,54	0,42	1144589,75	2407818,05	0,16	429445,75
7	0	77000	2794326,09	2717326,09	11282414,6	0,36	990986,80	3398804,85	0,12	315768,93
8	0	77000	2794326,09	2717326,09	13999740,7	0,32	857997,23	4256802,08	0,09	232183,04
9	0	77000	2794326,09	2717326,09	16717066,8	0,27	742854,74	4999656,82	0,06	170722,82
10	0	77000	2794326,09	2717326,09	19434392,9	0,24	643164,28	5642821,10	0,05	125531,49
11	0	77000	2794326,09	2717326,09	22151719	0,20	556852,19	6199673,29	0,03	92302,56
12	0	77000	2794326,09	2717326,09	24869045,1	0,18	482123,11	6681796,40	0,02	67869,53
13	0	77000	2794326,09	2717326,09	27586371,2	0,15	417422,60	7099219,00	0,02	49904,07
14	0	77000	2794326,09	2717326,09	30303697,3	0,13	361404,85	7460623,85	0,01	36694,17
15	0	77000	2794326,09	2717326,09	33021023,4	0,12	312904,63	7773528,49	0,01	26981,01
16	0	77000	2794326,09	2717326,09	35738349,4	0,10	270913,10	8044441,59	0,01	19838,97
17	0	77000	2794326,09	2717326,09	38455675,5	0,09	234556,80	8278998,39	0,01	14587,48
18	0	77000	2794326,09	2717326,09	41173001,6	0,07	203079,48	8482077,87	0,00	10726,09
19	0	77000	2794326,09	2717326,09	43890327,7	0,06	175826,39	8657904,26	0,00	7886,83
20	0	77000	2794326,09	2717326,09	46607653,8	0,06	152230,64	8810134,90	0,00	5799,14

Для врахування факторів невизначеності та ризиків, пов'язаних із проектом, було проведено аналіз чутливості основних показників ефективності (NPV, IRR, терміни окупності) до зміни ключових економічних параметрів. Цей підхід дозволяє оцінити стійкість проекту до коливань зовнішніх умов, таких як вартість обладнання, тариф на тепло, експлуатаційні витрати тощо.

У процесі аналізу досліджувалась залежність показників від зміни базових параметрів у межах $\pm 20\%$, що відображає реалістичний сценарій невизначеності для проєктів бюджетної сфери.

Результати аналізу чутливості, а саме вплив зміни параметрів на чисту приведену вартість (NPV) та внутрішню норму прибутковості (IRR), наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків чутливості основних показників NPV та IRR

Сценарій	Збільшення		Базовий	Зменшення	
	20%	10%		10%	20%
Зміни капітальних витрат					
Чиста приведена вартість (NPV)	7262361,30	8036248,10	8810134,90	9584021,70	10357908,50
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	32,01	33,77	35,53	41,82	43,95
Зміни досягнення економії					
Чиста приведена вартість (NPV)	12213724,24	10511929,57	8810134,90	7108340,23	5406545,56
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	43,92	39,42	35,53	33,05	28,59
Зміни відсоткової ставки (ставки дисконту)					
Чиста приведена вартість (NPV)	8632296,69	8720796,52	8810134,90	8900322,29	8991369,31
Внутрішня норма прибутковості (IRR)	36,04	35,53	35,53	35,53	35,53

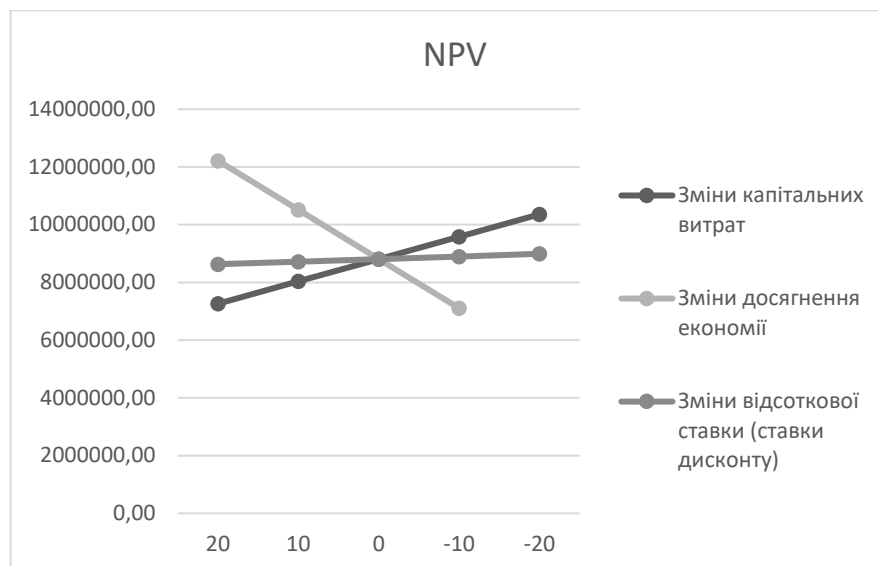


Рисунок 5.12 – Аналіз чутливості чистої приведеної вартості до різних змін

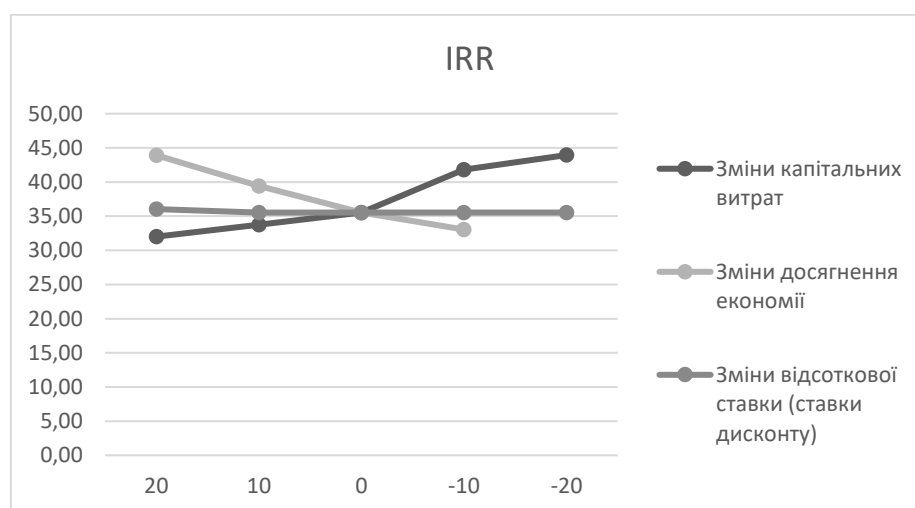


Рисунок 5.13 – Аналіз чутливості внутрішньої норми прибутковості до різних змін

На рисунку 5.12 зображено аналіз чутливості чистої приведеної вартості (NPV) до змін трьох ключових факторів: капітальних витрат, досягнення економії та відсоткової ставки (ставки дисконту). Найбільший вплив на NPV мають зміни досягнення економії — при зменшенні економії на 20% NPV суттєво знижується, а при збільшенні — зростає. Зміни капітальних витрат

мають також відчутний вплив, але менш виражений. Зміни ставки дисконту впливають найменше, проте також демонструють негативну кореляцію зі значенням NPV.

На рисунку 5.13 проаналізовано чутливість внутрішньої норми прибутковості (IRR) до тих самих факторів. Аналогічно до попереднього графіка, найбільшу чутливість IRR демонструє до змін досягнення економії, тоді як зміни капітальних витрат впливають помірно, а зміни ставки дисконту майже не впливають на IRR, що відповідає методології розрахунку цього показника (IRR не залежить від дисконтування).

Таким чином, можна зробити висновок, що досягнення очікуваної економії є найкритичнішим фактором для забезпечення позитивних фінансових результатів проекту, тоді як інші фактори мають менш значний, але також суттєвий вплив.

Висновки до розділу 5

Проведений аналіз підтвердив, що використання геліосистеми для виробництва гарячої води в гуртожитку №20 у місті Київ є технічно та економічно вигідним. Кліматичні умови регіону сприятливі для використання сонячної енергії. Крім того, змодельована система, враховуючи обмежену площу даху, може покрити до 38% річної потреби в теплі для генерації тепла.

Економічні розрахунки показали, що чиста приведена вартість (NPV) і достатній рівень внутрішньої норми прибутковості (IRR) є позитивними, що вказує на рентабельність проекту. Як показав аналіз чутливості, проект залежить від капітальних витрат і рівня досягнутої економії.

Загалом, у довгостроковій перспективі впровадження геліосистеми може допомогти зберегти енергію та зменшити витрати на гаряче водопостачання.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС МОНТАЖУ ГЕЛІОКОЛЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ

6.1 Вибір найефективнішого технічного засобу, доцільність використання якого обґрунтовано у попередніх розділах проекту

У рамках дослідження було визначено, наскільки доцільно використовувати сонячні панелі для покриття частини гарячої води в гуртожитку. Зважаючи на кількість мешканців, вибрано комбіновану геліосистему Atmosfera SPK F2M з плоскими колекторами. Планується встановити двадцять п'ять систем: тридцять три з об'ємом 2 м³, одна з об'ємом 1 м³ і одна з об'ємом 0,5 м³.

Завдяки селективному покриттю BlueTec Eta Plus система Atmosfera SPK F2M вирізняється довговічністю, високою енергоефективністю та мінімальними тепловими втратами. Модульна конструкція ідеальна для гуртожитків, оскільки вона зменшує навантаження на трубопроводи та зберігає працездатність навіть при відмові окремих компонентів.

6.2 Вибір місця розміщення електротехнічного обладнання та планування обсягу і тривалості робіт.

Геліоколектори планується встановити на південній стороні даху гуртожитку, щоб максимізувати використання сонячної енергії, оскільки там буде найкраща інсоляція протягом усього року та відсутнє затінення. У Києві оптимальний кут нахилу колекторів становить близько 40°. Це дозволяє системі працювати добре як улітку, так і взимку. Монтажна робота буде

					ОН 1102.00.002 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Босенко Я. А.				Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу геліоколекторної системи	Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Третьякова Л. Д.							133	
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.	Прокопенко І. Д.								
Затвер.									

виконуватися на спеціальних опорах із регульованим нахилом, щоб не пошкодити покрівлю. Для забезпечення безпечного доступу до системи передбачено встановлення трапу з перилами та анкерними точками для страхування, а також щонайменше двічі на рік проведення технічних оглядів.

На останньому поверсі знаходиться технічне приміщення, де зберігається супутнє обладнання, таке як насосна група, гідроаккумулятор, контролери та автоматика. У цьому приміщенні є вентиляція, захист від протікань і шуму та зручний доступ для працівників. Всі частини системи встановлюються відповідно до правил пожежної безпеки та електробезпеки. Наприклад, трубопроводи були теплоізовані, автоматика була встановлена у вологозахищених щитах із заземленням і персонал мав можливість її використовувати.

На рисунку 6.1 показано тривалість основних етапів монтажу геліосистеми.

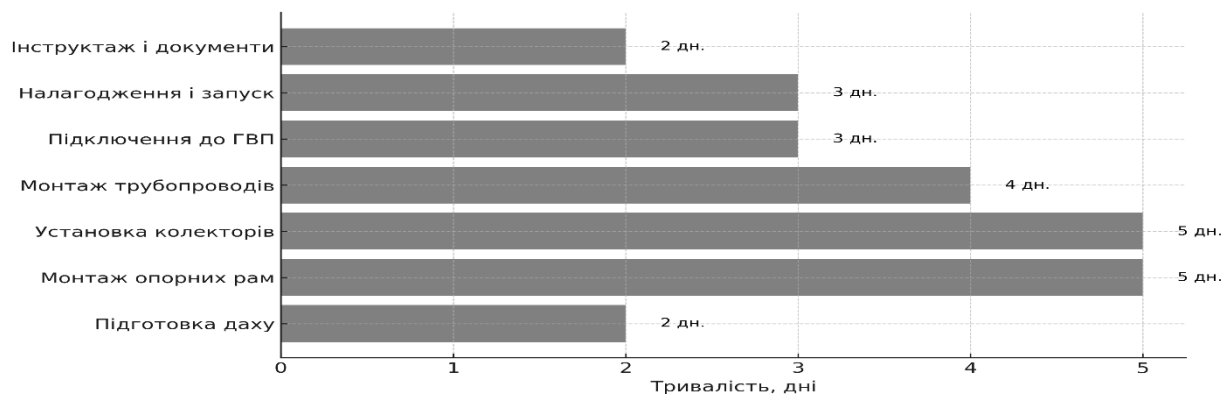


Рисунок 6.1 – Тривалість етапів роботи з монтажу геліосистем

Монтажна робота має тривати 23–25 днів. Поетапна організація та залучення експертів запобігають затримкам, які є життєво важливими в умовах заселеного гуртожитку.

Таким чином, найкраще місце на даху для встановлення геліосистеми відповідає сонячному потенціалу, технічним характеристикам будівлі та вимогам безпеки. Чітке планування гарантує високу якість і безпечно впровадження системи в навчальному житловому фонді.

6.3 Оцінка умов праці та визначення можливих небезпек для електротехнічних працівників.

Професійні ризики, зокрема для електротехнічного персоналу, пов'язані з монтажем і експлуатацією геліоколекторних систем у гуртожитках та інших об'єктах житлового фонду. Метою аналізу є виявлення основних небезпек і визначення заходів, які можна зробити, щоб підвищити безпеку.

Роботи виконуються на дахах висотою понад 5 м і виконуються переважно двічі на рік. Завдання включають електромонтаж, перевірку гідравлічних з'єднань, діагностику вузлів і очищення колекторів. Незважаючи на рідкість, роботи в технічних приміщеннях і на відкритому даху є небезпечними.

У таблиці 6.1 наведено основні небезпечні фактори, що можуть виникнути під час роботи з геліосистемою, їхні причини, наслідки та категорії ризику.

Таблиця 6.1 – Оцінка основних професійних ризиків під час роботи з геліосистемою [25]–[30]

№	Небезпечний фактор	Джерело або причина	Можливі наслідки	Категорія ризику (ISO 12100)	Клас умов праці (МОЗ №248)
1	2	3	4	5	6
1	Робота на висоті	Відсутність огорожень, помилки страхування	Падіння, важкі травми, летальні випадки	Високий (H)	3.3–Небезпечні

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6
2	Ураження електричним струмом	Низьковольтні електроустановки (≤ 1000 В): насосна група, контролери, датчики, розподільчі щити. Ураження електричним струмом можливе внаслідок пошкодження ізоляції, контакту зі струмопровідними частинами або через дію вологого середовища.	Електротравма, смерть	Високий (Н)	3.3–Небезпечні
3	Сонячне УФ-випромінювання	Пряме перебування на покрівлі в літній період	Теплові удари, опіки шкіри, ураження очей	Середній (М)	3.2–Шкідливі
4	Контакт з гарячими поверхнями	Колектори, труби, бак ($t > 70^{\circ}\text{C}$)	Термічні опіки	Середній (М)	3.2–Шкідливі
5	Фізичне навантаження	Перенесення важких вузлів, робота у незручній позі	М'язові травми, перевантаження	Середній (М)	3.1–Шкідливі
6	Падіння інструментів	Ненадійне кріплення обладнання на даху	Травми голови, кінцівок	Середній (М)	3.1–Шкідливі
7	Метеоумови	Вітер > 10 м/с, ожеледь, дощ	Падіння, втрата уваги, гіпотермія	Середній (М)	3.1–Шкідливі
8	Хімічний контакт	Витік антифризу з системи	Подразнення шкіри, очей, отруєння	Низький (L)	2–Допустимі

Умови роботи на дахах гуртожитків ускладнюють можливість ремонту, обмеженим доступом і малою площею для обладнання. Отже, забезпечити безпечний доступ і герметичність елементів геліосистеми, особливо в місцях перетину з комунікаціями, є життєво важливими. Роботи на висоті та ризик ураження струмом представляють найбільшу небезпеку.

Для зменшення ризиків використовують як колективні (огороження, системи захисту, діелектричні килимки), так і індивідуальні (каска, рукавиці, окуляри). Вступні та повторні інструктажі є обов'язковими. Працівники, які працюють у системі тимчасового обслуговування, повинні проходити

спеціальну оцінку умов праці (СОУП). Ця оцінка дає змогу офіційно визначити рівень професійного ризику, який існує в їхній роботі.

6.4 Обґрунтування вибору технічних та організаційних заходів та засобів безпеки (розрахунок).

Монтування геліоколекторної системи на даху гуртожитку відноситься до робіт підвищеної небезпеки через використання електрообладнання, роботи на висоті та ризик термічних і механічних травм. Для забезпечення безпеки працівників необхідно вжити організаційних і технічних заходів, а також забезпечити їх засобами індивідуального захисту, такими як каски, спецодяг, системи захисту, окремі інструменти та окуляри.

Працівники повинні пройти відповідні інструктажі та медогляд відповідно до вимог. Відповідальні особи призначені для забезпечення електробезпеки (група V, до 1000 В) і роботи на висоті. Для всіх етапів робіт необхідні інструкції з охорони праці та постійний нагляд за дотриманням правил безпеки.

У таблиці 6.2 представлено основні технічні та організаційні заходи, що повинні бути реалізовані для забезпечення безпеки праці[25]–[34].

Таблиця 6.2 – Технічні та організаційні заходи з безпеки праці

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
1	2	3
Технічні	Захисне заземлення	Для забезпечення електробезпеки всі металеві частини конструкції геліоколекторів, трубопроводів та кріплень повинні бути заземлені відповідно до ПУЕ. Заземлюючий контур виконується з сталевієї смуги перерізом не менше ніж 40×4 мм. Опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

1	2	3
Технічні	Огорожа елементів системи	Усі ділянки системи, що розміщуються на даху (геліоколектори, трубопроводи), мають бути огорожені металевою або сітчастою конструкцією висотою не менше 1,1 м для запобігання падінню працівників під час монтажу та обслуговування.
	Маркування панелей	Кожен геліоколектор та вузол системи повинен мати чітке маркування, що містить найменування елемента, напрямок руху теплоносія, технічні характеристики, дату монтажу. Це забезпечує безпечну експлуатацію та обслуговування.
	Блискавкозахист	Кожен геліоколектор та вузол системи повинен мати чітке маркування, що містить найменування елемента, напрямок руху теплоносія, технічні характеристики, дату монтажу. Це забезпечує безпечну експлуатацію та обслуговування.
	Теплоізоляція	Усі трубопроводи, що транспортують теплоносії, повинні бути теплоізовані за допомогою мінераловатних матеріалів з покриттям з фольги або спіненого каучуку. Теплоізоляція повинна бути негорючою та стійкою до УФ-випромінювання, що підвищує енергоефективність та знижує ризик опіків при дотику.
Засоби індивідуального захисту	Страховальна система	Комплект з жилетом, амортизатором, канатом та анкером
	Діелектричні засоби	Рукавички та взуття класу 00 для робіт до 500 В; ізований інструмент до 1000 В
	Спецодяг та ЗІЗ для захисту від опіків	Бавовняний вогнестійкий одяг, термостійкі рукавиці, захисні окуляри зі світлофільтром
	Засоби захисту голови та ніг	Захисна каска (EN 397), нековзке взуття класу S3
Організаційний	Інструктажі з охорони праці	Вступний, первинний, повторний (раз у 3 міс.), позаплановий
	Медичні огляди	Попередній та щорічний медогляд для працівників, які виконують роботи на висоті
	Призначення відповідальних осіб	Наказом керівника призначаються відповідальні за безпеку на висоті та з електроустановками
	Розробка інструкцій	Інструкції з ОП та дій у разі аварійної ситуації
	Постійний нагляд	За виконанням робіт підвищеної небезпеки (висота, електроустановки) здійснюється постійний контроль

У таблиці 6.3 наведено перелік засобів індивідуального захисту, які мають застосовуватись під час виконання робіт з монтажу та обслуговування геліосистеми[25]–[33].

Таблиця 6.3 – Перелік засобів індивідуального захисту

Вид	Призначення	Термін служби	Технічні характеристики
Страховальна система	Захист від падіння з висоти	5 років / щорічна перевірка	Канат, анкер, амортизатор, жилет
Діелектричні рукавички	Захист рук від ураження струмом	Перед кожним використанням	Клас 00, до 500 В
Діелектричне взуття	Захист ніг при роботах з напругою	1 рік	Клас 00, до 500 В
Ізольований інструмент	Роботи під напругою	6 міс.	До 1000 В (викрутки, плоскогубці, ключі тощо)
Захисні окуляри	Захист очей від УФ-випромінювання	2 роки	Світлофільтр проти опіків та відблисків
Термостійкі рукавиці	Захист від гарячих поверхонь	6 міс.	Стійкість до +100°C
Спецодяг	Захист від термічного та механічного впливу	1 рік	Вогнестійка бавовна, довгі рукави
Захисна каска	Захист голови від падіння предметів	5 років	Ударостійкий пластик, вентиляція
Нековзке захисне взуття	Захист ніг від травм та ковзання	1 рік	Клас S3, сталева вставка, антиковзальна підошва

6.5 Вибір системи захисту від пожеж і вибухів для визначеної (попередньої) будівлі. Захист від наслідків проявів дії блискавки.

Загальний рівень пожежо- та вибухонебезпеки підвищується при монтажі геліосистеми на даху гуртожитку, особливо через наявність горючого теплоносія, електрообладнання та відкритих металевих конструкцій. Отже, забезпечення протипожежного захисту, блискавкозахисту та заземлення є

надзвичайно важливими. У таблиці 6.4 подано аналіз основних потенційних джерел пожежної небезпеки геліосистеми та їх можливих наслідків [34].

Таблиця 6.4 – Аналіз потенційних джерел пожежонебезпеки геліосистеми

Джерело небезпеки	Опис ситуації	Можливі наслідки
Перегрів теплоносія стагнація	При відмові насоса або контролера температура в колекторах може перевищити 200°C	Розкладання теплоносія, витік, займання ізоляції, пожежа
Коротке замикання	У проводці або електрообладнанні (насос, контролер, датчики)	Іскріння, займання в технічному приміщенні
Розгерметизація системи	Витік пропіленгліколю	Пожежа при контакті з гарячими елементами
Блискавка	Пряме влучення або близький розряд	Ураження системи, перенапруга, займання

Протипожежні заходи

Для забезпечення пожежної безпеки під час монтажу та експлуатації геліосистеми передбачається використання первинних засобів пожежогасіння та впровадження автоматичних систем. У корпусі геліоколекторної установки встановлюється переносний вуглекислотний вогнегасник. Цей вогнегасник ефективно ліквідує загоряння електрообладнання без пошкодження його компонентів. Крім того, доцільно облаштувати систему автоматичного водяного пожежогасіння, щоб швидко реагувати на пожежі. Протигази передбачені для безпечної евакуації працівників у випадку задимлення. У таблиці 6.5 систематизовано заходи та засоби протипожежного захисту, що доцільно реалізувати для безпечної експлуатації геліосистеми [34].

Таблиця 6.5 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Первинні засоби пожежогасіння	Вогнегасник вуглекислотний ВВК-3,5: переносний, заряд – CO ₂ , маса заряду – 3,5 кг; час дії – 8 с; довжина струменя – ≥3,5 м	Призначений для гасіння електрообладнання без пошкодження; розміщується поблизу щитка керування

Продовження таблиці 6.5

1	2	3
Автоматичне пожежогасіння	Система водяного пожежогасіння Brandmaster: розпилювальні форсунки, трубна розводка, автоматичне увімкнення при температурі 68–79 °С	Забезпечує гасіння пожеж без участі людини; розміщується в приміщенні з контролером та насосом
Сигналізація	Пожежна сигналізація з датчиками диму та температури, підключена до центрального пульта	Рання детекція займання у критичних зонах: електрощити, насосне обладнання, кабельні канали
Засоби індивідуального захисту	Протигаз фільтруючий типу ГП-7: термін зберігання – 15 років; робоча температура: –40...+40°С	Призначений для евакуації персоналу у випадку сильного задимлення
Вогнестійкий одяг	Спецодяг з вогнестійкого матеріалу (бавовна/пропитка): костюм з довгими рукавами, антистатична вставка	Для персоналу, що проводить технічне обслуговування геліосистеми (особливо влітку)
Інформаційні заходи	Плани евакуації, позначення шляхів виходу, таблички з інструкціями про дії під час пожежі	Згідно з ДБН В.2.5-56:2014; розміщуються у доступних місцях – на сходах, у коридорах
Навчання та інструктажі	Проведення вступного, первинного, повторного і позапланового інструктажів; навчання дій при пожежі	Для усіх осіб, які допускаються до роботи з обладнанням або в зонах підвищеної небезпеки

Захист від блискавки

Під час виконання робіт на даху будівлі з встановленою геліоколекторною системою необхідно оцінити ймовірність ураження блискавкою. Для цього використовується формула розрахунку очікуваної кількості уражень блискавкою на рік:

$$N = [(A + 6 \cdot H_m)(B + 6 \cdot H_m) - 7,7 \cdot H_m^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (6.1)$$

де А = 64 м – довжина будівлі

В = 114 м – ширина будівлі

Н_м = 42 м – висота будівлі

$n = 5,5$ – середньорічна кількість ударів блискавки на 1 км^2 для м. Київ.

У таблиці 6.6 наведено відповідність між інтенсивністю грозової діяльності та очікуваним середньорічним числом ударів блискавки.

Таблиця 6.6 – Очікувана кількість ударів блискавки на 1 км^2 [35]

Інтенсивність грозової діяльності К	Очікуване середньорічне число ударів блискавки n
10-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	5,5
80-100	7,0
100 і більше	8,5

У таблиці 6.7 показано грозову активність по регіонах України, що дозволяє зробити висновки щодо необхідного класу блискавкозахисту [35].

Таблиця 6.7 – Грозова активність по регіонах України

Області	Середньорічна грозова діяльність, К
1. Республіка Крим	40-60
2. Закарпатська, Запорізька, Донецька	80-100
3. Інші області України	60-80

Підставляємо значення у формулу:

$$N = [(64 + 6 \cdot 42)(114 + 6 \cdot 42) - 7,7 \cdot 42^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 102073,2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} \\ \approx 0,5614$$

Отже, очікувана кількість уражень блискавкою становить приблизно 0,5614 рази на рік. Оскільки $N < 1$, будівля підпадає під категорію II блискавкозахисту з типом зони захисту Б.

Захист реалізується шляхом облаштування сітчастого блискавкоприймача зі сталевого оцинкованого дроту Ø6–8 мм з чарункою 6×6м, що виконується по периметру даху. Провідники з'єднуються з заземлювачем через струмопровідні спуски.

Висновки до розділу 6

В умовах гуртожитку як житлового об'єкта масового перебування людей особливу увагу приділено питанням безпеки. Було визначено основні потенційні загрози, розроблено комплекс заходів, що передбачає як технічний, так і організаційний рівень захисту.

Реалізація геліоколекторної системи Atmosfera дозволяє покращити енергетичну ефективність будівлі, знизити витрати на гаряче водопостачання, але водночас потребує чіткого дотримання норм охорони праці та пожежної безпеки. Забезпечення ЗІЗ, інструктажів, технічного контролю та обов'язкового блискавкозахисту створює комплексну систему захисту для всіх учасників процесу.

Рекомендовано вести журнал перевірок системи, включаючи результати оглядів, заміни зношених компонентів, та оновлення інструкцій згідно з актуальними нормами охорони праці.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		143

ВИСНОВОК

У ході виконання дипломного проєкту на тему «Аналіз ефективності використання енергоресурсів у гуртожитку №20 КПІ ім. Ігоря Сікорського» було здійснено комплексне дослідження фактичного стану енергоспоживання будівлі та визначено шляхи його оптимізації. За результатами роботи можна зробити такі основні висновки:

1. Гуртожиток №20 характеризується значним енергоспоживанням і високими експлуатаційними витратами, що пов'язано як зі специфікою експлуатації (велика кількість мешканців, тривале використання побутових приладів), так і зі застарілими інженерними системами.
2. Системи теплопостачання та електропостачання потребують модернізації. Було виявлено дисбаланс в опалювальній системі, низьку ефективність теплоізоляції огорожувальних конструкцій, відсутність регулювання температури в окремих приміщеннях. Також зафіксовано перевищення питомих витрат електроенергії внаслідок використання морально застарілого обладнання та світильників.
3. На основі енергетичного аналізу запропоновано перелік енергоефективних заходів. До них входять: заміна освітлення на LED, утеплення технічного поверху та зовнішніх стін, модернізація ІТП, встановлення терморегуляторів, впровадження автоматизованої системи обліку. Для кожного заходу було проведено економічну оцінку та визначено можливу річну економію.
4. Оцінено доцільність впровадження геліоколекторної системи для гарячого водопостачання. В умовах клімату м. Києва геліосистема може частково покрити потреби в ГВП у весняно-літній період,

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		144

скоротивши споживання теплової енергії з централізованої мережі та відповідно зменшивши витрати на оплату.

5. Проаналізовано сучасний стан енергоменеджменту та запропоновано конкретні дії з його впровадження на рівні гуртожитку. Йдеться про створення системи обліку, регулярний аналіз даних, інформування мешканців, а також залучення студентів до контролю споживання ресурсів.
6. Забезпечено відповідність проєктних рішень нормам охорони праці та пожежної безпеки. Розроблені технічні та організаційні заходи з безпечного монтажу геліоколекторів, з урахуванням особливостей покрівлі, захисту від ураження електричним струмом, дії блискавки та пожеж.

Підсумовуючи, реалізація запропонованих заходів дозволить значно покращити енергетичну ефективність гуртожитку, зменшити втрати енергії, скоротити витрати на енергоресурси та підвищити комфорт умов проживання мешканців. Розроблені рішення мають як технічне, так і економічне обґрунтування, а отже можуть бути рекомендовані до впровадження не лише на об'єкті дослідження, а й на інших подібних будівлях навчального комплексу.

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
						145
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Дерев'янюк Д. Г., Бориченко О. В., Шовкалюк М. М. Підготовка бакалаврських кваліфікаційних робіт. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 65 с.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» № 2118-VIII від 22.06.2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ : Мінрегіон України, 2021.
4. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
5. ДСТУ ISO 52000-1:2020. Енергетичні характеристики будівель. Частина 1. Загальні рамки. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
6. Директива (ЄС) 2024/1275 Європейського Парламенту та Ради про енергетичну ефективність будівель.
7. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» № 2118-VIII, стаття 7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#n170>.
8. ДСТУ 9191:2022. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
9. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Настанова з енергетичного обстеження будівель. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015.
10. Економічно обґрунтований тариф на тепло [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/kyiv/warm/>
11. Монтаж металопластикових вікон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rabotniki.ua/uk/price/montazh-okna-metalloplastikovogo>
12. Технічні характеристики вікон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://market-vikna.com.ua/balkonnyj-blok-vikonda-klasyk-z-dvoma-viknamy-i-povorotno-vidkydnymy-dveryma-2200-x-2200-mm>

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		146

- 13.Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nvkarta.com>
- 14.Теплоенергетичні установки і системи : навчальний посібник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dglib.nubip.edu.ua>
- 15.Офіційний сайт гуртожитку № 20 Студмістечка КПІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studmisto.kpi.ua/gurt20/>
- 16.Сторінка гуртожитку № 20 на офіційному сайті КПІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kpi.ua/d-20>
- 17.ДСТУ Б EN 15251:2011. Параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2011.
- 18.ДСТУ ISO 50001:2019. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 36 с.
- 19.European Commission. Energy Efficiency in Buildings – Factsheet [Електронний ресурс]. – Brussels : EU Publications, 2020. – Режим доступу: <https://energy.ec.europa.eu>
- 20.Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1818-IX від 21.10.2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20>
- 21.Методичні рекомендації з енергетичного моніторингу для бюджетних установ / Держенергоефективності України. – Київ, 2020. – 36 с.
- 22.ПРООН в Україні. Енергоефективність у гуртожитках: аналітична записка. – Київ : ПРООН, 2021. – 20 с.
- 23.Siemens AG. Smart Building Energy Monitoring Systems: Technical White Paper. – Munich : Siemens AG, 2020. – 18 p.
- 24.EU4Energy Initiative. Guidebook on Energy Management Practices in Universities. – Brussels : European Union, 2022. – 48 p.
- 25.ДСТУ EN 363:2017. Індивідуальні системи захисту від падіння з висоти. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

- 26.ДСТУ EN 60903:2017. Робота під напругою. Рукавички з ізоляційного матеріалу. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
- 27.ДСТУ EN 50321-1:2022. Засоби індивідуального захисту ніг. Робота під напругою. Взуття захисне від електричного струму. Частина 1. Ізоляційне взуття та галоші. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
- 28.ДСТУ EN ІЕС 60900:2022. Ізольований інструмент. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
- 29.ДСТУ EN 170:2022. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри для захисту від ультрафіолетового випромінювання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
- 30.ДСТУ EN 407:2007. Засоби захисту від теплового випромінювання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007.
- 31.ДСТУ EN ISO 11612:2018. Одяг захисний. Одяг для захисту від тепла та полум'я. Мінімальні технічні вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
- 32.ДСТУ EN 397:2017. Каски захисні промислові. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
- 33.ДСТУ EN ISO 20345:2022. Засоби індивідуального захисту. Взуття захисне. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
- 34.ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. – Київ : Мінрегіон України, 2014.
- 35.Положення з організації блискавкозахисту будівель та споруд. ПО 12-407-01-2021 [Електронний ресурс]. – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – Режим доступу: [ПР12-Блискавкозахист1.pdf](#)
- 36.REN21. Renewables 2023 Global Status Report. – Paris : REN21 Secretariat, 2023. – 312 р. – Режим доступу: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- 37.Укргідрометцентр. Кліматичні особливості м. Києва. – Київ : Укргідромет, 2022. – 18 с. – Режим доступу: <https://meteo.gov.ua>
- 38.Solargis. Global Solar Atlas [Електронний ресурс]. – World Bank Group, 2021. – Режим доступу: <https://globalsolaratlas.info>

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		148

39. Качур А. І., Сидорчук О. М. Теоретичні основи сонячної енергетики : навч. посіб. – Київ : Ліра-К, 2018. – 192 с.
40. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) / European Commission [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis_en
41. Комплектна трансформаторна підстанція КТП 400/10/0,4 кВ [Електронний ресурс] // USE Energy Solutions. – Режим доступу: https://use.com.ua/ua/p1519883284-komplektnaya-transformatornaya-podstantsiya.html?utm_source=chatgpt.com – Назва з екрана.
42. Кабель силовий АБВГ 4×150 [Електронний ресурс] // VSE-E – інтернет-магазин електротехніки. – Режим доступу: <https://vse-e.com.ua/kabel-silovoj-avvg-4150> – Назва з екрана.
43. Методичні вказівки «Довідкові дані ОН, ОТ» [Електронний ресурс] // Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://ep.kpi.ua/files/Metod/Metodички%20СЕП/Довідкові%20дані%20ОН,%20ОТ.pdf>
44. Датчик руху настінний Євросвітло SW-01 180° [Електронний ресурс] // Evrosvit. – Режим доступу: <https://evrosvet.com.ua/ua/product/datchik-dvizheniya-nastenny-vrosvitlo-sw-01-180-belyy/>
45. Загальні переваги ВДЕ для покращення енергетичної незалежності – аналіз кліматичних та технологічних факторів .
46. Atmosfera SPK-F2M: площа $\approx 2 \text{ м}^2$, ефективність $\sim 78,9 \%$ (версія F2M) avante.com.ua+3ek.ua+3e-catalog.com+3.
47. Насосна група – Cheka (<https://cheka.com.ua/ru/p270469249-nasosnaya-gruppa-dlya.html>).
48. 3’єднувач NanoFlex DN16 – Solarbud (<https://solarbud.com.ua/ua/p421437828-soedinitel-nanoflex-dn16.html>).
49. Трубопровід NanoFlex DN16 – Eco-System (<https://eco-system.com.ua/gibkiy-truboprovod-nanoflex-dn16-diametr-16-mm.html>).

					ОН 1102.00.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		149

50. Трубопровід NanoFlex DN20 – Eco-System (<https://eco-system.com.ua/gibkiy-truboprovod-nanoflex-dn20-diametr-20-mm.html>).
51. Розширювальний бак Zilmet CP 150 л – Kivap (<https://kivap.com.ua/rasshiritelnye-baki/44-bak-rasshiritelnyj-zilmet-cp-150l-34.html>).
52. Розширювальний бак Zilmet CP 80 л – Kivap (<https://kivap.com.ua/rasshiritelnye-baki/35-bak-rasshiritelnyj-zilmet-cp-80l-34.html>).
53. Контролер SK91 – Kivap (<https://kivap.com.ua/kontrollery-dlya-geliosistem/370-kontroller-sk91.html>).
54. Комплект кріплення на дах (4–40 панелей) – Енергія Природи (<https://energiya-prirody.in.ua/.../p581763692-komplekt-sistemi-kriplennya.html>).
55. Розхідомір DFM AFRISO – Modernsys (<https://modernsys.com.ua/uk/raskhodomer-dfm-afriso-15-2m-g-1-kh-g-1-2-12-l-min-ru.html>).
56. Автоматичний повітровідвідник Caleffi Solar $\frac{3}{8}$ " (до 10 бар) – Енергія Природи; технічні дані: тиск 10 бар, робоча температура $-30...+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ [54] supplyhouse.com+4caleffi.com+4heiz24.de+4.
57. Фітинг Pattaroni F132R002 – Rozetka (<https://rozetka.com.ua/ua/pattaroni-f132r002/p395404395/>).
58. Теплоносій Tepro-30P – Solar-Tech (<https://solar-tech.com.ua/.../tepro-30p-solar.html>).
59. Комплект кріплення на дах (4–40 панелей) – Енергія Природи (<https://energiya-prirody.in.ua/.../p581763692-komplekt-sistemi-kriplennya.html>).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Розрахункові (питомі середні за рік) добові витрати води

№ з/п	Споживачі	Одиниця виміру	Розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/добу на одиницю виміру		Підвищу-вальний коефіцієнт для III, IV кліматичних районів	Трива-лість водо-розбору, год
			загальна Q_T^{tot}	у т.ч. гарячої Q_T^h		
1	2	3	4	5	6	7
1	Гуртожитки:					
	– з загальними душовими;	1 мешканець	90	50	1,1	24
	– душовими при всіх житлових кімнатах	»	140	80	1,15	24
2	Готелі, пансіонати і мотелі:					
	– категорії *, з пральнею	»	120	70	1,1	24
	– категорії **, з пральнею	»	150	90	1,15	24
	– категорії ***, з пральнею	»	190	100	1,15	24
	– категорії ****, з пральнею	»	230	140	1,15	24
	– категорії *****, з пральнею	»	300	180	1,15	24
3	Лікувально-профілактичні та санітарно-профілактичні заклади					
	– із загальними ваннами та душами;	1 ліжко	120	75	1,1	24
	– із санітарними вузлами, які близько до палат;	»	200	90	1,1	24
	– інфекційні	»	240	110	1,1	24
4	Санаторії та санаторії-профі-лакторії, заклади відпочинку та туризму					
	– із загальними душами;	»	130	65	1,15	24
	– із душами при всіх житлових кімнатах;	»	150	75	1,15	24
	– із ваннами при всіх житлових кімнатах	»	200	100	1,15	24
5	Фізкультурно-спортивні та фізкуль-турно-оздоровчі комплекси					
	– з їдальнями на півфабрикатах, без прання білизни;	1 місце	60	30	1,15	24
	– з їдальнями, які працюють на сировині, та пральнями	»	200	100	1,1	24