

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

Медвідь Світлана Анатоліївна

«Розробка енергетичного сертифікату гуртожитку №1
Сумського державного університету»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи: _____
(підпис)
Хованський Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)
К.Т.Н., доцент

(наукове звання та наукова ступінь)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

студентки _____
Медвідь Світлана Анатоліївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Розробка енергетичного сертифікату гуртожитку №1 Сумського державного університету

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи - до 15.12.2020 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: будівельна та проектна документація об'єкту енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (загальна характеристика питань, пов'язаних з енергозбереженням, мета, задачі та актуальність роботи).

Розділ 1 – Енергетична сертифікація будівлі (Загальні відомості щодо проведення енергетичної сертифікації, особливості її проведення та вимоги до енергетичних сертифікатів).

Розділ 2 – Методика розрахунку енергетичної ефективності будівлі (Основні положення визначеної методики розрахунку).

Розділ 3 – Визначення енергетичної ефективності гуртожитку №1 Сумського державного університету (Характеристика об'єкту обстеження. Визначення питомих показників енергоспоживання та класу енергетичної ефективності будівлі. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів задля подальшого підвищення енергетичної ефективності функціонування об'єкту).

Розділ 4 – Лінійні теплопровідні включення (Загальні відомості щодо теплопровідних включень. Моделювання процесу теплопередачі для обраної тривимірної моделі. Аналіз отриманих результатів).

Розділ 5 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (Аналіз небезпечних факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера на об'єкті. Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті. Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»).

Висновки.

7 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

8 Дата видачі завдання 09.11.2020 р

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1 – 3-го розділів	до 25.11.2020	
4	Виконання 4-го розділу	до 06.12.2020	
5	Виконання 5-го розділу	до 13.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2020	
8	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2020	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 95 с., 22 рисунки, 25 таблиць, 11 додатків, 40 літературних джерел.

Мета роботи: оцінка існуючої нормативної бази у сфері енергетичної сертифікації будівель та розроблення сертифікату енергоефективності для гуртожитку №1 СумДУ.

Відповідно до поставленої мети були поставлені та вирішені наступні задачі: проведено аналіз існуючих нормативних документів у сфері енергозбереження щодо проведення енергетичної сертифікації та порядку створення відповідного сертифікату; проведено розрахунок основних показників енергетичної ефективності та визначено базові обсяги енергоспоживання для обстежуваного об'єкту у відповідності до методик [7, 8]; проведено порівняльний аналіз отриманих результатів з дійсними та нормативно допустимими значеннями; розроблено рад ЕЗЗ задля підвищення ефективності роботи основних енергоспоживаючих систем; проведено аналіз існуючих методів визначення коефіцієнтів лінійних теплопровідних включень; проведення моделювання процесу теплопередачі через огорожуючі конструкції; проведено аналіз найбільш розповсюджених способів щодо мінімізації впливу лінійних теплопровідних включень на загальний тепловий стан будівлі).

Об'єкт дослідження: енергоспоживання гуртожитку №1 СумДУ.

Предмет дослідження: основні енергоспоживаючі системи обстежуваного об'єкту.

Методи дослідження: нормативно затверджені методики розрахунку показників енергетичної ефективності будівель, числове та математичне моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS Workbench.

Ключові слова: ЕНЕРГОПОТРЕБА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КЛАС ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ.

Тема роботи – «Розробка енергетичного сертифікату гуртожитку №1 Сумського державного університету».

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

A – площа, m^2 ;

U – коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(m^2 \cdot K)$;

H – узагальнений коефіцієнт теплопередачі, $Вт/К$;

θ – температура за шкалою Цельсія, $^{\circ}C$;

Q – кількість теплоти, $Вт \cdot год$;

EP – питомий показник енергоспоживання будівлею, $кВт \cdot год/m^2$;

ψ – лінійний коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(m \cdot K)$.

Індекси та скорочення

H, nd – енергопотреба будівлі на опалення;

C, nd – енергопотреба будівлі на охолодження;

DHW, nd – енергопотреба будівлі на ГВП;

H, use – енергоспоживання будівлею на опалення;

C, use – енергоспоживання будівлею на охолодження;

DHW, use – енергоспоживання будівлею на ГВП;

рис. – рисунок;

табл. – таблиця;

СумДУ – Сумський державний університет;

ВРУ – Верховна Рада України;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ПВХ – полівінілхлорид;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

ЕЗЗ – енергозберігаючий захід;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЛІ	10
1.1 Загальні відомості.....	10
1.2 Особливості проведення енергетичної сертифікації	11
1.3 Висновки до розділу.....	14
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ	16
2.1 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води	16
2.1.1 Енергопотреба на опалення та охолодження.....	17
2.1.2 Теплопередача трансмісією.....	18
2.1.3 Теплопередача вентиляцією	19
2.1.4 Внутрішні теплові надходження.....	20
2.1.5 Сонячні теплові надходження	21
2.1.6 Динамічні параметри.....	24
2.2 Визначення питомого енергоспоживання при опаленні	26
2.3 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні	28
2.4 Визначення питомого енергоспоживання при ГВП	30
2.5 Визначення питомого енергоспоживання систем вентиляції.....	32
2.6 Визначення питомого енергоспоживання при освітленні.....	32
2.7 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів	33
2.8 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі	34
2.9 Висновки до розділу.....	34
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГУРТОЖИТКУ №1 СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	35
3.1 Опис об'єкту обстеження	35
3.2 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води.....	37
3.2.1 Теплопередача трансмісією.....	37
3.2.2 Теплопередача вентиляцією	39
3.2.3 Внутрішні теплові надходження.....	41

3.2.4 Сонячні теплові надходження	42
3.2.5 Енергопотреба на опалення та охолодження.....	45
3.3 Визначення питомого енергоспоживання при опаленні	48
3.3.1 Характеристика системи опалення	48
3.3.2 Енергоспоживання при опаленні	48
3.3.3 Додаткове споживання при опаленні	52
3.4 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні	53
3.4.1 Енергоспоживання при охолодженні	53
3.4.2 Додаткове енергоспоживання при охолодженні	55
3.5 Визначення питомого енергоспоживання при ГВП	56
3.5.1 Характеристика системи постачання гарячої води.....	56
3.5.2 Енергоспоживання при постачанні гарячої води	57
3.5.3 Додаткове енергоспоживання при постачанні гарячої води.....	59
3.6 Визначення питомого енергоспоживання систем вентиляції.....	59
3.7 Визначення питомого енергоспоживання при освітленні.....	59
3.8 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів	60
3.9 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі	63
3.10 Розроблення можливих енергозберігаючих заходів.....	63
3.10.1 Перелік енергозберігаючих заходів.....	63
3.10.2 Утеплення зовнішніх стін будівлі.....	63
3.10.3 Утеплення горищного перекриття	66
3.10.4 Заміна вікон.....	67
3.10.5 Заміна вхідних дверей.....	68
3.10.6 Модернізація системи вентиляції	70
3.10.7 Встановлення індивідуального теплового пункту	71
3.10.8 Заміна систем опалення та ГВП.....	72
3.10.9 Заміна існуючих приладів освітлення	73
3.10.10 Аналіз отриманих результатів.....	74
3.11 Висновки до розділу.....	77
РОЗДІЛ 4 ЛІНІЙНІ ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ.....	79
4.1 Загальні відомості.....	79
4.2 Методика розрахунку	79

4.3 Моделювання процесу передачі тепла у вузлах лінійних теплопровідних включень.....	81
4.4 Аналіз отриманих результатів.....	88
4.5 Висновки до розділу.....	89
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	90
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті.....	90
5.1.1 Характеристика об'єкту обстеження	90
5.1.2 Характеристика небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера на об'єкті	91
5.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті.....	94
5.3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!».....	96
5.4 Висновки до розділу.....	99
ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ.....	102
ДОДАТОК А.....	106
ДОДАТОК Б	112
ДОДАТОК В.....	118
ДОДАТОК Г	119
ДОДАТОК Д.....	120
ДОДАТОК Е	121
ДОДАТОК Ж	122
ДОДАТОК И.....	123
ДОДАТОК К.....	124
ДОДАТОК Л.....	125
ДОДАТОК М	126

ВСТУП

Питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) останнім часом стає дедалі актуальнішим не лише для України, але і всього світу в цілому. За даними [1], щороку наша держава імпортує близько 50 % ПЕР від загального обсягу їх споживання, що в свою чергу зумовлює вагомую залежність від країн-експортерів. При цьому, прогнозовані значення потенціалу енергозбереження для України сягають 42-48 % від сумарного обсягу споживаних ПЕР.

Майже 85% житлового фонду України було побудовано до 1990 року. Враховуючи значний вік цих будівель, високий рівень фізичного зносу конструкцій, інженерних систем та низький рівень енергоефективності, такі будинки споживають на 40-70% більше енергії у порівнянні з новобудовами [2].

З метою встановлення єдиного підходу до оцінки стану будівлі, її інженерних систем, визначення показників споживання енергії та оптимального переліку заходів [3, 4], що мають бути впроваджені в будівлі для приведення її до рівня мінімальних вимог з енергоефективності на законодавчому рівні 22 червня 2017 року ВРУ прийняла закон «Про енергетичну ефективність будівель» [5]. Відповідно до його положень встановлюється цілий перелік будівель об'єктів будівництва та будівель для яких запроваджує обов'язкову сертифікацію з 01 липня 2019 року. Окрім основного свого завдання, такий підхід підвищує рівень поінформованості мешканців/працівників про енергетичні показники будівлі, та сприяє формуванню відповідального ставлення до збереження енергоресурсів.

Досягти підвищення ефективності використання енергії в будівлях можливо за рахунок впровадження енергоефективних заходів або комплексних проєктів термомодернізації. Окрім підвищення ефективності використання енергії, впровадження ЕЗЗ дозволяє покращити умови всередині будівлі, підвищити рівень комфорту, збільшити строк експлуатації конструкцій будівлі, покращити зовнішній вигляд будівлі тощо.

Задля грамотного вирішення поставленого завдання необхідно використання відповідних методик розрахунку для визначення базових обсягів енергоспоживання [3, 4, 6], та показників енергетичної ефективності будівель [5].

Основною метою даної роботи є оцінка існуючої нормативної бази у сфері енергетичної сертифікації будівель та розроблення сертифікату енергоефективності для гуртожитку №1 СумДУ.

Об'єкт дослідження розташований за адресою м.Суми, вул. Миру, 25.

Предметом дослідження є основні енергоспоживаючі системи обстежуваного об'єкту.

Визначення необхідних показників здійснювалося на основі квазістаціонарної методики розрахунку, що наведена у [4, 5, 7], та порівняння отриманих значень з дійсними та максимально допустимими параметрами. Також, у ході обстеження будівлі виконувалося числове та математичне моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS Workbench.

Вихідними даними до проведення розрахунків є: проектна та технічна документація будівлі, показання лічильника та інші матеріали, що були зібрані під час обстеження об'єкту.

РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЛІ

1.1 Загальні відомості

Сертифікація енергетичної ефективності [5] – вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими. Результатом проведення таких робіт має бути видача енергетичного сертифікату будівлі.

Згідно до положень [5], енергетичним сертифікатом називають електронний документ встановленої форми, в якому зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі, сформовані у встановленому законодавством порядку рекомендації щодо його підвищення, а також інші відомості щодо будівлі, її відокремлених частин, енергетичну ефективність яких сертифіковано.

Наявність сертифікату енергетичної ефективності обов'язкова для ряду об'єктів:

- об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми та значними наслідками, що визначаються відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності»;
- будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;
- будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);

- будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Енергетичний сертифікат виготовляється атестованим фахівцем з сертифікації енергетичної ефективності будівлі та видається терміном на 10 років. Форма енергетичного сертифіката, порядок збору інформації та методика розрахунку класу та показників енергоефективності будівлі визначені у [7, 9] і наведені у додатку А.

1.2 Особливості проведення енергетичної сертифікації

Відповідно до [9], сертифікація енергетичної ефективності починається з обстеження будівлі, перевірки стану огорожувальних конструкцій, інженерних систем та включає в себе, зокрема:

- перевірку стану покриттів та перекриттів (дахи та підлоги) будинку (фізичні та геометричні параметри конструкцій та їх складових елементів, визначення опорів теплопередачі, виявлення дефектів та пошкоджень оболонки та теплової ізоляції);
- перевірку стану світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікна) та зовнішніх дверей будинку (визначення конструкції таких елементів, їх типів, розмірів тощо);
- перевірку системи опалення будинку (визначення режимів роботи, порушень циркуляції, наявності приладів для регулювання тощо);
- перевірку санітарних норм в приміщеннях будівлі (визначення температури повітря, рівня вологості в будинку тощо);
- побудову розрахункової моделі будівлі в яку вносяться всі визначені фактично вихідні дані;
- обробку отриманих результатів та їх оформлення відповідно до форми енергетичного сертифіката.

Методика розрахунку показників енергетичної ефективності будівлі є досить розгалуженою та заснована на поєднанні декількох нормативно-правових та

нормативно-технічних документах, що дозволяє врахувати якнайбільшу кількість відомих розрахункових параметрів та чинників, що призводять до перевитрати енергоресурсу. Окрім цього, існує ряд рекомендацій щодо збору, обробки та аналізу вихідних даних.

Так, згідно до положень [7, 9], дані щодо площі зовнішніх огорожувальних конструкцій необхідно визначати за внутрішніми розмірами відповідно до наявної проектної документації. А загальна площа зовнішніх стін (з урахуванням віконних і дерев'яних прорізів) визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будинку, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху з урахуванням площі віконних і дверних укосів від внутрішньої поверхні стіни до внутрішньої поверхні віконного або дверного блока. Сумарна площа вікон визначається за розмірами прорізів у світлі. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) визначається як різниця загальної площі зовнішніх стін та площі вікон і зовнішніх дверей. Площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій (покриття, горищного й цокольного перекриття) визначається як площа поверху будинку (у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін). У разі похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття, горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

Дані щодо опалюваної площі слід визначати відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалювана площа визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. Та не включаються площі теплих горищ і техпідпілля, неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. При визначенні площі мансардного приміщення житлового будинку враховують площу цього приміщення з висотою похилої стелі не менше 1,5 м при нахилі 30 град. до горизонту; 1,1 м при 45 град.; 0,5 м при 60 град. і більше. Площу

приміщення з меншою висотою враховують у загальній площі з коефіцієнтом 0,7. А дані щодо опалюваного об'єму визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалюваний об'єм визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою.

При визначенні параметрів складових елементів огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі для термічно однорідних огорожувальних конструкцій і термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій визначають кількість шарів матеріалу, у тому числі його тип, модифікацію, густину та вологість.

Згідно до положень ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» [5] методика обчислення основних розрахункових параметрів чітко регламентована та сформована на основі наступних документів:

1. Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях визначаються відповідно до додатка В [10];
2. Показники приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій визначаються відповідно до розділу 5 [11] – для непрозорих огорожувальних конструкцій та відповідно до вимог розділів 5, 6, додатків А – Г до [12] – для світлопрозорих огорожувальних конструкцій;
3. Для віконних конструкцій будівель, які мають коефіцієнт скління фасаду не більше 0,2 і при цьому відносна кількість змінених у процесі експлуатації будівлі віконних конструкцій не перевищує 50 %, приведений опір теплопередачі може прийматися однаковим для всіх віконних конструкцій;
4. При визначенні розрахункового значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон за відсутності проектних даних у необхідному обсязі значення усередненої за часом витрати повітря

- встановлюються за нормативними вимогами до кратності повітрообміну, що діяли на час їх проектування, або розраховуються згідно з пунктами 5.6 та 5.7 [13];
5. Внутрішні та сонячні теплонадходження будівлі визначаються згідно з розділами 10 – 11 [8];
 6. Місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6 та 9 [14], додатком А [8];
 7. Нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі визначаються відповідно до вимог нормативних актів залежно від функціонального призначення будівлі;
 8. Енергетичний баланс будівлі складається відповідно до розділу 5 [8];
 9. Функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацією чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається відповідно до вимог [15].

Також нормативний документ [15] враховує наступні параметри:

- при складанні енергетичного балансу будівлі використовуються геометричні, теплотехнічні дані огорожувальних конструкцій та їх елементів з урахуванням розташування та орієнтації огорожувальних конструкцій, енергетичні характеристики інженерних систем, що визначені відповідно до проектної документації чи паспорта об'єкта або при з'ясуванні фактичного стану будівлі;
- використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації, їх вплив на показники енергоефективності будівель враховуються згідно з розділами 14-15 [8], розділами 11-14 та додатком Е [16], додатком G до [17].

1.3 Висновки до розділу

Оскільки, енергоспоживання житловим фондом України становить значний відсоток у загальному розподілі, то питання визначення рівня енергетичної ефективності будівель стає дедалі актуальнішим.

Встановлено, що держава зацікавлена у розробленні таких документів та ґрунтовно займається питанням формування нормативної бази для проведення необхідних заходів [3, 4]. Але не зважаючи на це, існує ряд питань, які досліджені недостатньо та потребують подальшого доопрацювання. Серед них певна невідповідність існуючих нормативних баз даних та труднощі врахування дійсного стану та/або умов функціонування обстежуваного об'єкту.

Також, у ході проведення аналізу було виокремлено декілька найбільш часто застосовуваних методик для розрахунку основних показників енергетичної ефективності будівель [7, 8].

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ

У липні 2018 року Міністерством розвитку громад і територій України було підписано Наказ №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель» [7], де чітко прописаний порядок розрахунку показників енергетичної ефективності будівлі.

Відповідно до положень цього документу, до основних показників енергетичної ефективності відносять такі:

1. Питома енергопотреба на опалення, охолодження та ГВП;
2. Питоме енергоспоживання при опаленні;
3. Питоме енергоспоживання при охолодженні;
4. Питоме енергоспоживання при ГВП;
5. Питоме енергоспоживання систем вентиляції;
6. Питоме енергоспоживання при освітленні;
7. Питоме енергоспоживання первинної енергії;
8. Питоме енергоспоживання викидів парникових газів.

Всі вони визначаються розрахунковим методом на основі фактичних або проектних характеристик об'єкту обстеження.

2.1 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води

Згідно з методикою, що наведена у [7], питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води, EN , кВт·год/м², для житлових будинків розраховується за формулою:

$$EN = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/A_f, \quad (2.1)$$

де $Q_{H,nd}$, – річна енергопотреба на опалення будівлі, Вт·год;

$Q_{C,nd}$ – річна енергопотреба на охолодження будівлі, Вт год;

$Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба на потреби ГВП, Вт год;

A_f – кондиціонована площа будівлі, м².

2.1.1 Енергопотреба на опалення та охолодження

Відповідно до положень [7], річну енергопотребу на опалення та охолодження слід розраховувати згідно з методикою, що наведена у [8] та більш детально розглянута у [3].

Енергопотреба на опалення $Q_{H,nd}$, Вт · год, для кожної зони та для кожного місяця за умови постійного опалення розраховується за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gN} \cdot Q_{H,gN}, \quad (2.2)$$

Енергопотреба на охолодження $Q_{C,nd}$, Вт · год:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gN} - \eta_{H,gN} \cdot Q_{C,ht}, \quad (2.3)$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення/охолодження будівлі, Вт · год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення/охолодження, Вт год;

$Q_{H,gN}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення/охолодження, Вт год;

$\eta_{H,gN}$ – коефіцієнт використання надходжень.

Сумарна теплопередача, Q_{ht} , Вт · год, для кожної зони будівлі та для кожного місяця розраховується як:

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (2.4)$$

де Q_{tr} – сумарна теплопередача трансмісією, Вт год;

Q_{ve} – сумарна теплопередача вентиляцією, Вт год;

Сумарні теплові надходження, Q_{gN} , Вт · год, розраховують як:

$$Q_{gN} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (2.5)$$

де Q_{int} – сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, Вт год;

Q_{sol} – сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, Вт год.

2.1.2 Теплопередача трансмісією

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт год, для потреб опалення розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,H,set} - \theta_c) \cdot t, \quad (2.6)$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині–ззовні;

$\theta_{int,H,set}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

θ_c – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С. Визначаємо згідно з додатком А до [8];

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком А до [8].

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К визначають як:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (2.7)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

У загальному випадку, H_D, H_g, H_U, H_A , розраховуються за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \cdot \sum A_i \cdot U_i, \quad (2.8)$$

де A_i – площа певного елемента оболонки будівлі, м²;

$U_i = 1/R_{\Sigma пр, i}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К).

$R_{\Sigma пр, i}$ – приведений опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, $m^2 \cdot K/Wt$.

Розраховується у відповідності до методики, що наведена у [18].;

$b_{tr, x}$ – поправочний коефіцієнт, (коригує замість різниці температур):

— $b_{tr, x} = 1$ – при H_D ;

— $b_{tr, x} \neq 1$ – при H_g, H_U, H_A згідно з 8.2.2 [8].

2.1.3 Теплопередача вентиляцією

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{ve} , Вт год, розраховують для кожного місяця та для кожної z -ої зони за формулою:

— для режиму опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve, adj} \cdot (\theta_{int, H, set, z} - \theta_e) \cdot t, \quad (2.9)$$

— для режиму охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve, adj} \cdot (\theta_{int, H, set, z} - \theta_e) \cdot t + \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^{24} f_{ve, extra, j, k} \cdot H_{ve, extra, j, k} \cdot (\theta_{int, H, set, z} - \theta_{e, j}) \right), \quad (2.10)$$

де $H_{ve, adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve, extra, j, k}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції (нічна вентиляція та/або природне охолодження) від k -го елемента, Вт/К;

$f_{ve, extra, j, k}$ – частка роботи для конкретної години доби i -го дня місяця від k -го елемента додаткової вентиляції. Якщо працює $f_{ve, extra, j, k} = 1$ та $f_{ve, extra, j, k} = 0$ – якщо не працює;

$\theta_{e, j}$ – температура зовнішнього середовища, $^{\circ}C$, для конкретної години доби, визначена на підставі погодинних значень репрезентативного дня місяця згідно з додатком А [8].

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve, adj}$, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}), \quad (2.11)$$

де $(\rho_a c_a) = 0,33 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ – теплоємність повітря одиниці об'єму;

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, $\text{м}^3/\text{год}$;

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$, не дорівнює температурі зовнішнього середовища;

k – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція та/або додаткова вентиляція для охолодження.

Усереднену за часом витрату повітря $q_{ve,k,mn}, \text{м}^3/\text{год}$, k -го елемента повітряного потоку:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}, \quad (2.12)$$

де $q_{ve,k}$ – витрата повітря k -го елемента повітряного потоку, $\text{м}^3/\text{год}$;

$f_{ve,t,k}$ – частка роботи k -го елемента повітряного потоку, розрахована як частка від загальної кількості годин на добу (повний час: $f_{ve,t,k} = 1$).

2.1.4 Внутрішні теплові надходження

Відповідно до [8], теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, $Q_{int}, \text{Вт} \cdot \text{год}$ до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця розраховуються за формулою:

$$Q_{int} = (\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f) \cdot t, \quad (2.13)$$

де $\Phi_{int,mn,k}$ – осереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт .

2.1.5 Сонячні теплові надходження

Відповідно до [8], теплонадходження від сонця, Q_{sol} , Вт · год до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця розраховуються за формулою:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k}) \cdot t, \quad (2.14)$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ – середній за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт.

Сонячні теплонадходження, $\Phi_{sol,k}$, Вт, через k -ий елемент будівлі знаходять як:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (2.15)$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, m^2 ;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності $Вт/м^2$, визначена згідно з додатком А до [8];

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_{r,k} = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_{r,k} = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі, Вт.

Еквівалентну площу інсоляції застекленого елемента оболонки, A_{sol} , m^2 , визначають як:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (2.16)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів. У випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застекленого елемента;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції зашкленого елемента (наприклад, площа вікна), m^2 ;
 $g_{gl} = F_w \cdot g_n$ – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багат шарового скління або приймати згідно з даними табл. 8 [8];

F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають $F_w = 0,90$;
 g_n – типове значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління в табл. 9 [8].

У випадку наявності постійно закритої завіси всередині чи ззовні приміщення, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління g_{gl} необхідно помножити на понижувальний коефіцієнт, що може бути прийнятий відповідно до табл. 9 [8].

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі, A_{sol} , m^2 , розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (2.17)$$

де $\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними табл. 10 [8];

$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c – площа проекції непрозорої частини, m^2 .

Понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначають за формулою:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}]}{g_{gl}}, \quad (2.18)$$

де g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення;

g_{gl+sh} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення, визначають множенням g_{gl} на понижувальний коефіцієнт, що залежить від типу рухомого затінення;

$f_{sh,with}$ – зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується. Зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується, $f_{sh,with}$ визначають на основі проектних вхідних даних та погодинних моделей або за фактичним станом. За відсутності конкретних даних необхідно використовувати дані табл. 11 [8].

Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення $F_{sh,O}$, який знаходиться в межах від 0 до 1, показує зниження кількості падаючого сонячного випромінювання через постійне затінення поверхні, що розглядається, яке спричиняється:

1. Іншими будівлями;
2. Топографією (пагорбами, деревами тощо);
3. Звисами;
4. Іншими елементами самої будівлі;
5. Зовнішніми частинами стіни, куди встановлений застелений елемент.

Відповідно до методики [8], за відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ необхідно розраховувати за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin} \quad (2.19)$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за даними табл. 12 [8];

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за даними табл. 13 [8];

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за даними табл. 14–1, 14–2 [8].

За відсутності точних даних, згідно з стандартом [8], дозволяється приймати значення частки обрамлення F_F на рівні 0,3 для віконних та дверних блоків та 0,2 для світлопрозорих фасадів будівлі.

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} , \quad (2.20)$$

де $R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c – площа проекції елемента, м²;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °С, для помірних широт приймають $\Delta\theta_{er} = 11$ К;

$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3$ – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м²·К);

ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають згідно з табл. 10 [8] або за довідковими даними залежно від її типу;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴) – стала Стефана–Больцмана;

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери.

При першому наближенні h_r приймають 5ε Вт/(м² К), що відповідає середній температурі 10 °С.

2.1.6 Динамічні параметри

Розрахункова формула коефіцієнта використання надходжень, $\eta_{H,gn}$, для потреб опалення, згідно з [8], може змінюватися в залежності від:

$$\text{Якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad (2.21)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H = 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (2.22)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0: \quad \eta_{H,gn} = 1/\gamma_H \quad (2.23)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0: \quad \eta_{H,gn} = 1 \quad (2.24)$$

де $\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$ – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт год;

$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$ – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі τ_H .

$a_{H,0} = 1,0$ – довідковий безрозмірний числовий параметр;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

Аналогічно для режиму охолодження:

$$\text{Якщо } \gamma_C > 0 \text{ та } \gamma_C \neq 1 \text{ та } Q_{C,ht} > 0: \quad \eta_{C,Is} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}} \quad (2.25)$$

$$\text{Якщо } \gamma_C > 0 \text{ та } \gamma_C \neq 1 \text{ та } Q_{C,ht} \leq 0: \quad \eta_{C,Is} = 1 \quad (2.26)$$

$$\text{Якщо } \gamma_C = 1: \quad \eta_{C,Is} = \frac{a_C}{a_C+1} \quad (2.27)$$

$$\text{Якщо } \gamma_C < 0: \quad \eta_{C,Is} = 1 \quad (2.28)$$

де $\gamma_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}}$ – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму

охолодження;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження для режиму охолодження, Вт год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача для режиму охолодження, Вт год.

Часова константа зони будівлі τ , год, для періоду опалення, розраховується за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (2.29)$$

де $C_m = C \cdot A_f$ – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт год/К;

C – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К), приймають згідно з табл. 15 [8];

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

$H_{ve,extra,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції від нічного та/або природного охолодження, Вт/К.

2.2 Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

Відповідно до положень [7], питоме енергоспоживання при опаленні $EP_{H,use}$, кВт·год/м², для житлових будівель розраховується за формулою:

$$EP_{H,use} = Q_{H,use}/A_f, \quad (2.30)$$

де $Q_{H,use}$ – річне енергоспоживання будівлі на опалення, кВт·год.

$$Q_{H,use} = E Q_{H,gen,out,t} + E Q_{H,gen,Is,i} \quad (2.31)$$

де $Q_{H,gen,out,t}$ – енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж певного місяця, кВт·год;

$Q_{H,gen,Is,i}$ – загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж певного місяця, кВт·год.

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж певного місяця $Q_{H,gen,out,t}$, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,out,t} = Q_{H,dis,in,i} \quad (2.32)$$

де $Q_{H,dis,in,i}$ – енергія входу в підсистему розподілення упродовж певного місяця, кВт·год.

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж певного місяця $Q_{H,gen,Is,i}$, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,gen,Is,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen})/\eta_{H,gen} \quad (2.33)$$

де $\eta_{H,gen}$ – показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти, наведених у додатку 1 до [7].

Енергія входу в підсистему розподілення упродовж певного місяця $Q_{H,dis,in,i}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,Is,nrvd,i} + Q_{H,dis,out,i} \quad (2.34)$$

де $Q_{H,dis,Is,nrvd,i}$ – неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж певного місяця, кВт·год;

$Q_{H,dis,out,i}$ – енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж певного місяця, кВт·год.

Неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж певного місяця, $Q_{H,dis,is,nrvd,i}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,nrvd,i} = Q_{H,dis,is,nrbl,i} + (Q_{H,dis,is,rbl,i} - Q_{H,dis,is,rvd,i}) \quad (2.35)$$

де $Q_{H,dis,is,nrvd,i}$ – неутилізаційні тепловтрати, кВт·год;

$Q_{H,dis,is,nrbl,i}$ – утилізаційні тепловтрати, кВт·год;

$Q_{H,dis,is,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати, кВт·год;

Неутилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах. Утилізаційними вважають тепловтрати підсистем розподілення в усіх опалюваних об'ємах.

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж певного місяця, $Q_{H,dis,is,i}$, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,dis,is,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i} \quad (2.36)$$

де $\Psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го трубопроводу, кВт/(м·К),

визначається відповідно до типових значень лінійного коефіцієнта теплопередачі Ψ , Вт/(м·К), для нових та існуючих будівель, наведених у додатку 2 до [7];

$\theta_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні упродовж певного місяця, °С;

$\theta_{i,j}$ – температура оточуючого середовища упродовж певного місяця, °С;

L_j – довжина j -го трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$ – години опалення упродовж певного місяця, год.

Утилізовані тепловтрати, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,is,rvd,i} = Q_{H,dis,is,rvl,i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{H,gn,i} \quad (2.37)$$

де $\eta_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж певного місяця.

Енергія виходу з підсистеми розподілення упродовж певного місяця, $Q_{H,dis,out,i}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i} \quad (2.38)$$

де $Q_{H,em,in,i}$ – енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж певного місяця, кВт·год.

Енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж певного місяця $Q_{H,em,in,i}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,is,i} \quad (2.39)$$

де $Q_{H,em,out}$ – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за певний місяць, кВт·год;

$Q_{H,em,is,i}$ – загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення впродовж певного місяця, які вважаються 100 % придатними для утилізації, кВт·год.

Енергія виходу підсистеми тепловіддачі за певний місяць дорівнює енергопотребі, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd,i} \quad (2.40)$$

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць $Q_{H,em,is,i}$, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{H,em,is,i} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out} \quad (2.41)$$

де f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, що визначається відповідно до коефіцієнтів ефективності;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку;

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні розраховується за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})} \quad (2.42)$$

де η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем).

2.3 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

Відповідно до положень [7], питоме енергоспоживання при охолодженні $EP_{C,use}$, кВт·год/м³, для житлових будівель розраховується за формулою:

$$EP_{C,use} = Q_{C,use} / A_f \quad (2.43)$$

де $Q_{C,use}$ – річне енергоспоживання при охолодженні, кВт·год (див. 2.1.1).

Річне енергоспоживання при охолодженні $Q_{C,use}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,is} + Q_{C,gen,out} \quad (2.44)$$

де $Q_{C,gen,is}$ – загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год;

$Q_{C,gen,out}$ – енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт·год.

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання $Q_{C,gen,is}$, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{C,gen,is} = Q_{C,gen,out} \cdot (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen} \quad (2.45)$$

де $\eta_{C,gen}$ – показник ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, визначений відповідно до показників річної ефективності (SEER) окремих охолоджувальних машин. Обираємо у відповідності до додатку 4 до [7].

Загальна енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні $Q_{C,gen,out}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,oc} \quad (2.45)$$

де $\eta_{C,oc}$ – ефективність автоматичного управління/регулювання, залежно від класу ефективності системи. Типові значення наведено у розділі VI [7];

$Q_{C,dis,in}$ – енергія входу в підсистему розподілення, кВт·год.

Енергію входу, яка необхідна для підсистеми розподілення визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,in} = \frac{\sum_i Q_{C,dis,out,i}}{1000} + Q_{C,dis,is} \quad (2.47)$$

де $Q_{C,dis,out,i}$ – енергію виходу для підсистеми розподілення упродовж певного місяця, Вт·год, приймають рівною енергопотребі для охолодження у даному місяці $Q_{C,nd,i}$;

$Q_{C,dis,is}$ – річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодженого повітря, кВт·год.

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{C,dis,IS} = Q_{C,nd} \cdot \left((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d}) \right) \quad (2.48)$$

де $\eta_{C,ce}$ – ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження приймають згідно з показниками усереднених річних коефіцієнтів систем охолодження;

$\eta_{C,ce,sens}$ – ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження;

$\eta_{C,d}$ – ступінь утилізації підсистеми розподілення.

Типові значення цих коефіцієнтів наведені у додатку 5 до [7].

2.4 Визначення питомого енергоспоживання при ГВП

У відповідності до методики, що наведена у [7], питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води $EP_{DHW,use}$, кВт·год/м², для житлових будівель розраховується за формулою:

$$EP_{DHW,use} = Q_{DHW,use} / A_f \quad (2.49)$$

де $Q_{DHW,use}$ – річне енергоспоживання будівлею при постачанні гарячої води, кВт·год.

Річне енергоспоживання при постачанні гарячої води $Q_{DHW,use}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$Q_{DHW,use} = (Q_{DHW,nd} + Q_{W,dis} + Q_{W,dis,IS,colm} + Q_{W,em,l}) / \eta_{gen}, \quad (2.50)$$

де $Q_{DHW,nd}$ – енергопотреби гарячого водопостачання, кВт·год;

$Q_{W,dis}$ – річні тепловтрати підсистеми розподілення постачання гарячої води, кВт·год;

$Q_{W,dis,IS,colm}$ – річні тепловтрати циркуляційного контуру постачання гарячої води, кВт·год;

$Q_{W,em,l}$ – тепловтрати використаної води при водорозборі, кВт·год;

η_{gen} – ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти визначається згідно з додатком 1 до [7].

Енергопотреба для гарячого водопостачання $Q_{DHW,nd}$, кВт·год, розраховуються за формулою:

$$Q_{DHW,nd} = c_w \cdot V_w \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,O}) \cdot 0,278 \cdot 10^{-3} \quad (2.51)$$

де c_w – питома теплоємність води, кДж/кг·°С;

V_w – річний обсяг споживання води, кг;

$\theta_{W,del}$ – встановлена температура подачі гарячої води, °С;

$\theta_{W,O}$ – середня річна температура холодної води, яку приймають рівною 10 °С.

Річні тепловтрати в підсистемі розподілення ГВП, $Q_{W,dis,Is}$, кВт·год, необхідно розраховувати окремо для трубопроводів, що знаходяться в неопалюваних об'ємах та опалюваних об'ємах будівлі за формулою:

$$Q_{W,dis,Is} = \sum \Psi_{W,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot t_w / 1000 \quad (2.52)$$

де $\Psi_{W,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м К);

$L_{W,j}$ – довжина секції трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,j}$ – середня температура гарячої води у секції трубопроводу, °С;

$\theta_{amb,j}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу або температура опалюваного чи неопалюваного приміщення, °С;

t_w – період користування ГВП, год/рік.

Загальні річні тепловтрати циркуляційного контуру є сумою тепловтрат протягом періоду циркуляції та тепловтрат в періоди відсутності циркуляції, $Q_{W,dis,Is,colm}$, кВт год:

$$Q_{W,dis,Is,colm} = Q_{W,dis,Is,on} + Q_{W,dis,Is,off} \quad (2.53)$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції, $Q_{W,dis,Is,on}$, кВт год, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,Is,on} = \sum \Psi_{W,j} \cdot L_{W,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot t_{w,on} / 1000, \quad (2.54)$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів відсутності циркуляції, $Q_{W,dis,Is,off}$, кВт год, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,Is,off} = \sum \rho_w \cdot c_w \cdot V_{W,dis,j} \cdot (\theta_{W,dis,avg,j} - \theta_{amb,j}) \cdot n_{norm} / 1000, \quad (2.55)$$

де $t_{w,on}$ – період циркуляції, год/рік;

$\rho_w \cdot c_w$ – теплоємність води, приймають 1150 Вт год/(м³ К);

$V_{W,dis,j}$ – об'єм води, що міститься в секції трубопроводу, м³;

n_{norm} – кількість робочих циклів циркуляційного насоса протягом року.

Тепловтрати використаної води при водорозборі, $Q_{W,em,l}$, кВт год, за формулою:

$$Q_{W,em,l} = Q_W \cdot \eta_{eq}/100, \quad (2.56)$$

де Q_W – річні енергопотребы ГВП, кВт год;

η_{eq} – еквівалент збільшення, що враховує тепловтрати використаної води при водорозборі.

2.5 Визначення питомого енергоспоживання систем вентиляції

Відповідно до положень [7], питома енергоспоживання систем механічної вентиляції, $EP_{V,use}$, кВт·год/м², для житлових будівель розраховується за формулою:

$$EP_{V,use} = Q_{V,use}/A_f, \quad (2.57)$$

де $Q_{V,use}$ – річне енергоспоживання при вентиляції, кВт·год.

$$Q_{V,use} = P_{el} \cdot t_v, \quad (2.58)$$

де P_{el} – електрична потужність вентилятора, кВт;

t_v – час роботи системи вентиляції, год.

2.6 Визначення питомого енергоспоживання при освітленні

У відповідності до методики, що наведена у [7], питома енергоспоживання при освітленні $EP_{W,use}$, кВт·год/м², розраховується за формулою:

$$EP_{W,use} = W_{use}/A_f, \quad (2.59)$$

де W_{use} – річний обсяг енергоспоживання при освітленні кВт·год.

$$W_{use} = W_L + W_P \quad (2.60)$$

де W_L – енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт·год;

W_p – енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт·год.

2.7 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів

Відповідно до положень [7], первинна енергія E_p , кВт·год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою:

$$E_p = \sum(E_{del,i} \cdot f_{p,del}) \quad (2.61)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія, кВт·год;

$f_{p,del}$ – фактор первинної енергії для i -го поставленого енергоносія. Визначаємо у відповідності до додатку 10 [7].

Поставлена енергія $E_{del,i}$, кВт·год, розраховується за формулою:

$$E_{del,i} = Q_{H,use} + Q_{C,use} + EP_{W,use} \quad (2.62)$$

Питомий показник споживання первинної енергії e_p , кВт·год/м², розраховується за формулою:

$$e_p = E_p/A_f \quad (2.63)$$

Маса викидів парникових газів m_{CO_2} , кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою:

$$m_{CO_2} = \sum(E_{del,i} \cdot K_{del,i})/1000 \quad (2.64)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія i -го енергоносія, кВт·год. Визначаємо у відповідності до додатку 10 [7];

$K_{del,i}$ – коефіцієнт викидів CO₂ для поставленого i -го енергоносія, г/кВт·год.

Питомий показник викидів парникових газів M_{CO_2} , кг/м², розраховується за формулою:

$$M_{CO_2} = m_{CO_2}/A_f \quad (2.65)$$

2.8 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності будівель визначається за показником загального питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води EP , кВт·год/м²:

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use} \quad (2.66)$$

Класифікація житлових будівель за енергетичною ефективністю наведена у табл.2.1 та додаткові 11 до [7].

Таблиця 2.1 – Класифікація житлових будівель за енергетичною ефективністю

Кількість поверхів	Значення загальних показів питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та ГВП, кВт·год/м ²						
	A	B	C	D	E	F	G
1–3	<66	<119	<132	<165	<198	≤231	>231
4 і більше	<44	<79	<87	<109	<131	≤153	>153

2.9 Висновки до розділу

Нормативні документи [7-9], мають чітко прописаний алгоритм дій та порядок розрахунку показників енергетичної ефективності будівлі. Методика, що запропонована у [7] дозволяє врахувати достатньо велику кількість факторів впливу на ефективність роботи систем енергозабезпечення будівлі та вміщує в себе достатньо велику статистичну базу даних, що в результаті дозволяє отримувати достатньо точні результати.

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГУРТОЖИТКУ №1 СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

3.1 Опис об'єкту обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є гуртожиток №1 Сумського державного університету, який розташований за адресою: м. Суми, вул. Миру, 25.

Гуртожиток №1 являє собою 5-поверхову будівлю простої геометричної форми. Основні технічні характеристики такі:

Рік побудови	1971р.
Загальна площа	4 995 м ²
Кондиціонована площа	4 034 м ²
Кондиціонований об'єм	10 497 м ³
Висота будівлі	14,41 м
Ширина будівлі	14,77 м
Довжина будівлі	54,62 м

Гуртожиток №1 відноситься до класу житлових споруд та має цілодобовий графік використання. У будівлі проживають студенти, аспіранти та викладачі СумДУ. Кількість мешканців, що передбачена проектом будівлі становить 363 чоловіки.

Будівля має холодне горище та технічний (неопалювальний) підвал. Зовнішні стіни виконані із цегли поштукатурені з обох боків та частково утеплені. Головний фасад зорієнтований на південь.

Усі вікна будівлі можна умовно поділити на 2 типи:

1. Віконні рами з ПВХ профілю 2-камерним склопакетом типу 4M₁-10-4M₁-10-K. Габаритні розміри віконної рами (1,65 х 2,10)м, загальна кількість вікон – 32 шт. та 38 віконних рам розміром (1,70х1,20)м.
2. Дерев'яні віконні рами з потрійним склінням 4M₁-10-4M₁-10-M₁. Габаритні розміри віконної рами (1,65 х 2,10)м, загальна кількість вікон – 121 шт. та 2 віконні рами розміром (1,70х1,20)м.

Вхідні двері головного входу металеві з ізоляційним наповнювачем. Габаритні розміри – (2,10x1,60)м. Окрім цього у будівлі передбачено 4 запасних виходи, які являють собою дерев'яні двері розміром (2,00x0,80)м.

Конструктивне вирішення огорожуючих конструкцій обстежуваної будівлі наведено у табл.3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристика огорожуючих конструкцій обстежуваного об'єкта

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Площа огорожуючих конструкцій, м ²	Коефіцієнт термічного опору, м ² ·К/Вт	
			Розрахункове значення	Мінімально допустиме значення
1	Зовнішні стіни: Без утеплення З утепленням	1 107 276	0,86	3,30
			2,29	
2	Перекрыття холодного горища	807	0,91	4,95
3	Перекрыття неопалюваного підвалу	807	2,17	3,75
4	Вікна: 1 типу 2 типу	188 423	0,59	0,75
			0,19	
5	Вхідні двері: 1 типу 2 типу	6,4 3,4	0,18	0,60
			0,89	

Таблиця 3.2 – Характеристика огорожувальних конструкцій відповідно до їх орієнтації у просторі

Найменування конструктивного елемента	Пн	Сх	Пд	Зх
Стіни	545	159	524	155
Вікна	236	58	260	58
Двері	6,4	0	3,4	0

3.2 Визначення питомої енергопотреби на опалення, охолодження, постачання гарячої води

Згідно з п. 6.2.2.2 [8], розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється, тому розрахунок проводиться однозонний.

Для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами, задана температура для режиму опалення прийнята згідно [10] та становить 20°C. Тривалість опалювального сезону становить 187 днів та становить 4488 год/рік (10.XI – 15.IV), згідно з [14].

Для цілей сертифікації енергоефективності згідно з нормативними вимогами, задана температура періоду охолодження складає 26°C та допускається приймати фіксовану тривалість періоду охолодження, коли температура зовнішнього повітря вище 21°C згідно додатком А до [8], та становить 829 год/рік.

3.2.1 Теплопередача трансмісією

Вихідні дані для розрахунку наведені у додатку Б та табл. 3.3.

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через стіни для режиму опалення, відповідно до (2.8), складає:

$$H_{tr,ст} = 1 \cdot 1107 \cdot 0,87 = 965 \text{ Вт/К.}$$

Тоді, коефіцієнт теплопередачі трансмісією через неопалювальне горище для періоду опалення:

$$H_{tr,стл} = 0,9 \cdot 807 \cdot 1,09 = 794 \text{ Вт/К.}$$

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через світлопрозорі елементи для режиму опалення:

$$H_{tr,вк} = 1 \cdot 612 \cdot 3,2 = 1957 \text{ Вт/К.}$$

Поправочного коефіцієнта для розрахунку коефіцієнта теплопередачі трансмісією через підлогу для періоду функціонування системи опалення обираємо відповідно до табл. 3 [8]. Тоді,

$$H_{tr,підл} = 0,3 \cdot 807 \cdot 0,46 = 111 \text{ Вт/К.}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через двері для опалювального сезону:

$$H_{tr,д} = 1 \cdot 10 \cdot 2,35 = 23 \text{ Вт/К.}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, для періоду опалення :

$$H_{tr,adj} = 965 + 794 + 1\,957 + 111 + 23 = 3\,850 \text{ Вт/К.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для періоду охолодження. Результати розрахунків наведено у табл. 3.3.

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт · год, розраховуємо для кожного місяця відповідно до (2.6). Вихідні дані для розрахунку наведені у Додатку А [2] та табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Характеристики теплопередачі трансмісією

Найменування огорожуючої конструкції	Площа, м ²	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	Поправочний коефіцієнт, <i>b</i>		Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією, H_x Вт/К	
			Для режиму опалення	Для режиму охолодження	Для режиму опалення	Для режиму охолодження
Стіни	1107	0,87	1	1	965	965
Підлога над технічним підвалом	807	0,46	0,3	0,3	111	111
Холодне горище	807	1,09	0,9	1	794	997
Вікна	612	3,20	1	1	1957	1957
Вхідні двері	10	2,35	1	1	23	23

Таблиця 3.4 – Сумарна теплопередача трансмісією

Місяць	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С	Час роботи системи опалення, год	Час роботи системи охолодження, год	Сумарна теплопередача трансмісією, Вт год	
				Для режиму опалення	Для режиму охолодження
Січень	-6,6	744	0	78244	0
Лютий	-5,8	672	0	68546	0
Березень	-0,8	744	0	61183	0
Квітень	8,1	360	0	16937	0
Травень	14,6	0	0	0	0
Червень	17,9	0	240	0	7686
Липень	19,5	0	310	0	7967
Серпень	18,4	0	279	0	8383
Вересень	13,0	0	0	0	0
Жовтень	6,7	504	0	26502	0
Листопад	0,4	720	0	55794	0
Грудень	-4,3	744	0	71478	0
Всього за рік	–	4488	829	378685	24036

3.2.2 Теплопередача вентиляцією

Відповідно до пункту В.2 [19], для житлових будівель III категорії, нора вентиляції на одну особу становить 4 л/с. Тоді, відповідно до (2.12), усереднена за часом витрату повітря, за рахунок роботи природної вентиляції становить:

$$q_{ve,k,mn} = 5\,227 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією як для режиму опалення, так і для режиму охолодження становить:

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot 5\,227 \cdot 1 = 1\,725 \text{ Вт/К.}$$

Помісячні значення теплопередачі за рахунок вентиляції для режиму опалення та охолодження розраховуємо за формулою (2.11). Результати розрахунку наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Сумарна теплопередача вентиляцією

Місяць	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С	Час роботи системи опалення, год	Час роботи системи охолодження, год	Сумарна теплопередача вентиляцією, Вт год	
				Для режиму опалення	Для режиму охолодження
Січень	-6,6	744	0	34138	0
Лютий	-5,8	672	0	29907	0
Березень	-0,8	744	0	26694	0
Квітень	8,1	360	0	7390	0
Травень	14,6	0	0	0	0
Червень	17,9	0	240	0	3353
Липень	19,5	0	310	0	3476
Серпень	18,4	0	279	0	3658
Вересень	13,0	0	0	0	0
Жовтень	6,7	504	0	11563	0
Листопад	0,4	720	0	24343	0
Грудень	-4,3	744	0	31186	0
Всього за рік	-	4488	829	165221	10487

Додаткова складова вентиляції за рахунок природного охолодження та нічної вентиляції протягом періоду охолодження, у зв'язку з відсутністю точних даних, не враховується.

Розподіл складових тепловтрат в залежності від режиму роботи систем енергозабезпечення будівлі наведено на рис. 3.1.

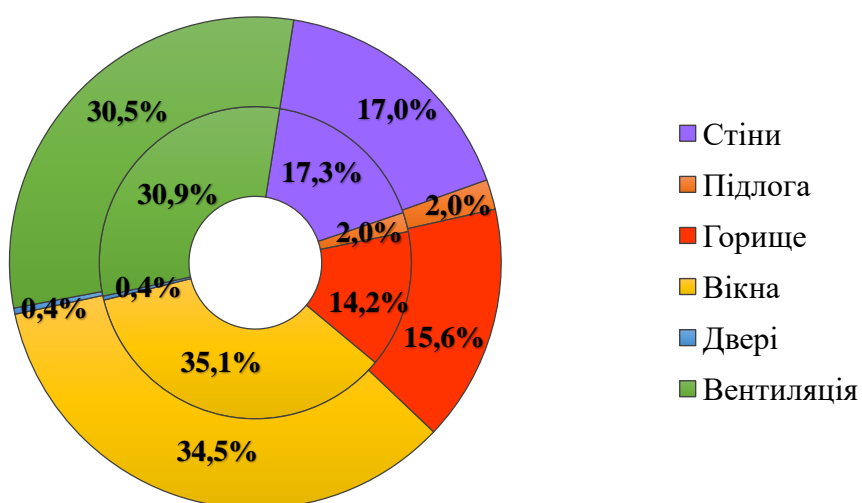


Рисунок 3.1 – Розподіл складових тепловтрат для режиму опалення та охолодження: зовнішній контур – тепловтрати для режиму опалення, внутрішній контур – тепловтрати для режиму охолодження

Оскільки гуртожиток №1 побудовано до 90-х років ХХ століття, то теплозахисні показники будівлі не відповідають сучасним нормативним вимогам. Саме цим можна пояснити значні втрати теплової енергії через огорожуючі конструкції будівлі та систему вентиляції.

Внутрішній контур відображає відсоткове значення складових тепловтрат у період роботи системи охолодження будівлі, зовнішній контур – для режиму опалення.

Судячи з рис.3.1, можна сказати, що в цілому розподіл складових тепловтрат для режиму опалення та охолодження практично не відрізняється, відмінність помітна лише у значеннях тепловтрат через підлогу та горище. Також, проведений аналіз показує, що найбільша кількість теплової енергії втрачається через віконні отвори ($\approx 35\%$) та систему природньої вентиляції будівлі ($\approx 31\%$). Порівняно не великий відсоток тепловтрат через вхідні двері будівлі ($0,4\%$) можна пояснити відносно малою площею проекції даного конструктивного елемента у порівнянні з іншими.

3.2.3 Внутрішні теплові надходження

Відповідно до даних, що наведені у табл. 6 [8], загальний тепловий потік від внутрішніх джерел надходжень становить $5,8 \text{ Вт/м}^2$, а саме: метаболічна теплота – $1,8 \text{ Вт/м}^2$, від освітлення – $2,0 \text{ Вт/м}^2$ та від обладнання – $2,0 \text{ Вт/м}^2$. Графік використання надходжень становить 112 год/тиждень.

Тоді, загальна величина теплових надходжень від внутрішніх джерел теплоти (2.13) для режиму опалення (січень) становить:

$$Q_{int} = 5,8 \cdot 0,67 \cdot 4034 \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 11\,605 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Результати розрахунку для решти місяців наведені у табл. 3.6.

3.2.4 Сонячні теплові надходження

Характеристика огорожуючих конструкцій, через які до будівлі надходять сонячні теплонадходження наведена у табл. 3.2. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А [8].

При розрахунках еквівалентної площі інсоляції використовуємо наступні дані:

— коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії (табл. 8 до [8]):

$$g_n = 0,617 \text{ – узагальнене значення для всіх вікон будівлі;}$$

— загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії:

$$g_{gl} = 0,9 \cdot 0,617 = 0,56; \quad g_{gl+sh} = 0,56 \cdot 0,77 = 0,43.$$

— коефіцієнти використання рухомого затінення, $f_{sh,with}$, визначаємо згідно до табл. 11 [8];

Тоді, згідно з (2.18), понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення для Січня становить:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - 0) \cdot 0,56 + 0 \cdot 0,43]}{0,56} = 1,0.$$

Частка площі обрамлення $F_F = 0,3$.

Тоді, згідно з (2.16), еквівалентна площа інсоляції закслених елементів із північного боку для січня дорівнює:

$$A_{sol,вк,Пн} = 1 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,3) \cdot 235,6 = 91,6 \text{ м}^2$$

Аналогічно проводимо розрахунки для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.6.

— коефіцієнти поглинання сонячної радіації, $\alpha_{S,c}$, та коефіцієнти теплового випромінювання зовнішньою поверхнею, ε , (табл. 10 [8]):

Для кремової штукатурки $\alpha_{S,c} = 0,4$, $\varepsilon = 0,93$;

Для листової сталі пофарбована темно-червоною фарбою $\alpha_{S,c} = 0,8$, $\varepsilon = 0,9$;

Для листової сталі пофарбованої бежевою фарбою $\alpha_{S,c} = 0,63$, $\varepsilon = 0,9$.

Тоді, відповідно до (2.17), еквівалентна площа інсоляції зовнішніх стін будівлі для північної сторони складає:

$$A_{sol,ct,Пн} = (0,40 \cdot 0,8 + 0,63 \cdot 0,2) \cdot 0,043 \cdot 0,87 \cdot 543,5 = 9,09 \text{ м}^2.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Оскільки суміжне перекриття будівлі захищене від впливу сонячного випромінювання, горизонтальну складову не враховуємо. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.7.

— понижувальний коефіцієнт затінення, $F_{sh,O}$, визначаємо за допомогою табл. 12, 13, 14–1 та 14–2, що наведені у [8]:

$$F_{sh,O,Пн} = 0,8; \quad F_{sh,O,Cx} = 0; \quad F_{sh,O,Пд} = 0,96; \quad F_{sh,O,3x} = 0.$$

Тоді, додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу Φ_r , Вт:

$$\Phi_{r,Пн} = 0,43 \cdot 0,87 \cdot 543,5 \cdot 5 \cdot (0,90 \cdot 0,8 + 0,93 \cdot 0,2) \cdot 11 = 215 \text{ Вт}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.7.

Таблиця 3.6 – Сумарні теплонадходження

Місяць	Час роботи системи опалення, год	Час роботи системи охолодження, год	Внутрішні теплонадходження, кВт·год		Сонячні теплонадходження, кВт·год	
			Для режиму опалення	Для режиму охолодж.	Для режиму опалення	Для режиму охолодж.
Січень	744	0	11605	0	4781	0
Лютий	672	0	10482	0	7273	0
Березень	744	0	11605	0	11594	0
Квітень	360	0	5615	0	6083	0
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	240	0	3744	0	4684
Липень	0	310	0	4835	0	5988
Серпень	0	279	0	4352	0	5061
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	504	0	7861	0	5651	0
Листопад	720	0	11231	0	3813	0
Грудень	744	0	11605	0	3533	0
Всього за рік	4488	829	70004	12931	42727	15732

Відповідно до (2.15), сонячні теплонадходження через північний фасад для січня, складають:

$$\Phi_{sol,Пн,січ} = 0,8 \cdot (91,6 + 9,06) \cdot 12 - 0,5 \cdot 215 = 859 \text{ Вт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків та місяців року.

Результати розрахунку для наведені у таблицях 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні складові сонячних теплонадходжень

Місяць п/п	Еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів будівлі, м ²				Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі, м ²				Додатковий тепловий потік в атмосферу, Вт				Тепловий потік за рахунок сонячного випромінювання, кВт год			
	Пн	Сх	Пд	Зх	Пн	Сх	Пд	Зх	Пн	Сх	Пд	Зх	Пн	Сх	Пд	Зх
1													859	314	4739	515
2													1664	844	7373	942
3	91,6												2550	1349	10112	1572
4		22,6											3033	1854	10112	1899
5			101,0										4322	2485	10639	2503
6		89,7			9,09								4950	2650	9528	2390
7		89,9				2,65							4565	2621	9700	2430
8	90,7						8,74						3247	2243	10598	2053
9		22,2						2,58					2147	1677	11481	1723
10	91,6								215				1262	819	8215	917
11		22,6								331			617	264	4001	414
12			101,0								215		3685	3685	11481	1723
		22,6										28	338	338	414	414

Величину сонячних теплонадходжень розраховуємо за формулою (2.14).

Результати розрахунку наведені у табл. 3.6.

3.2.5 Енергопотреба на опалення та охолодження

Розрахунок сумарної теплопередачі, Q_{ht} , Вт·год, та теплонадходжень, Q_{gn} , Вт·год, розраховуємо за формулами (2.4) та (2.5), відповідно. Результати розрахунку неведені у табл. 3.8 та 3.9.

Будівля обстежуваного об'єкту відноситься до класу «масивних» забудов – виконана із цегляної кладки у дві цеглини із залізобетонним перекриттям, тоді, згідно з таблицею 15 [2], питома внутрішня теплоємність будівлі $C = 80$ Вт·год/(м²·К). Отже, внутрішня теплоємність будівлі:

$$C_m = 80 \cdot 4034 = 322\,720 \text{ Вт} \cdot \text{год}/\text{К}.$$

Часова константа будівлі:

— для періоду опалення становить:

$$\tau = \frac{322\,720}{3850 + 1725} = 58 \text{ год},$$

— для періоду охолодження:

$$\tau = \frac{322\,720}{3850 + 1725 + 0} = 57 \text{ год}.$$

Тоді,

$$a_H = 1 + \frac{58}{15} = 4,86,$$

$$a_C = 1 + \frac{57}{15} = 4,80.$$

Коефіцієнти використання надходження розраховуємо за формулами (2.21) – для періоду опалення та (2.25) – для режиму охолодження.

Для наочності корисно подавати отримані результати у вигляді стовпчикових діаграм (див. рис. 3.2 – 3.3).

Таблиця 3.8 – Розрахунок енергопотреби на опалення

Місяць	Сумарна теплопередача, кВт·год	Сумарні теплонадходж, кВт·год	γ_H	Коефіцієнт використання надходжень	Енергопотреба, кВт·год
Січень	110338	16386	0,1	1,00	93954
Лютий	96663	17755	0,2	1,00	78912
Березень	86280	23199	0,3	1,00	63110
Квітень	23885	11699	0,5	0,98	6188
Травень	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0
Жовтень	37373	13513	0,4	1,00	16205
Листопад	78679	15044	0,2	1,00	63640
Грудень	100798	15138	0,2	1,00	85662
Всього за рік					417 112

Таблиця 3.9 – Розрахунок енергопотреби на охолодження

Місяць	Сумарна теплопередача, кВт·год	Сумарні теплонадходж, кВт·год	γ_C	Коефіцієнт використання надходжень	Енергопотреба, кВт·год
Січень	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0
Травень	0	0	0	0	0
Червень	10838	8428	0,8	0,71	730
Липень	11234	10823	0,96	0,81	1703
Серпень	11822	9413	0,8	0,72	877
Вересень	0	0	0	0	0
Жовтень	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0
Всього за рік					3 209

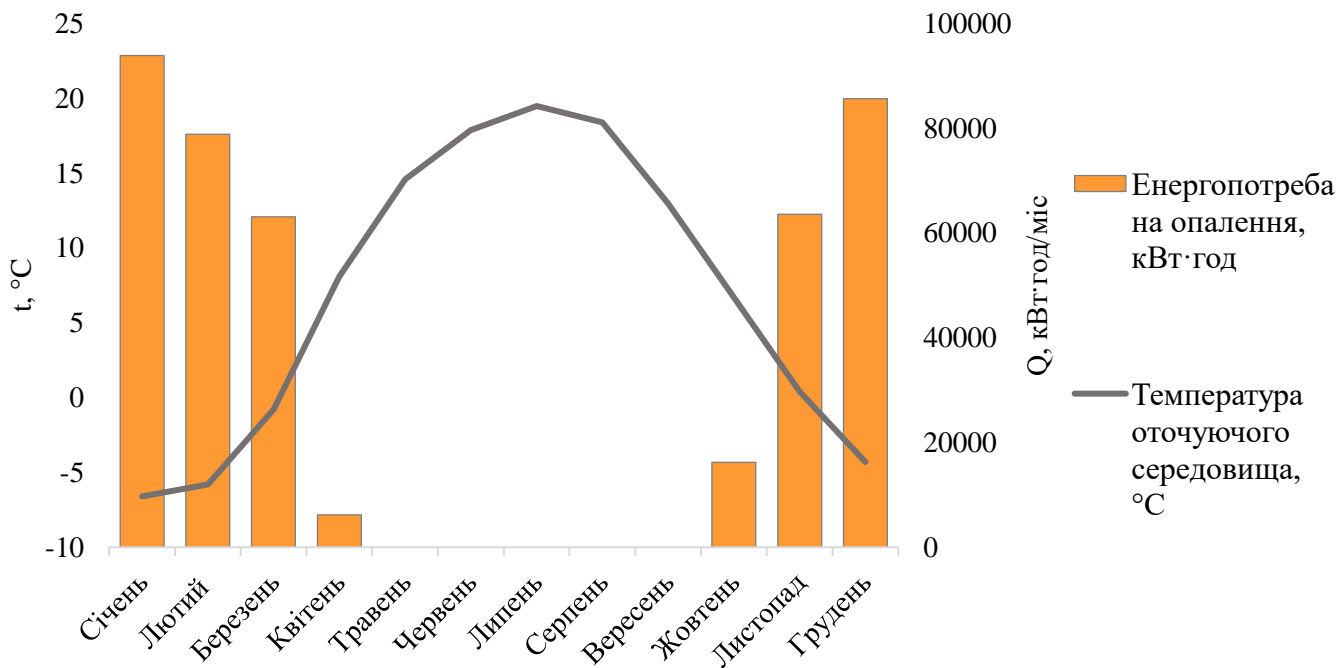


Рисунок 3.2 – Помісячні значення енергопотреби для роботи системи опалення обстежуваного об'єкту

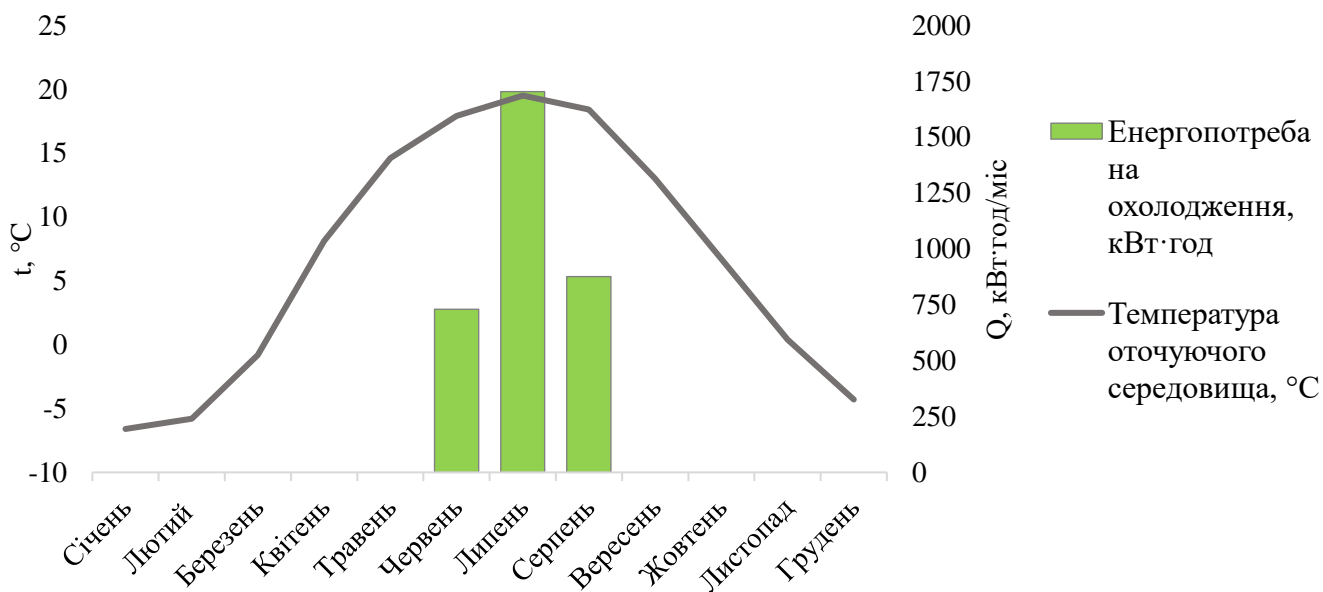


Рисунок 3.4 – Помісячні значення енергопотреби для роботи системи охолодження обстежуваного об'єкту

Як бачимо з рис. 3.3 та 3.4, енергопотреба в тепловій енергії та енергії на охолодження в повній мірі відповідає профілю температури зовнішнього повітря.

3.3 Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

3.3.1 Характеристика системи опалення

Теплозабезпечення гуртожитку №1 СумДУ здійснюється централізованою системою теплопостачання, підведення комунікацій здійснюється у тепловому пункті, який знаходиться у підвальному приміщенні будівлі.

Система опалення однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Гідравлічна система залежна, нерегульована. Трубопроводи виконані переважно із сталі та частково утеплені в неопалювальних приміщеннях будинку. Радіатори переважно чавунні, встановлені біля зовнішніх стін будівлі під віконними отворами.

У будівлі існує окремий прилад обліку обсягів споживання теплової енергії, що витрачається на забезпечення системи опалення та ГВП, оскільки у тепловому пункті встановлений окремий теплообмінний апарат (бойлер). Цей фактор ускладнює визначення дійсних обсягів споживання теплової енергії, що витрачається на забезпечення роботи системи теплопостачання будівлі.

За даними журналу обліку споживання теплової енергії, річне енергоспоживання будівлею для забезпечення потреб опалення становить 320 455 кВт·год, тобто 79 кВт·год/м².

3.3.2 Енергоспоживання при опаленні

Для проведення розрахунку питомого енергоспоживання при опаленні використовуємо наступні дані:

1. Довжина трубопроводів для однотрубною системи опалення визначається відповідно до додатку А [20] за спрощеною методикою:

— розподільні, які знаходяться в некондиціонованому об'ємі:

$$L_V = 2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_W + 6,$$

де L_L, L_W – довжина та ширина будівлі відповідно, м;

$$L_V = 2 \cdot 54,62 + 0,0325 \cdot 54,62 \cdot 11,77 + 6 = 141 \text{ м};$$

— стояки:

$$L_S = 0,025 \cdot L_L \cdot L_W \cdot L_H + 2 \cdot (L_L + L_W) \cdot H_{lev},$$

де L_H – висота будівлі, м;

H_{lev} – кількість поверхів;

$$L_S = 0,025 \cdot 54,62 \cdot 11,77 \cdot 14,41 + 2 \cdot (54,62 + 11,77) \cdot 5 = 985 \text{ м};$$

— горизонтальні вітки:

$$L_A = 0,1 \cdot L_L \cdot L_W \cdot H_{lev},$$

$$L_A = 0,1 \cdot 54,62 \cdot 11,77 \cdot 5 = 403 \text{ м}.$$

2. Запірно–регулювальна арматура, що використовується, теплоізольована, відповідно, згідно з 15.5.2.3.1 [8]. Додаткові тепловтрати, пов'язані із засобами кріплення при розрахунку тепловтрат, не враховані.
3. Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів (табл.24 [8]):
 $\Psi_{L,V} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \Psi_{L,S} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \Psi_{L,A} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$
4. Температуру теплоносія визначаємо відповідно до температурного графіка теплових мереж Сумської ТЕЦ 110–70 °С на опалювальний сезон.
5. Температура середовища навколо розподільчих трубопроводів – 13°C.
6. Радіатори встановлені на зовнішніх стінах. Можливість регулювання температури повітря всередині приміщення відсутня. Тоді, відповідно до табл. 17 [8], маємо наступні показники – $\eta_{ctr} = 0,96, \eta_{str} = 0,94, \eta_{emb} = 1.$
7. Гідравлічна система не налагоджена – $f_{hydr} = 1,09.$ Коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку, приймають $f_{rad} = 1.$ У будівлі використовується постійний тепловий режим – $f_{im} = 1.$

Тоді, загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи, відповідно до (2.42) становить:

$$\eta_{em} = \frac{1}{4 - (0,94 + 0,96 + 1)} = 0,83.$$

Згідно з (2.36), величина неутилізаційних тепловтрат підсистем розподілення, що знаходяться в усіх неопалювальних об'ємах для січня становить:

$$Q_{H,dis,is,nrbl,Ciч} = 0,4 \cdot 141 \cdot (76,2 - 13) \cdot 744 \cdot 10^{-3} = 2\,661 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Аналогічно розраховуємо для опалювальних об'ємів:

$$\begin{aligned} Q_{H,dis,is,rbl,Ciч} &= (0,4 \cdot 985 + 0,4 \cdot 403) \cdot (76,2 - 20) \cdot 744 \cdot 10^{-3} = \\ &= 23\,213 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \end{aligned}$$

Утилізовані тепловтрати, розраховується за формулою (2.37):

$$Q_{H,dis,is,rvd,Ciч} = 23\,213 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 20\,890 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тоді, неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж січня становлять:

$$Q_{H,dis,is,nrvd,Ciч} = 2\,661 + (23\,213 - 20\,890) = 4\,984 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за січень, розраховуємо за формулою (2.41):

$$Q_{H,em,is,Ciч} = \left(\frac{1,09 \cdot 1 \cdot 1}{0,83} - 1 \right) \cdot 93\,954 = 28\,938 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Енергію входу, необхідну для підсистеми тепловіддачі впродовж Січня, розраховується за формулою:

$$Q_{H,em,in,Ciч} = 93\,954 + 28\,938 = 122\,891 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тоді, енергія входу в підсистему розподілення для Січня становить:

$$Q_{H,dis,in,Ciч} = 4\,984 + 122\,891 = 127\,875 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

8. Показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти становить $\eta_{H,gen} = 0,86$.

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж Січня:

$$Q_{H,gen,Is,Ciч} = 127\,875 \cdot \frac{(1 - 0,86)}{0,86} = 20\,817 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тоді, енергоспоживання будівлі на потреби опалення для Січня, становить:

$$Q_{H,use,Ciч} = 127\,875 + 20\,817 = 148\,692 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

А питоме значення становить:

$$EP_{H,use,Ciч} = \frac{148\,692}{4034} = 37 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти місяців року. Результати розрахунку наведені у табл. 3.10.

Таким чином, річне енергоспоживання будівлі на опалення становить $Q_{H,use} = 645\,115$ кВт·год, а питомий показник енергоспоживання при опаленні становить $EP_{H,use} = 160$ кВт·год/м².

Як бачимо, розрахункове значення дещо відрізняється від дійсних обсягів споживання: 160 кВт·год/м² > 79 кВт·год/м². Це можна пояснити рядом факторів:

- невідповідність дійсної температури в середині приміщення (18°C) до заданої, що була прийнята згідно з нормативними значеннями (20°C).
- невідповідність реальної тривалості опалювального періоду до тієї, що була прийнята при розрахунках.
- певна невідповідність зовнішніх погодних умов та встановлених температурних графіків, за якими працюють надавачі послуг із забезпечення тепловою енергією.

Для наглядності, корисно подавати результати розрахунку у вигляді діаграм. (див. рис. 3.5).

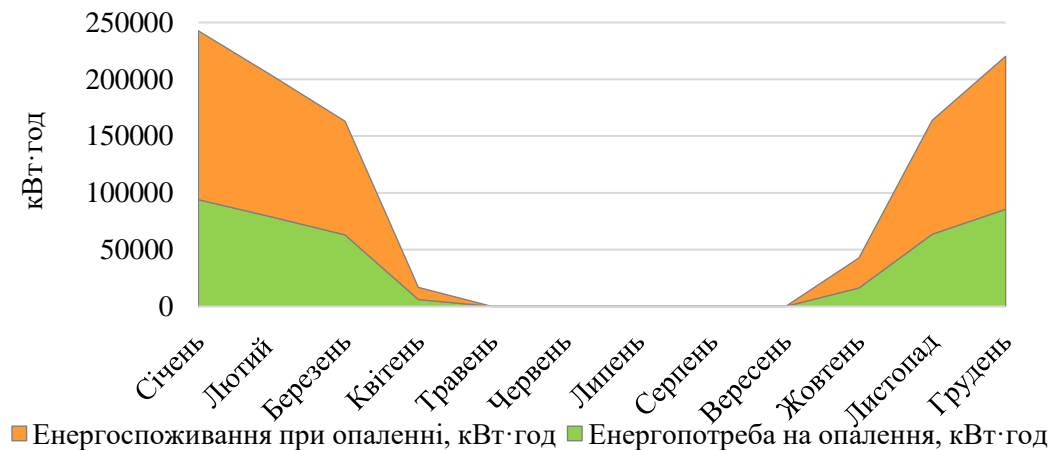


Рисунок 3.5 – Енергетичні характеристики роботи системи опалення обстежуваного об'єкту

Так, з рисунку 3.5, можна помітити наступне – розрахункове значення енергоспоживання для об'єкту в декілька разів перевищує отримане у попередньому розділі значення енергопотреби, що є наслідком морального та фізичного зношення системи тепlopостачання та призводить до значних втрати теплової енергії.

Таблиця 3.10 – Розрахунок енергоспоживання при опаленні

Місяць п/п	$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd,i}$ кВт · год	$\eta_{H,gn,i}$	$\theta_{m,i}, ^\circ\text{C}$	$Q_{H,dis,is,nrb,i,i}$ кВт · год	$Q_{H,dis,is,rb,i,i}$ кВт · год	$Q_{H,dis,is,rvd,i,i}$ кВт · год	$Q_{H,dis,is,nrvd,i,i}$ кВт · год	$Q_{H,em,is,i}$ кВт · год	$Q_{H,dis,out,i} = Q_{H,em,in,i}$ кВт · год	$Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i}$ кВт · год	$Q_{H,gen,Is,i}$ кВт · год	$Q_{H,use,i}$ кВт · год	$EP_{H,use}$ кВт · год/м ²
1	93954	1,00	76,2	2661	23213	20890	4984	28938	122891	20817	20817	148692	37
2	78912	1,00	74,2	2327	14344	12906	3764	24305	103216	17415	17415	124396	31
3	63110	1,00	64,6	2172	13068	11746	3494	19438	82547	14007	14007	100048	25
4	6188	0,98	45,0	652	3544	3138	1058	1906	8093	1490	1490	10641	3
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	16205	1,00	46,6	958	5280	4730	1508	4991	21196	3696	3696	26400	7
11	63640	1,00	59,2	1882	11115	10001	2996	19601	83240	14039	14039	100275	25
12	85662	1,00	68,6	2341	14240	12815	3766	26384	112045	18853	18853	134664	33

3.3.3 Додаткове споживання при опаленні

Додаткова енергія в підсистемі розподілення теплової енергії використовується на функціонування циркуляційних насосів. Для коректної роботи

системи циркулювання теплоносія на 4034 м² кондиціонованої площі будівлі, до системи має бути підключено 5 насосів. Тоді, користуючись даними табл. 26 [8], маємо наступне значення річної потреби у додатковій енергії:

$$W_{H,dis,aux,an} = 472 \cdot 5 \cdot \frac{4488}{5000} = 2117 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

де 4488 год – тривалість опалювального сезону для м.Суми.

3.4 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

3.4.1 Енергоспоживання при охолодженні

Проектом будівлі не передбачене використання системи охолодження, тому розрахунок проводиться на основі статистичних даних, з урахуванням конкретних особливостей даного об'єкту.

Для питомих показників системи повітряного охолодження було обрано установку з наступними параметрами:

- ступінь утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження, $\eta_{c,ce} = 1$;
ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження, $\eta_{c,ce,sens} = 1$; ступінь утилізації підсистеми розподілення, $\eta_{c,d} = 1$.
- ефективність автоматичного управління/регулювання, $\eta_{c,oc} = 0,99$.
- показник ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, $\eta_{c,gen} = 2,25 \cdot 0,18 = 0,4$ – відповідно до табл.31 [8] (за умови, що система охолодження живиться від нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії).

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження для червня, визначають за формулою (2.48):

$$Q_{C,dis,is} = 708 \cdot ((1 - 1) + (1 - 1) + (1 - 1)) = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Енергію входу, яка необхідна для підсистеми розподілення визначають за формулою (2.47):

$$Q_{C,dis,in} = 730 + 0 = 730 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальна енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання при охолодженні для червня, розраховується за формулою:

$$Q_{C,gen,out} = \frac{730}{0,99} = 738 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, розраховуються за формулою (2.45):

$$Q_{C,gen,is} = 738 \cdot \frac{1 - 0,4}{0,4} = 1084 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тоді, енергоспоживання при охолодженні для Червня становить:

$$Q_{C,use} = 1084 + 738 = 1822 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

А питоме енергоспоживання для цього ж місяця становить:

$$EP_{C,use} = \frac{1822}{4034} = 0,45 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для решти місяців. Результати заносимо до табл. 3.11. Таким чином, річне енергоспоживання будівлі на охолодження становить $Q_{C,use} = 8\,223 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, а питомий показник енергоспоживання при охолодженні становить $EP_{H,use} = 2,04 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$.

Таблиця 3.11 – Розрахунок енергоспоживання при охолодженні

Місяць п/п	$Q_{C,nd}$ = $Q_{C,dis,out}$, кВт · год	$Q_{C,dis,in}$, кВт · год	$Q_{C,gen,out}$, кВт · год	$Q_{C,gen,is}$, кВт · год	$Q_{C,use}$, кВт · год	$EP_{C,use}$, кВт · год/м ²
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	730	730	738	1084	1822	0,45
7	1703	1703	1721	2528	4249	1,05
8	877	877	885	1301	2186	0,54
9	0	0	0	0	0	0,0
10	0	0	0	0	0	0,0
11	0	0	0	0	0	0,0
12	0	0	0	0	0	0,0
Всього за рік	3310	3310	3344	4912	8223	2,04

Для зручності аналізу отриманих значень доцільно результати розрахунку подавати у вигляді діаграм або графіків. Так, з рисунку 3.6, можна помітити наступне, розрахункові значення енергоспоживання для об'єкту майже у два рази перевищують отримані у попередньому розділі значення енергопотреби, що може свідчити про рівень ефективності системи виробництва та розподілення енергії.

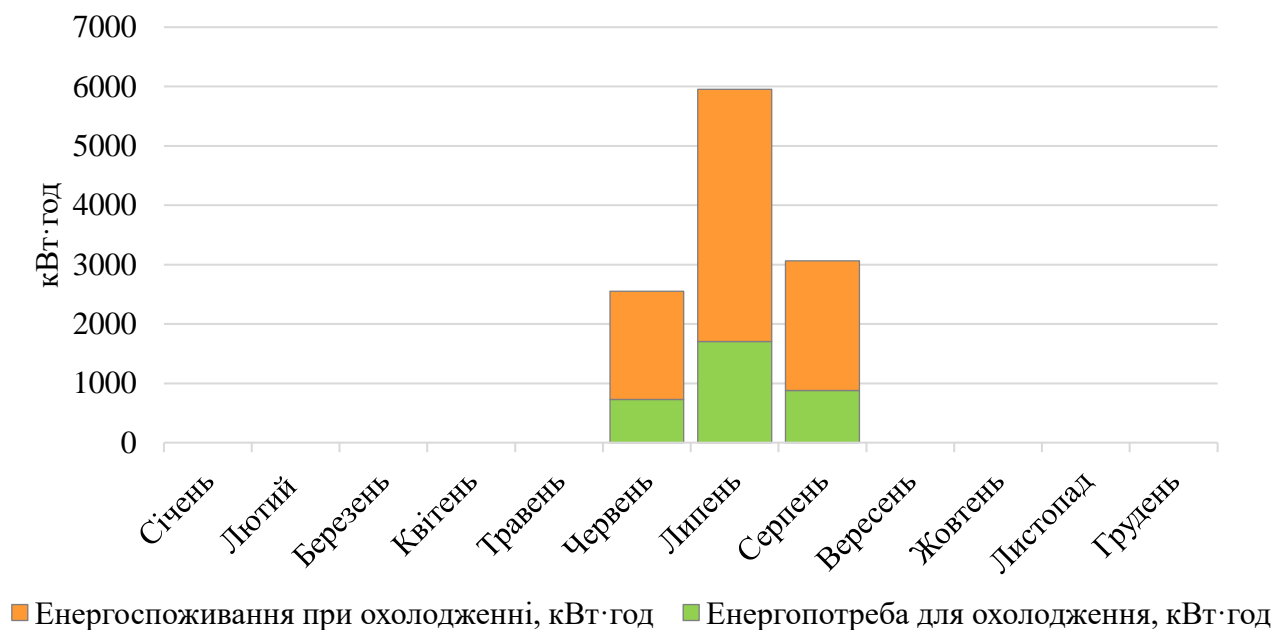


Рисунок 3.6 – Енергетичні характеристики роботи системи охолодження обстежуваного об'єкту

3.4.2 Додаткове енергоспоживання при охолодженні

Додаткова енергія в підсистемі тепловіддачі/виділення витрачається на забезпечення роботи приладів охолодження. Оскільки проектом даного будинку не передбачене влаштування системи охолодження, то розрахунок додаткової енергії проводиться для вентиляторних конвекторів (доводчиків). Стандартне значення питомої потреби для таких вентиляторів становить $f_{c,em,aux} = 0,08$ кВт · год/кВт · год (табл. 29 [8]). Тоді, відповідно до п.15.10.1.2 [8], додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення:

$$W_{C,em,aux,an} = 0,08 \cdot 3344 \cdot \frac{829}{1000} = 222 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

де 3344 – загальна енергія виходу з підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, $Q_{C,gen,out}$, кВт · год;

829 год – тривалість сезону охолодження для м. Суми.

А, додаткова енергія для підсистем розподілення (п.15.10.2.2 [8]):

$$W_{C,dis,aux,an} = (0,78 \cdot 4034 - 19) \cdot 829/1000 = 519 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Тоді, маємо наступне значення річної потреби у додатковій енергії:

$$W_{C,aux,an} = 222 + 519 = 740 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

3.5 Визначення питомого енергоспоживання при ГВП

3.5.1 Характеристика системи постачання гарячої води

Гаряче водопостачання будівлі здійснюється за рахунок відбору теплоти від централізованої системи тепlopостачання. Для цього у підвальному приміщенні будівлі встановлено теплообмінний апарат (бойлер), де в результаті теплообміну між гарячим теплоносієм та холодною водою отримують гарячу воду. Окремий облік гарячої води не ведеться.

Розподільчі трубопроводи переважно сталеві, частково ізольовані у місцях проходження комунікацій у неопалювальних приміщеннях.

Оскільки у будівлі не передбачено окремого лічильника для обліку теплової енергії, що відбирається системою ГВП, то орієнтовний обсяг річного енергоспоживання будівлею для забезпечення потреб ГВП розраховуємо як осереднене значення за останні 3 роки для тих місяців, коли система опалення у будівлі не функціонує (травень та вересень). Тоді, показник середньозваженого річного енергоспоживання для забезпечення потреб ГВП становить 12 531 кВт·год, тобто 3,11 кВт·год/м².

3.5.2 Енергоспоживання при постачанні гарячої води

Відповідно до п.16.1 [8], питома річна енергопотреба ГВП для гуртожитків становить $20 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$. Отже, річна енергопотреба складає – $Q_{DHW,nd} = 80\,680 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

При відсутності точних даних, для розрахунках використовуємо наступні значення:

- довжина трубопроводів становить: $L_S = 295 \text{ м}$, $L_A = 121 \text{ м}$;
- лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів (табл.24 [8]):
 $\Psi_{L,S} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\Psi_{L,A} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- об'єм води, що міститься у секції трубопроводу: $V_S = 2,3 \text{ м}^3$, $V_A = 0,2 \text{ м}^3$ – враховуючи діаметри та довжини цих секцій;
- тепловтрати використаної води при водозаборі складають $\eta_{eq} = 15\%$ (додаток 7 до [7]);
- ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти – $\eta_{gen} = 0,95$ (додатк 1 до [7]).

Річні тепловтрати в підсистемі розподілення визначаємо за формулою (2.52), враховуючи, що трубопроводи знаходяться як в неопалюваних, так і опалюваних об'ємах будівлі:

$$Q_{W,dis,Is} = (0,4 \cdot 295 + 0,4 \cdot 121) \cdot (55 - 20) \cdot \frac{5600}{1000} = 32\,643 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тепловтрати трубопроводів протягом періодів циркуляції та за її відсутності, визначаємо за формулами (2.54) та(2.55):

$$Q_{W,dis,Is,on} = (0,4 \cdot 295 + 0,4 \cdot 121) \cdot (55 - 20) \cdot \frac{5600}{1000} = 17\,021 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$Q_{W,dis,Is,off} = 1150 \cdot (2,3 + 0,2) \cdot (55 - 20) \cdot \frac{1}{1000} = 103 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Отже, загальні річні тепловтрати циркуляційного контуру складають:

$$Q_{W,dis,Is,colm} = 17\,021 + 103 = 17\,124 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тепловтрати використаної води при водозаборі, $Q_{W,em,l}$, кВт год, за формулою:

$$Q_{W,em,l} = 80\,680 \cdot 0,15 = 12\,102 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тоді, річне енергоспоживання при постачанні гарячої води становить:

$$Q_{DHW,use} = \frac{(80\,680 + 32\,643 + 17\,124 + 12\,102)}{0,95} = 150\,052 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Отже, питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води для обстежуваного об'єкту становить:

$$EP_{DHW,use} = \frac{150\,052}{4034} = 37 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Для зручності аналізу ефективності роботи системи ГВП на рис. 3.7 наведений розподіл величини сумарного енергоспоживання за його складовими.

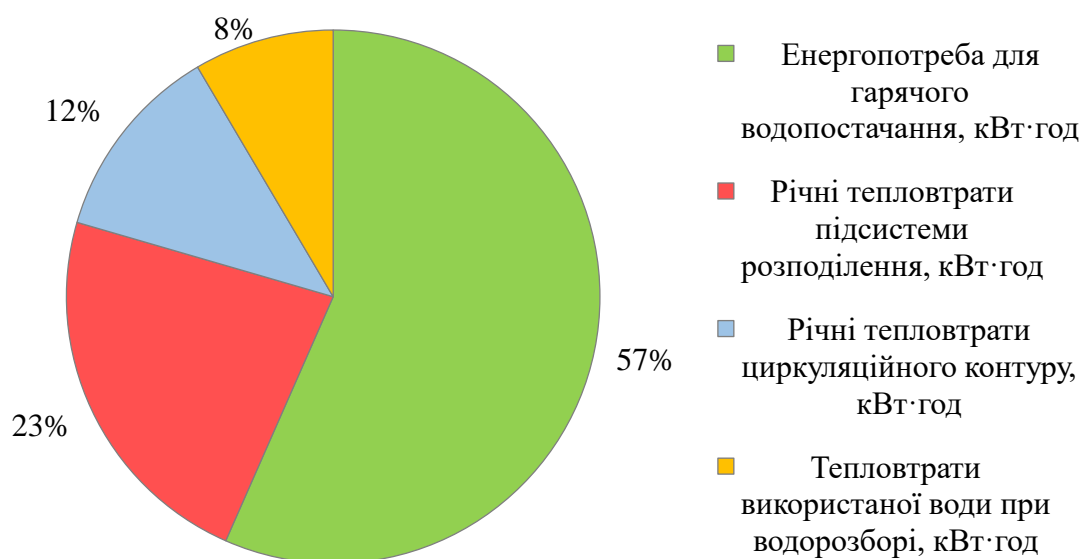


Рисунок 3.7 – Енергетичні характеристики системи ГВП

За результатами проведених розрахунків, можемо зробити висновок, що система гарячого водопостачання гуртожитку працює не ефективно. З рис. 3.7 видно, що понад 40% теплової енергії з системи ГВП припадає на тепловтрати в трубопроводах неопальвальних/опальвальних приміщень (23%), втрати теплоти за рахунок циркуляції теплоносія в системі (12%) та тепловтрати використаної води при водорозборі (8%).

До однієї з основних причин значної невідповідності фактичних обсягів споживання теплової енергії на потреби ГВП та значень, що були отримані розрахунковим шляхом, можна віднести некоректність встановлених нормативних обсягів споживання (л/добу). Також, варто враховувати той факт, що фактичні

значення були отримані розрахунковим шляхом, та можуть в певній мірі не відповідати реальним графікам використання системи гарячого водопостачання.

3.5.3 Додаткове енергоспоживання при постачанні гарячої води

Додаткова енергія в підсистемі розподілення ГВП використовується на функціонування циркуляційних насосів. Для коректної роботи системи циркулювання гарячої води, передбачається підключення двох насосів потужністю по 0,35 кВт. Загальний час роботи насосів в системі ГВП становить 2920 год/рік. Тоді, додаткове енергоспоживання при ГВП становить:

$$W_{DHW,aux,an} = 2 \cdot 0,35 \cdot 2920 = 3920 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

3.6 Визначення питомого енергоспоживання систем вентиляції

Проектом даної будівлі передбачене використання тільки природної вентиляції, принцип дії якої заснований на різниці температур всередині приміщення та зовнішньої температури оточуючого середовища, а отже додаткових витрат енергії на забезпечення роботи цієї системи не передбачається.

3.7 Визначення питомого енергоспоживання при освітленні

Освітлення будівлі здійснюється двома типами ламп: розжарювання та люмінесцентними світильниками (табл. 3.12). Левова частка припадає на лампи розжарювання – 97% від загальної кількості (рис. 3.8). Загальна потужність системи освітлення складає 11 кВт.

Таблиця 3.12 – Характеристика приладів освітлення

Тип ламп	Потужність, Вт	Кількість, шт	Коефіцієнт використання	Електроспоживання, кВт·год/рік
Розжарювання	60	32	0,3	5 046
	75	111		21 878
	100	5		1 314
Люмінесцентні	12	4		126
	18	8		378
	36	4		378

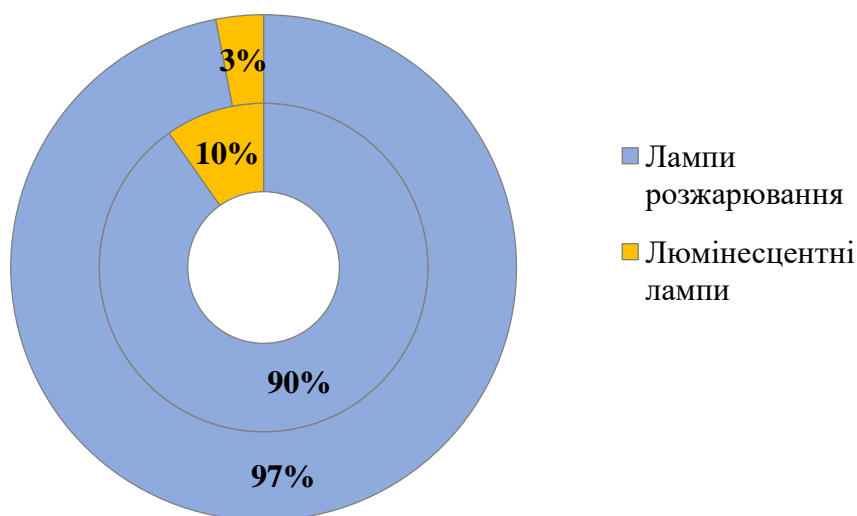


Рисунок 3.8 – Характеристика системи освітлення гуртожитку №1: зовнішній контур – загальна кількість ламп, внутрішній контур – загальна потужність ламп

Отже, річне споживання системою освітлення становить:

$$W_l = 5\,046 + 21\,878 + 1\,314 + 126 + 378 + 378 = 29\,121 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Тоді, питоме значення складає $7 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^2$.

3.8 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів

Розрахунки, що були проведені у попередніх розділах дозволяють охарактеризувати обсяги споживання енергоресурсів та доцільність їх використання. Короткий звіт результатів наведено у табл. 3.13.

Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів здійснюємо у відповідності до п.2.7 даної роботи для кожного виду енергії окремо. Вихідні дані

отримуємо з попередніх розділів роботи та додатку 10 до [7]. Результати розрахунку наведені у таблиці 3.14 та рис. 3.9.

Найбільш енерговитратною для гуртожитку №1 є система опалення, її питоме споживання становить 160 кВт·год/м² за рік, а питомий показник викидів парникових газів складає 42 кг/м². Для системи ГВП цей показник рівний 10 кг/м², для системи охолодження – 1 кг/м², а для системи електрозабезпечення – 4 кг/м².

Таблиця 3.14 – Показники викиду парникових газів

Показник	Опалення	Охолодження	Електроенергія
Поставлена енергія, кВт·год	795 167	8 223	34 022
Фактор первинної енергії для і-го поставленого енергоносія	1,3	1,3	2,3
Первинна енергія, кВт·год	1 033 717	10 690	78 251
Питомий показник споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	256	3	19
Коефіцієнт викидів CO ₂ для поставленого і-го енергоносія, г/кВт·год	260	260	420
Маса викидів парникових газів, кг	223 171		
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55		

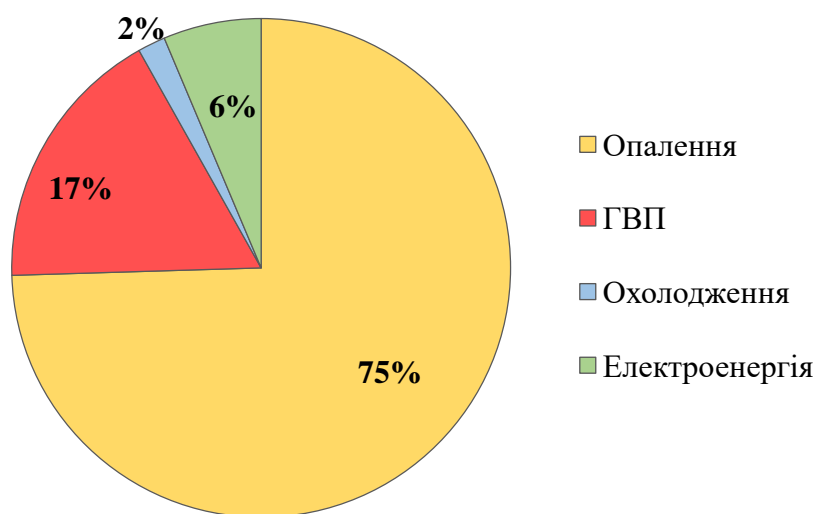


Рисунок 3.9 – Питомі викиди парникових газів

Таблиця 3.13 – Обсяги енергоспоживання для обстежуваного об'єкту

Енергетичні послуги	Показник	Енергоносії			
		Теплота	Опалення	Охолодження	Електроенергія
Опалення	Енергопотреба, кВт·год	407 668			
	Енергоспоживання, кВт·год		645 115		
	Додаткове енергоспоживання, кВт·год				2 117
	Загальне енергоспоживання, кВт·год		645 115		2 117
	Питоме енергоспоживання, кВт·год/м ²		160		0,52
Охолодження	Енергопотреба, кВт·год	3 310			
	Енергоспоживання, кВт·год			8 223	
	Додаткове енергоспоживання, кВт·год				740
	Загальне енергоспоживання, кВт·год			8 223	740
	Питоме енергоспоживання, кВт·год/м ²			2,04	0,18
Вентиляція	Загальне енергоспоживання, кВт·год				–
	Питоме енергоспоживання, кВт·год/м ²				–
ГВП	Енергопотреба, кВт·год	80 680			
	Енергоспоживання, кВт·год		150 052		
	Додаткове енергоспоживання, кВт·год				2 044
	Загальне енергоспоживання, кВт·год		150 052		2 044
	Питоме енергоспоживання, кВт·год/м ²		37		2,51
Освітлення	Загальне енергоспоживання, кВт·год				29 121
	Питоме енергоспоживання, кВт·год/м ²				7,22
Загалом			795 167	8 223	34 022

3.9 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Клас енергетичної ефективності обстежуваної будівлі розраховуємо за формулою (2.66), тоді:

$$EP = 160 + 2 + 37 = 199 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$$

Відповідно до таблиці 2.1 або додатку 11 до [7], дана будівля відноситься до класу «G», а отже не відповідає сучасним вимогам енергетичної ефективності житлових будівель.

3.10 Розроблення можливих енергозберігаючих заходів

3.10.1 Перелік енергозберігаючих заходів

Враховуючи дійсний стан будівлі та не відповідність базових (розрахункових) показників енергоефективності мінімально допустимим значенням, пропонується запровадження певного ряду заходів. Короткий опис запропонованих енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ) наведено у табл. 3.15.

3.10.2 Утеплення зовнішніх стін будівлі

На момент проведення енергетичного аудиту зовнішні стіни гуртожитку №1 СумДУ знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам, навіть зважаючи на той факт, що частина конструкції є частково утепленою (276 м²). Середньозважене значення

дійсного опору теплопередачі зовнішніх стін становить $1,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Мінімально допустиме значення для I кліматичної зони складає $3,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, згідно з [10].

Таблиця 3.15 – Пакети заходів з підвищення енергетичної ефективності

Найменування ЕЗЗ	Пакет А	Пакет Б
Утеплення зовнішніх стін	Мінеральна вата $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\delta = 120 \text{ мм}$	Мінеральна вата $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$, $\delta = 150 \text{ мм}$
Утеплення горищного перекриття	Мінеральна вата $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\delta = 200 \text{ мм}$	Мінеральна вата $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, $\delta = 250 \text{ мм}$
Заміна вікон	Металопластиковий склопакет 4К-10-4М-10-4К $R = 0,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$	Металопластиковий склопакет 4і-10-4М-10-4і $R = 0,93 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$
Заміна дверей	Металеві з теплоізолюючим наповнювачем $R = 0,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$	
Встановлення індивідуального теплового пункту	—	
Заміна систем опалення та ГВП з гідравлічним балансуванням	—	
Модернізація системи вентиляції	Рекуператори теплоти, витяжна вентиляція	
Заміна існуючих приладів освітлення	Світлодіодні лампи	

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, з попереднім демонтажем існуючого утеплення. Загальна площа утеплення становить $1\,500 \text{ м}^2$.

Задля отримання максимальної ефективності від впровадженого заходу з мінімальними фінансовими затратами у даній роботі пропонується декілька способів проведення даного заходу.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 120 мм. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $1,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $3,72 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що у свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 66,4 тис. кВт·год/рік та

заощадити понад 94,7 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 127,0 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 9,6 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на понад 6 кг/м².

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом Б», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 150 мм. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з 1,15 (м² · К)/Вт до 4,43 (м² · К)/Вт, що в свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 71,2 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 101,4 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 136,0 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 10,8 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на 6,6 кг/м².

Порівняльна характеристика запропонованих заходів утеплення наведена у табл. 3.16. Більш детальний опис наведено у додатку В.

Таблиця 3.16 – Аналіз можливих заходів утеплення зовнішніх стін

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,86	3,72	4,43
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404 838	342 597	338 171
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	546 147	539 416
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	175,0	173,3
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	49,0	48,5
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	127,0	136,0
Простий термін окупності, років	–	9,6	10,8

3.10.3 Утеплення горищного перекриття

На момент проведення енергетичного аудиту горище будівлі знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам. Середньозважене значення дійсного опору теплопередачі становить $0,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Мінімумально допустиме значення для I кліматичної зони складає $4,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, згідно з [10].

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Задля отримання максимальної ефективності від впровадженого заходу з мінімальними фінансовими затратами у даній роботі пропонується декілька способів проведення даного заходу.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 200 мм. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $0,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $5,19 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що у свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 59,7 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 86,7 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 116,3 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 1,8 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на $5,6 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом Б», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 150 мм. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $0,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $6,38 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що в свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 62,2 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 90,4 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 121,2 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 2,0 років. Також

важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на 5,8 кг/м².

Порівняльна характеристика запропонованих заходів утеплення наведена у табл. 3.17. Більш детальний опис наведено у додатку Г.

Таблиця 3.17 – Аналіз можливих заходів утеплення горищного перекриття

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,95	5,19	6,38
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404 838	347 806	345 420
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	554 079	550 451
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	177,1	176,2
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	49,5	49,3
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	116,3	121,2
Простий термін окупності, років	–	1,8	2,0

3.10.4 Заміна вікон

На момент проведення енергетичного аудиту більшість віконних отворів знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору світлопрозорі конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам, навіть зважаючи на той факт, що частина вікон вже була частково замінена (188 м²). Середньозважене значення дійсного опору теплопередачі для вікон становить 0,31 (м² · К)/Вт. Мінімум допустиме значення для І кліматичної зони складає 0,75 (м² · К)/Вт, згідно з [10].

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести заміну усіх світлопрозорих огорожуючих конструкцій будівлі. Задля отримання максимальної ефективності від впровадженого заходу з мінімальними

фінансовими затратами у даній роботі пропонується декілька способів проведення даного заходу.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», планується заміна всіх віконних отворів на металопластикові склопакети типу «4К-10-4М-10-4К» з повітряним заповненням, заявлений опір світлопрозорості частини становить $0,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $0,31 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $0,78 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що у свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 112,7 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 163,6 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 219,4 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 4,1 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на $10,3 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом Б», планується заміна всіх віконних отворів на металопластикові склопакети типу «4і-10-4М-10-4і» з повітряним заповненням, заявлений опір світлопрозорості частини становить $0,93 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $0,31 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $0,87 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що у свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 120,3 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 174,7 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 234,3 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 4,8 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на $11,0 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Порівняльна характеристика запропонованих заходів утеплення наведена у табл. 3.17. Більш детальний опис наведено у додатку Д.

3.10.5 Заміна вхідних дверей

Проектом будівлі передбачено 5 виходів із будівлі: один основний (парадний вхід) та 4 запасних (аварійні виходи). На момент проведення енергетичного аудиту

головні двері з парадного входу будівлі знаходяться у задовільному технічному стані та відповідають необхідним теплозахисним характеристикам. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору дверей із запасних виходів не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам. Розрахункове значення дійсного опору теплопередачі дерев'яних дверей становить $0,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Мінімумально допустиме значення для І кліматичної зони складає $0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, згідно з [10].

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести заміну 4 дверних дерев'яних полотен на металеві з теплоізолюючим наповненням. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться з $0,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ до $0,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$, що у свою чергу дозволить зменшити тепловтрати будівлі на 1,1 тис. кВт·год/рік та заощадити понад 1,7 тис. кВт·год/рік теплової енергії від загального обсягу споживання. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 2,2 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 12,4 років. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показник викидів парникових газів знизиться на $0,2 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Порівняльна характеристика запропонованого заходу утеплення наведена у табл. 3.18. Більш детальний опис наведено у додатку Е.

Таблиця 3.17 – Аналіз можливих заходів по заміні вікон

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	0,31	0,78	0,87
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404 838	297 285	289 963
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	477 261	466 128
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год / м^2	198,1	158,8	156,1
Питомий показник викидів парникових газів, $\text{кг}/\text{м}^2$	55,1	44,8	44,1
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	219,4	234,3
Простий термін окупності, років	–	4,1	4,8

Таблиця 3.18 – Аналіз можливих заходів по заміні вхідних дверей

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,42	0,89	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404 838	403 745	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	639 148	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	197,7	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	54,9	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	2,2	
Простий термін окупності, років	–	12,4	

3.10.6 Модернізація системи вентиляції

Під час проведення енергетичного аудиту гуртожитку №1 СумДУ, було виявлено, що система вентиляції будівлі працює не належним чином та не може в повній мірі забезпечувати потреби в свіжому припливному повітрі. Вирішення даної проблеми, планується одночасним впровадженням наступних заходів:

- ремонт існуючих повітряних каналів;
- встановлення на кухні та у душових кімнатах рекуператорів теплоти;
- встановлення витяжних вентиляторів у туалетних кімнатах.

Виконавши ряд таких заходів ми підвищимо ефективність роботи системи вентиляції з мінімальними втратами теплової енергії.

Так, величина загальних тепловтрат будівлі збільшиться на 1,2 тис. кВт·год/рік та загальний обсяг споживання теплової енергії становитиме 792,6 тис. кВт·год/рік. У результаті, додаткові витрати після впровадження заходу становить 6,4 тис. грн за рік, а питоми показний викидів парникових газів зростає на 0,2 кг/м². Не зважаючи на те, що з економічної точки зору даний захід є не доцільним, оскільки підвищує витрати на опалення на електроенергію, модернізація системи вентиляції є обов'язковою до

впровадження задля налагодження нормальних умов мікроклімату у приміщеннях будівлі.

Аналізуючи показники енергоефективності будівлі «до» та «після» проведення енергозберігаючого заходу, варто враховувати той факт, що дійсні параметри розраховувалися виходячи з нормативних (мінімально допустимих) значень.

Характеристика запропонованого заходу наведена у табл. 3.19. Більш детальний опис наведено у додатку Ж.

Таблиця 3.19 – Аналіз заходів по модернізації системи вентиляції

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Кратність повітрообміну, год ⁻¹	0,50*	0,55	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404 838	406 009	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	642 592	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	198,5	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	55,3	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	-6,4	
Простий термін окупності, років	–	-	

* нормативне значення кратності повітрообміну для житлових будинків [19].

3.10.7 Встановлення індивідуального теплового пункту

Відповідно до положень ДБН В.2.5-39, індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – це комплекс пристроїв, що складається з елементів, які забезпечують приєднання системи опалення та ГВП до централізованої мережі тепlopостачання. Основними елементами ІТП є: теплообмінні апарати, насоси та клапани, датчики і контролери, а також блоки управління і запірно-регулююча арматура.

Впровадження даного заходу дозволить не лише зменшити втрати теплової енергії в мережі будівлі, а також зможе виконувати такі функції як:

- приготування гарячої води для потреб ГВП;
- регулювання тиску теплоносія;
- можливість регулювання температури теплоносія в залежності від температури навколишнього середовища;
- можливість окремого обліку енергоспоживання системою опалення та ГВП.

Впровадження цього заходу ніяк не впливає на величину загальних тепловтрат будівлі, але дозволяє значно скоротити обсяг споживання теплової енергії. Так, у разі встановлення ІТП енергоспоживання будівлі зменшиться майже на 147,5 тис. кВт·год/рік. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 197,8 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 3,0 роки. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показник викидів парникових газів знизиться на 9,6 кг/м². Характеристика запропонованого заходу наведена у табл. 3.20. Більш детальний опис наведено у додатку И.

Таблиця 3.20 – Аналіз заходів по встановленню ІТП

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	516 707	
Енергоспоживання при ГВП, кВт·год/рік	150 052	126 702	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	161,6	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	45,5	
Економія від впровадження заходу, тис.грн	—	197,8	
Простий термін окупності, років	—	3,0	

3.10.8 Заміна систем опалення та ГВП

Під час проведення енергетичного аудиту було помічено, що системи теплопостачання та забезпечення ГВП знаходяться у не належному стані, а саме моральне та фізичне зношення цих систем. Саме тому, було вирішено провести їх повну заміну, тобто:

- заміна розподільчих трубопроводів та їх ізоляція (за необхідності);
- заміна радіаторів та встановлення термостатів.

Впровадження цього заходу ніяк не впливає на величину загальних тепловтрат будівлі, але дозволяє значно скоротити обсяг споживання теплової енергії. Так, у разі заміни систем опалення та ГВП, енергоспоживання будівлі зменшиться майже на 153,9 тис. кВт·год/рік. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 206,4 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає 14,1 роки. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на 10,0 кг/м². Характеристика запропонованого заходу наведена у табл. 3.21. Більш детальний опис наведено у додатку К.

3.10.9 Заміна існуючих приладів освітлення

Під час проведення енергетичного аудиту, було виявлено, що освітлення приміщень здійснюється переважно лампами розжарювання. Основними недоліками такого джерела світла є їх низька ефективність та відносно не великий термін служби. Саме тому у рамках даної роботи було вирішено провести повну заміну всіх освітлювальних приладів на світлодіодні лампочки, які мають високу ефективність при порівняно не великій номінальній потужності самого джерела освітлення. Задля забезпечення необхідного світлового потоку були обрані світлодіодні лампи потужністю 10 та 14 Вт.

Так, у разі заміни ламп освітлення, загальне енергоспоживання системою електрозабезпечення зменшиться на понад 24,0 тис. кВт·год/рік. У результаті, загальна економія від впровадження заходу становить 40,4 тис. грн за рік, а термін окупності такого заходу складає лише 0,2 роки. Також важливим є той факт, що після впровадження даного заходу питомий показний викидів парникових газів знизиться на 2,6 кг/м². Характеристика запропонованого заходу наведена у табл. 3.22. Більш детальний опис наведено у додатку Л.

Таблиця 3.21 – Аналіз заходів по заміні систем опалення та ГВП

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640 811	513 073	
Енергоспоживання при ГВП, кВт·год/рік	150 052	123 913	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	160,0	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	45,1	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	206,4	
Простий термін окупності, років	–	14,1	

Таблиця 3.22 – Аналіз заходів по заміні приладів освітлення

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Енергоспоживання системою освітлення, кВт·год/рік	29 121	4 336	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	198,1	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	52,5	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	–	40,4	
Простий термін окупності, років	–	0,2	

3.10.10 Аналіз отриманих результатів

За результатами проведених розрахунків будуємо діаграму (рис. 3.10). Аналіз рис. 3.10 показує, що жоден із запропонованих заходів не в змозі самостійно знизити енергоспоживання будівлі до максимально допустимого нормативного значення. Саме тому впровадження ЕЗЗ у даній роботі проводиться пакетами. Найбільш доцільним вважається той пакет заходів, для якого співвідношення «вартість = ефективність» задовольняється якомога повніше. У табл.3.23 наведені основні параметри за якими проводилося порівняння запропонованих ЕЗЗ, більш детальна інформація наведена у додатку М даної роботи.

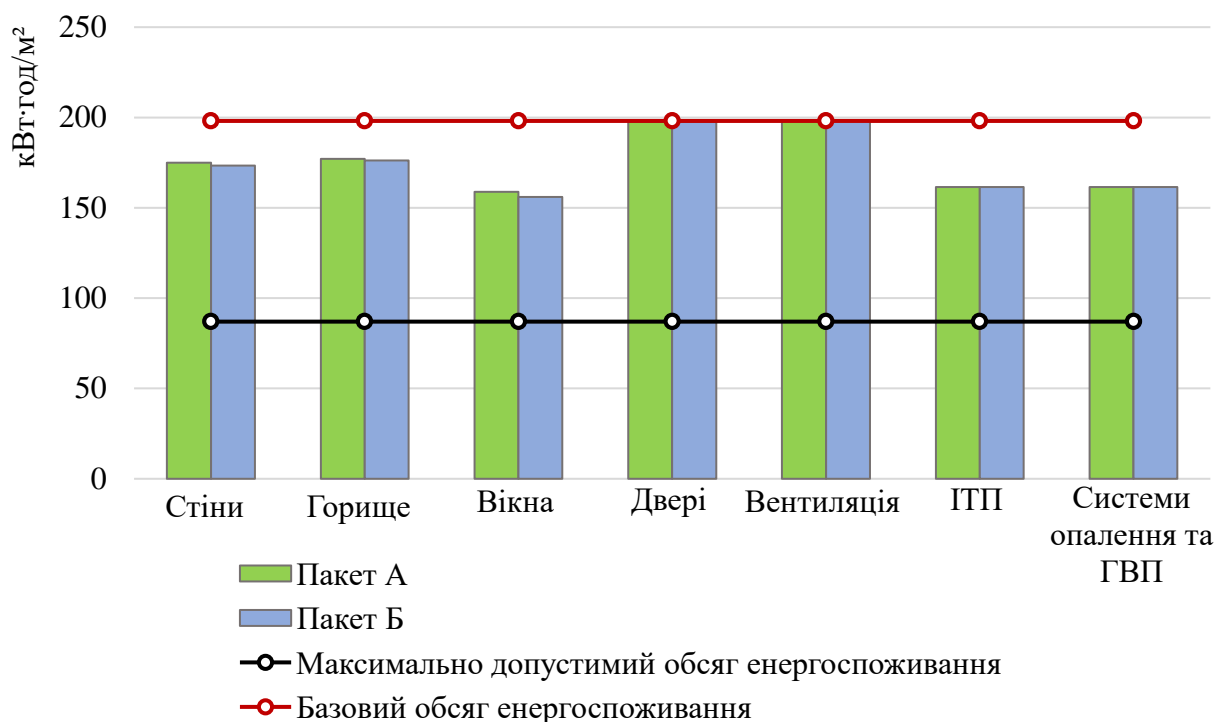


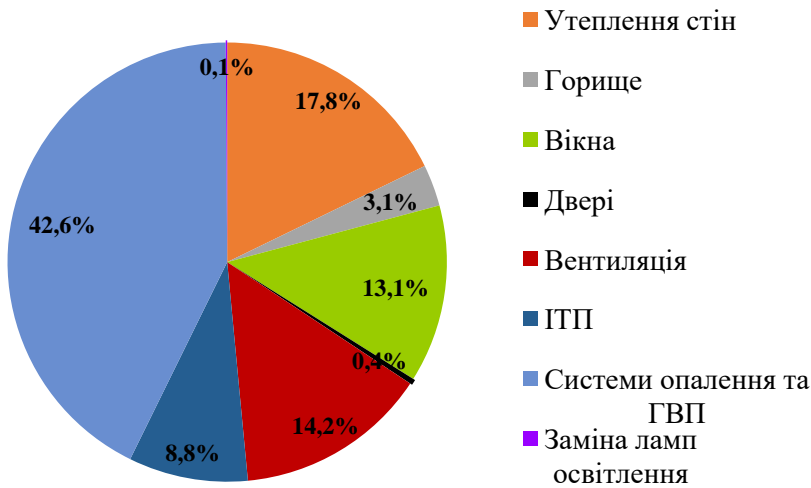
Рисунок 3.10 – Показники енергоефективності обстежуваного об'єкту

Проаналізувавши отримані результати розрахунку, можна помітити наступне: загальна економія від впровадження енергозберігаючих заходів із пакету А лише на 2% нижча за ту, яка передбачається пакетом Б. Капітальні витрати на реалізацію ЕЗЗ із пакету Б на 7% вищі, ніж по пакету А та термін їх окупності довший більш як на рік. Порівняння двох пакетів ЕЗЗ на відповідність між їх економічними та енергетичними компонентами наведена на рис. 3.11 та 3.12.

Таблиця 3.23 – Порівняльний аналіз запропонованих ЕЗЗ

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	86,1	83,8
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	23,5	22,9
Загальна економія від впровадження пакету ЕЗЗ, тис грн/рік	664,6	678,9
Загальна вартість впровадження ЕЗЗ, тис грн	6830	7330
Простий термін окупності, років	10,3	10,8
Дисконтований термін окупності, років	15,5	16,5

**Загальна вартість
впровадження пакету ЕЗЗ**



**Загальна економія від
впровадження пакету ЕЗЗ**

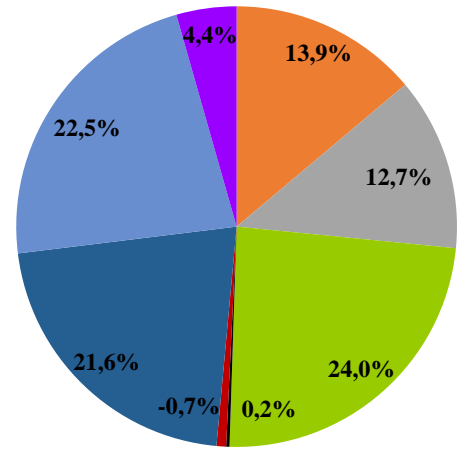
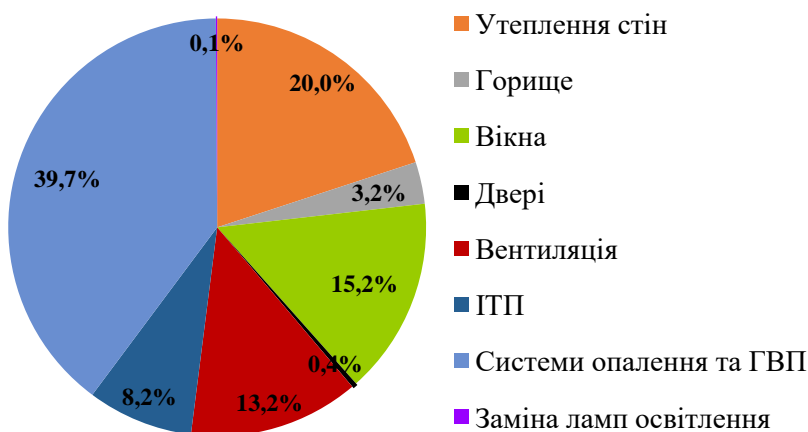


Рисунок 3.11 – Оцінка техніко-економічних параметрів згідно до заходів, що пропонує «Пакет А»

**Загальна вартість
впровадження пакету
ЕЗЗ**



**Загальна економія від
впровадження пакету ЕЗЗ**

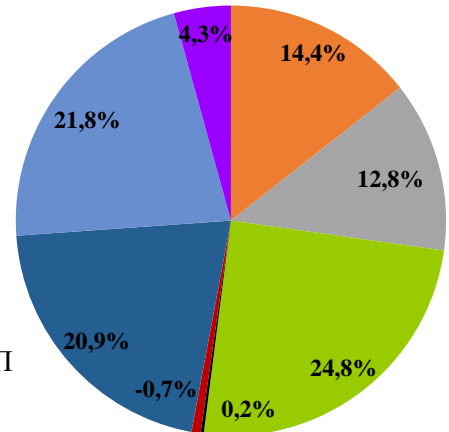


Рисунок 3.12 – Оцінка техніко-економічних параметрів згідно до заходів, що пропонує «Пакет Б»

Ще однією важливою складовою при виборі найбільш доцільного методу для раціонального зменшення енергоспоживання будівлею є екологічна складова, а саме, питомі показники викидів парникових газів. Так, аналіз рис. 3.13 свідчить про незначну розбіжність цих показників при порівнянні двох пакетів заходів.

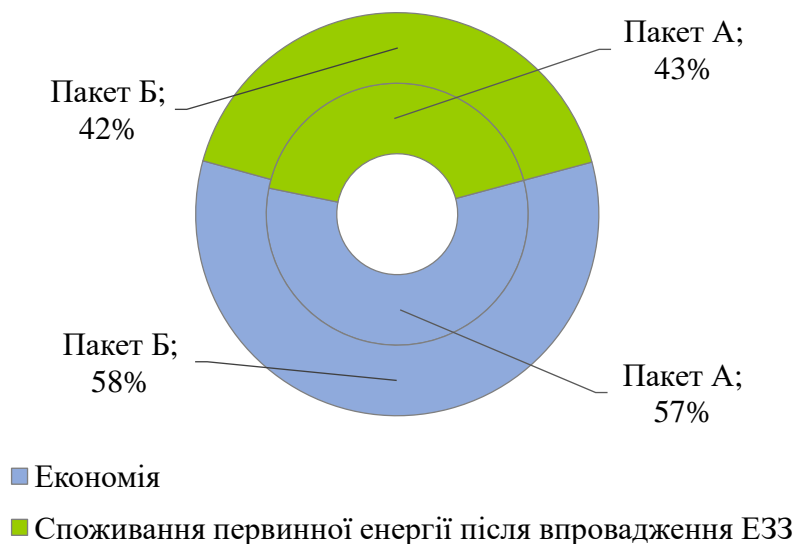


Рисунок 3.13 – Оцінка екологічної складової запропонованих пакетів ЕЗЗ

За результатами проведеного аналізу можемо зробити наступні висновки – зважаючи на той факт, що обидва із запропонованих пакетів заходів мають незначні розбіжності щодо показників енергетичної ефективності та екологічного впливу на оточуюче середовище та дещо більшу різницю у вартості їх реалізації до впровадження рекомендуються ЕЗЗ, які входять до «Пакету А». Саме цей пакет заходів дозволяє при відносно невеликих інвестиційних вкладах досягти достатньо високого рівня ефективності використання енергії.

3.11 Висновки до розділу

Основною метою даної роботи є визначення питомого рівня енергоспоживання для гуртожитку №1 СумДУ та розроблення сертифікату енергетичної ефективності для обраної будівлі. У результаті проведення розрахунку було визначено базові характеристики енергоспоживання основними технічними системами будівлі та розраховано клас енергетичної ефективності обстежуваного об'єкту.

Отже, базове енергоспоживання будівлею для забезпечення потреб опалення становить 640 811 тис. кВт·год на рік, для охолодження цей показник

становить 8 301 тис. кВт·год на рік, а для системи ГВП – 150 052 тис. кВт·год на рік, тоді як додаткове споживання основними інженерними системами будівлі складає 33 282 тис. кВт·год на рік. Загальний показник питомого енергоспоживання для гуртожитку становить 198,1 кВт·год/м², що відносить дану будівлю до класу «G», згідно з діючою класифікацією житлових будівель за класом енергетичної ефективності [7]. Порівняння отриманих результатів із дійсними показниками та нормативними значеннями дозволяє зробити висновки про фізичне та моральне зношення основних енергозабезпечувальних систем та необхідність у заміні/модернізації.

Відповідно до діючих на момент проведення обстеження нормативних стандартів, мінімально допустиме значення питомого енергоспоживання для існуючих будівель, що підлягають реконструкції, капітальному ремонту (термореновації) та/або проведенню енергетичного обстеження, повинне відповідати класові енергетичної ефективності не нижче класу «C», а саме, становити менше 87 кВт·год/м² для житлових будівель від 4-х поверхів. Саме з цією метою у ході даної роботи було розглянуто два пакети ЕЗЗ, які спрямовано на приведення теплозахисних характеристик до нормативно допустимих значень, налагодження комфортних умов мікроклімату та модернізацію основних систем енергозабезпечення будівлі. За результатами проведеного аналізу до впровадження було рекомендовано заходи, що входять до пакету А, оскільки саме їх комбінація дозволяє забезпечити необхідний рівень енергетичної ефективності будівлі при відносно незначних інвестиційних вкладах, враховуючи при цьому і екологічну сторону енергоспоживання.

РОЗДІЛ 4 ЛІНІЙНІ ТЕПЛОПРОВІДНІ ВКЛЮЧЕННЯ

4.1 Загальні відомості

Згідно [18] теплопровідне включення – елемент огорожувальної конструкції, що розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір, менший від термічного опору основного поля більш ніж на 20 %. Розрізняють теплопровідні включення матеріальні та геометричні (конструктивні).

Матеріальні теплопровідні включення обумовлені різною теплопровідністю будівельних елементів та відносяться до відповідного типу непрозорі огорожувальної конструкції: з'єднувальні елементи, дюбелі, кронштейни, закладні деталі, арматурні сітки, віконні відкоси, стики між елементами непрозорі огорожувальної конструкції, елементи жорсткості тощо.

Геометричні теплопровідні включення визначаються архітектурно-конструктивними особливостями будівлі. До них відносяться міжповерхові та балконні перекриття, колони, пілони, кутові примикання, конструктивне поєднання парапету та покриття, перекриття над неопалюваними підвалами в цокольній частині.

У даній роботі особлива вага приділяється геометричним теплопровідним включенням, або лінійним, як їх іще називають, оскільки саме на них припадає більша частина від загального розподілу додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції будівель та споруд.

4.2 Методика розрахунку

При проведенні розрахунків теплової потужності будівлі, важливо не лише виявити місця найбільших втрат енергії чи надмірного її споживання, а і

розуміти природу цих процесів. Так, при визначенні величини втрат теплової енергії через зовнішні огорожуючі конструкції на практиці найчастіше використовують методики у основі яких лежить визначення коефіцієнту термічного опору, $R_i, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

Опір теплопередачі [18] – величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, та є зворотною до коефіцієнта теплопередачі.

Розрахункова формула для визначення опору теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції має наступний вигляд [18]:

$$R_{\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j}$$

де k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$, j -го теплопровідного включення для конструкцій;

L_j – лінійний розмір, м, j -го теплопровідного включення за внутрішньою поверхнею термічно неоднорідної огорожувальної конструкції.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі – коефіцієнт теплопередачі термічно неоднорідної огорожувальної конструкції, що враховує кількість теплоти, яка передається через теплопровідне включення при різниці температур середовищ, розділених конструкцією в 1К, яка приведена до 1 м довжини теплопровідного включення і визначається на підставі розрахунків чи результатів випробувань конструкцій. Розрахункові значення для деяких типів вузлів сполучення огорожуючих конструкцій наведені у табл. И.3 [18], або можуть визначатися за результатами випробувань конструкції чи шляхом їх моделювання.

Розрахункове значення цього показника слід визначати за наступною формулою [21]:

$$k = L^{2D} - \sum_{i=1}^j U_j \cdot l_j$$

де L^{2D} – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку, який отримано обчисленням двовимірного фрагмента, який розділяє два досліджуваних середовища;

U_j – коефіцієнт теплопередавання одновимірного фрагмента j , який розділяє два досліджуваних середовища;

l_j – довжина, до якої застосовано значення U_j .

Детальна методика розрахункових значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі для окремих вузлів сполучення огорожувальних конструкцій наведена у [21, 22].

4.3 Моделювання процесу передачі тепла у вузлах лінійних теплопровідних включень

Окрім розрахункових методик визначення значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі для окремих вузлів сполучення огорожувальних конструкцій на практиці часто застосовують спосіб моделювання. Цей метод дозволяє не лише отримати необхідні значення, але й провести наочний аналіз отриманих результатів, зрозуміти природу виникнення та фізичний зміст таких процесів.

На мою думку, найбільш зручним програмним продуктом для моделювання таких процесів є програмний комплекс ANSYS. Моделі, що розроблені на його базі дозволяють оцінити параметри його теплового стану об'єкту, а саме: отримати розподіл температурних полів, полів швидкостей руху повітря; визначити значення теплових потоків на поверхнях конструкцій; встановити наявність застійних зон та зон вихроутворення у процесі прогрівання приміщення із врахуванням реального розташування технологічного обладнання [23].

Для моделювання процесів, що відбуваються у вузлах лінійних теплопровідних включень огорожуючих конструкцій будівлі за приклад була обрана модель «IW_1» [24] (рис. 4.1a). На даній розрахунковій моделі представлений найбільш розповсюджений вид теплопровідного включення, а саме, лінійний елемент, що являє собою вузол приєднання зовнішньої та внутрішньої стін.

Тривимірний модель обраного вузла буда створена у такому програмному продукті, як SolidWorks. Результат побудови наведено на рис. 4.1б. При створенні подібних моделей важливо кожен складову розрахункової області створювати окремим елементом задля приближення розрахункового процесу до реального. Так ми маємо три окремі елементи, що мають дві спільні поверхні контакту. Для розв'язання задачі теплообміну між твердими тілами використовуємо програмний комплекс ANSYS Workbench, а саме його модуль Steady State Thermal. Після імпортування геометричної моделі в програмний комплекс, задаємо основні параметри досліджуваної області та граничні умови.

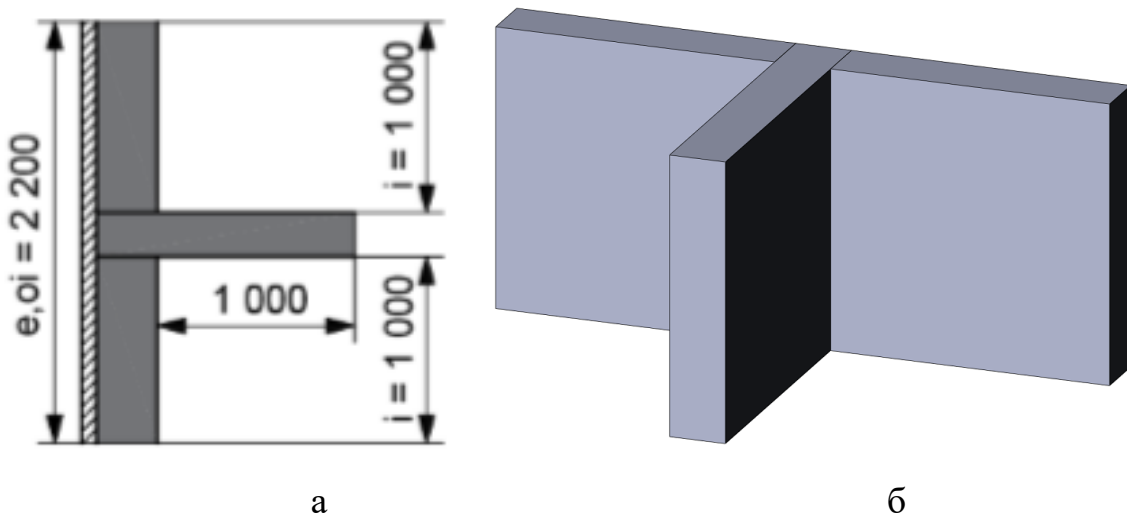


Рисунок 4.1 – Вузол приєднання зовнішньої та внутрішньої стін:
 а – розрахункова схема, б – розрахункова 3D модель

Задаємо матеріал для даної розрахункової моделі – цегляна кладка з порожнистої цегли (коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,64 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) та для розбиття сітки визначаємо мінімальним розміром елемента 0,015 м. У результаті отримуємо неструктуровану сітку для заданої розрахункової 3D моделі із такими параметрами: загальна кількість вузлів – 868 286 та загальна кількість елементів – 201 670. Загальний вигляд «сітки» наведено на рис. 4.2.

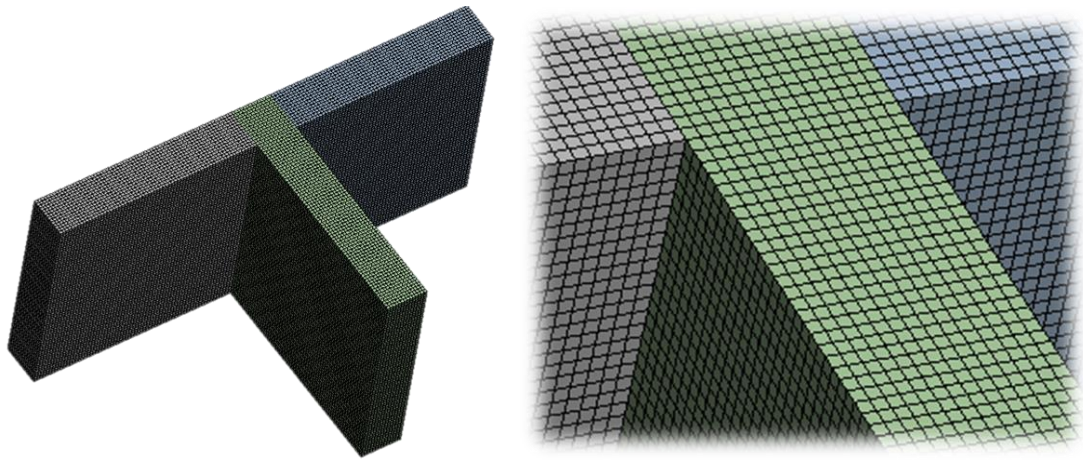


Рисунок 4.2 – Зображення об'ємної сітки розрахункової сітки

Оскільки ми розглядаємо задачу теплообміну за рахунок теплопровідності, то при заданні граничних умов визначаємо температуру на зовнішній поверхні огорожуючої конструкції (3 площини) – -24°C та на зворотній боці моделі обираємо поверхні, що відповідають внутрішній стороні (4 площини) задаємо значення теплового потоку, що рівний тепловим надходженням у приміщенні, за умови, що температура у межах приміщення не є нижчою ніж 18°C . Для даного випадку значення теплового потоку складає 90 Вт/м^2 .

Після проведення розрахунку за заданими параметрами отримуємо наступні результати – див. рис. 4.3, 4.4.

Отже, нерівномірний розподіл температури по кутовому з'єднанню зовнішніх на внутрішніх огорожуючих конструкцій свідчить про наявність «слабких» місць у самій схемі приєднання та недоступність для прогрівання за рахунок роботи системи опалення. Окрім цього, через недостатність захисних характеристик модельованої огорожуючої конструкції точка виникнення роси знаходиться близько до внутрішньої поверхні конструкції. У місцях стику двох поверхонь утворюються так звані області «застою», що призводить до інтенсифікації тепловтрат, що також підтверджує рис. 4.4. Також, на практиці, такі умови часто призводить до пліснявіння кутових з'єднань, що наносить шкоду не тільки несучій знятності огорожуючих конструкцій, але й загрожує здоров'ю людей, що знаходяться у цьому приміщенні.

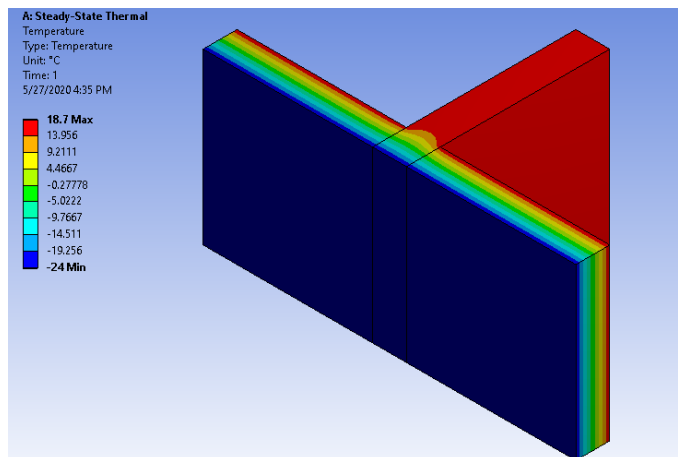


Рисунок 4.3 – Розподіл температур по об'єму розрахункової моделі

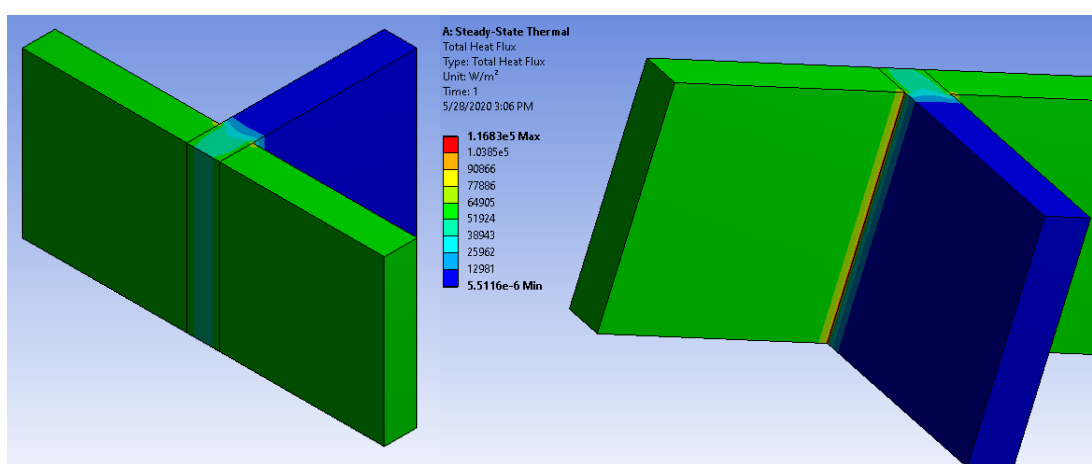


Рисунок 4.4 – Розподіл теплових потоків по об'єму розрахункової моделі

Дану проблему можна вирішити декількома способами:

- збільшення товщини зовнішньої огорожуючої конструкції;
- збільшення теплозахисних характеристик огорожуючої конструкції за рахунок заміни матеріалу;
- збільшення теплозахисних характеристик огорожуючої конструкції за рахунок нанесення шару утеплюючого матеріалу.

Перші два варіанти можливі лише на стадії проектування та вимагають більших затрат матеріальних, трудових та часових ресурсів. А от останній спосіб вирішення питання найбільш прийнятний і доступний до впровадження на всіх стадіях проектування та експлуатації будівлі.

З метою зменшення негативного впливу кутового теплопровідного включення на загальну величину тепловтрат будівлі пропонуємо розглянути два

варіанти утеплення даної розрахункової конструкції двома видами утеплювачів, а саме: плити пінополістирольні екструзійні товщиною 0,01 м (коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,049$ Вт/м · К) та блоки мінеральної вати тієї ж товщини (коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,07$ Вт/м · К).

У результаті «утеплення» заданої схеми розрахункова модель дещо змінилася (рис. 4.5). Так, загальна кількість вузлів збільшилася до 1 180 642, а кількість елементів – 271 082.

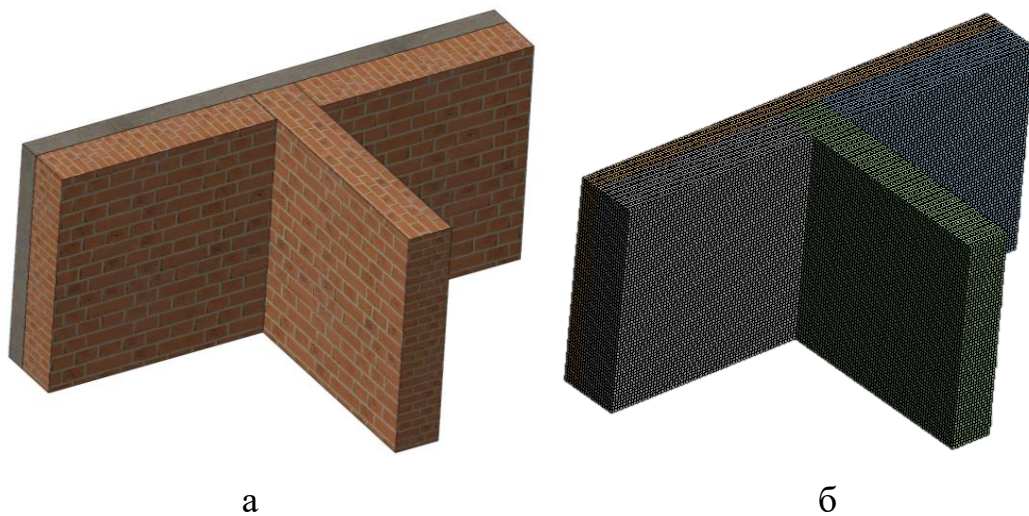


Рисунок 4.5 – Загальний вигляд 3D моделі після утеплення
а – 3D модель, б – розрахункова сітка

При проведенні розрахунків для моделі вузла з'єднання з урахуванням шару утеплення блоками з мінеральної вати (коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,07$ Вт/м · К) задавалися наступні граничні умови:

- температуру на зовнішній поверхні огорожуючої конструкції (3 площини) – -24°C ;
- тепловий потік із внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції (4 площини) – задаємо значення теплового потоку, що рівний тепловим надходженням у приміщенні, за умови, що температура у межах приміщення не є нижчою ніж 18°C . Для даного випадку значення теплового потоку складає 4 Вт/м².

Після проведення розрахунку за заданими параметрами отримуємо наступні результати – див. рис. 4.6, 4.7.

Отже, після утеплення зовнішньої стіни модельованої конструкції температурний розподіл дещо змінився та став більш плавним. Величина тепловтрат зменшилася в рази. Завдяки додатковому теплозахисному шарові точка роси змістилася ближче до зовнішньої поверхні оголоджуючої конструкції, температура в близькості до вузлових з'єднань вирівнялася, але повністю зневілювати вплив лінійного теплопровідного включення не вдалося.

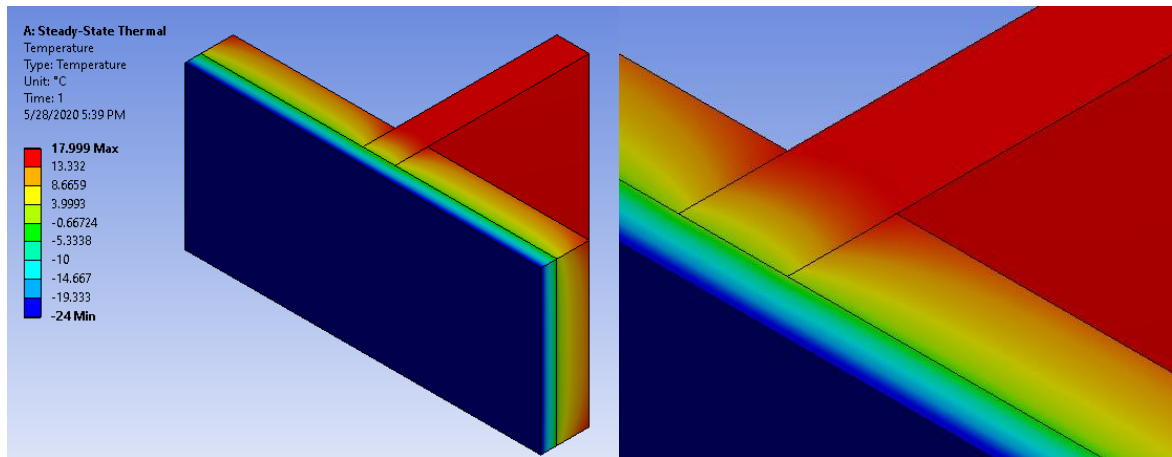


Рисунок 4.6 – Розподіл температур по об'єму розрахункової моделі

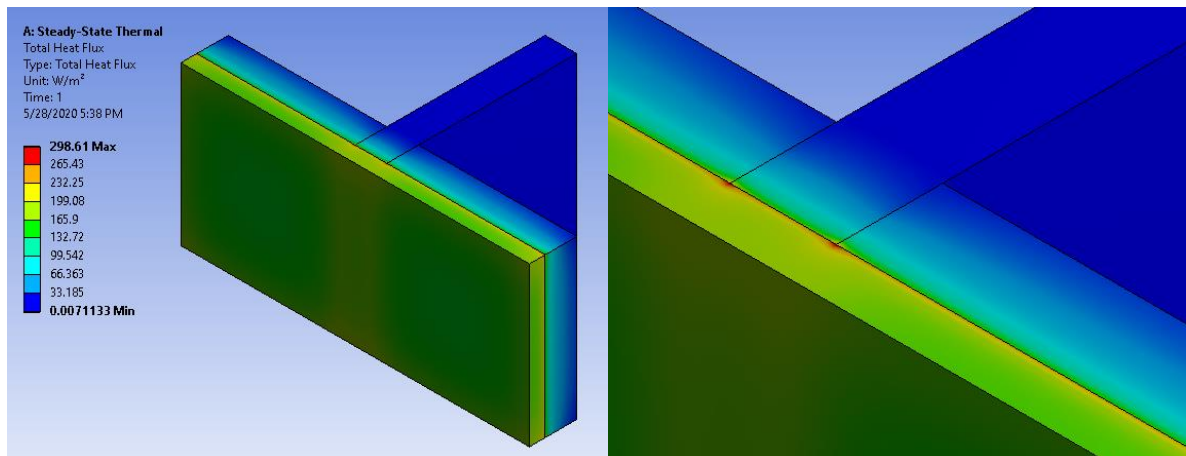


Рисунок 4.7 – Розподіл теплових потоків по об'єму розрахункової моделі

Наступний варіант утеплення – плити пінополістирольні екструзійні (коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,049$ Вт/м · К). При заданні вихідних даних вказуємо такі граничні умови:

- температуру на зовнішній поверхні огорожуючої конструкції (3 площини) – -24°C ;

— тепловий потік із внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції (4 площини) – задаємо значення теплового потоку, що рівний тепловим надходженням у приміщенні, за умови, що температура у межах приміщення не є нижчою ніж 18 °С. Для даного випадку значення теплового потоку складає 3 Вт/м².

Після проведення розрахунку за заданими параметрами отримуємо наступні результати – див. рис. 4.8, 4.9.

Отже, у даному варіанті утеплення зовнішньої стіни модельованої конструкції температурний розподіл значно змінився, так з температурного розподілу по товщині конструкції зникли точки критично низьких температур, адже все навантаження температури оточуючого середовища переймає на себе утеплююча конструкція. Завдяки додатковому теплозахисному шарові точка роси змістилася на поверхню утеплювача, що дозволило повністю зневолувати вплив лінійного теплопровідного включення.

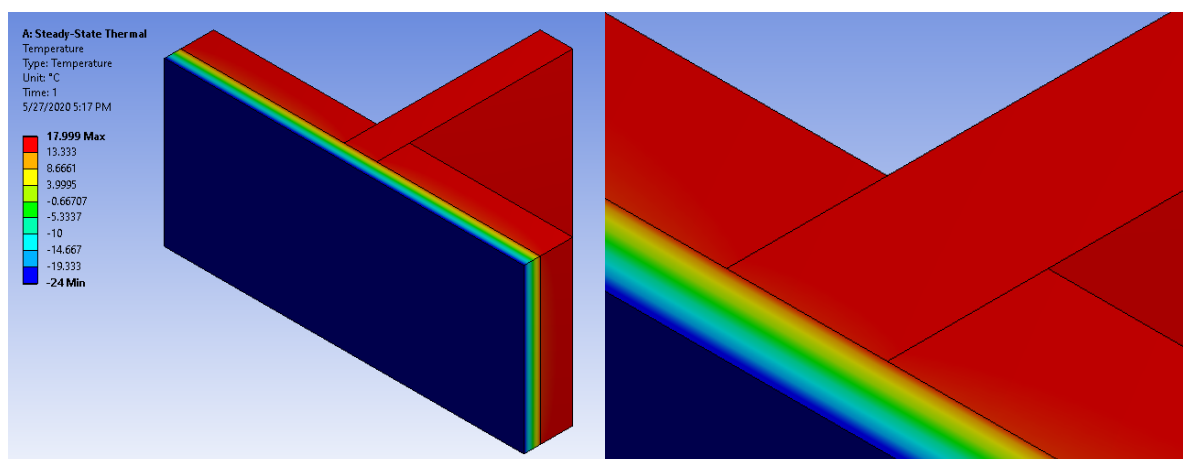


Рисунок 4.8 – Розподіл температур по об'єму розрахункової моделі

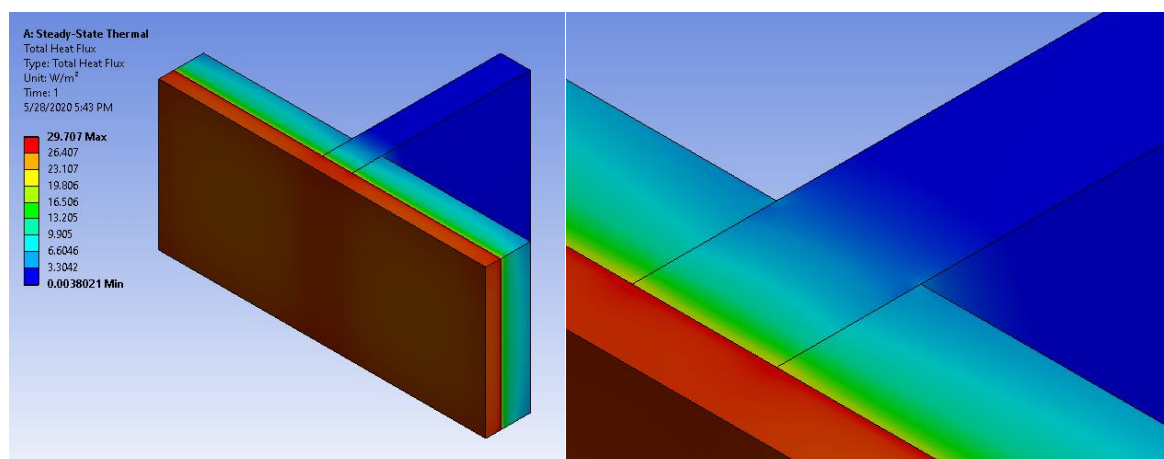


Рисунок 4.9 – Розподіл теплових потоків по об'єму розрахункової моделі

4.4 Аналіз отриманих результатів

Для проведення коректного аналізу отриманих результатів необхідно максимально зрівняти умови моделювання, вірно виокремити та змінювати фактори впливу на розрахункову систему. У даній роботі розглядався вплив лінійних теплофікаційних включень на тепловий стан будівлі та методи щодо його зменшення. Порівняльний аналіз отриманих результатів наведений у табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Результати моделювання

Параметри порівняння	Розрахункова модель		
	1	2	3
Характеристики огорожуючої конструкції			
Матеріал	Цегляна кладка з порожнистої цегли		
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · К	0,640		
Товщина, м	0,2		
Характеристики утеплювача			
Матеріал	—	Блоки мінеральної вати	Плити пінополістирольні екскузиційні
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · К		0,070	0,049
Товщина, м		0,1	
Розрахункові значення			
Температура зовнішнього середовища, °С	-24		
Температура всередині приміщення, °С	18		
Тепловий потік, Вт/м ²	90	4	3

Отже, найбільш вдалим із розглянутих способів зменшення впливу лінійних теплопровідних включень на тепловий стан огорожуючих конструкцій будівлі є збільшення опору теплопередачі огорожуючої конструкції за рахунок утеплювачів з найменш можливим коефіцієнтом теплопровідності. Це дозволить не лише налагодити тепловий баланс приміщення, а і зменшити витрати на експлуатацію будівлі.

4.5 Висновки до розділу

При розрахунках енергетичної ефективності будівлі, важливим фактором є визначення величини тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі. Методикою проведення сертифікації енергетичної ефективності будівлі передбачений ряд чітко прописаних розрахункових виразів, які дозволяють розрахувати такі параметри з достатньо високою точністю, оскільки враховують максимально можливу кількість факторів впливу. Так, наведена методика бере до уваги такі особливості огорожуючих конструкцій будівлі, як теплопровідні включення у будівельних конструкціях. Визначенню цих характеристик має приділятися особлива увага, оскільки саме теплопровідні включення, що обумовлені конструктивними особливостями будівлі, призводять до інтенсифікації тепловитрат.

У даному розділі розглядався один із найбільш зустрічаваних елементів лінійних теплопровідних включень, а саме Т-подібний вузол вертикального стику внутрішньої та зовнішньої стін. Аналіз отриманих результатів вказує на нерівномірний розподіл температури по кутовому з'єднанню та наявність «слабких» місць у самій схемі приєднання. Також було помічено, що у місцях стику двох поверхонь утворюються так звані області «застою», що призводить до інтенсифікації тепловтрат.

З метою зменшення негативного впливу кутового теплопровідного включення на загальну величину тепловтрат будівлі було розглянуто два варіанти утеплення даної розрахункової конструкції двома видами утеплювачів, а саме: пінополістирольними плитами та блоками мінеральної вати тієї ж товщини. У результаті дослідження було виявлено, що використання матеріалу із найменш можливим коефіцієнтом теплопровідності дозволяє як найефективніше підвищити опір теплопередачі теплозахисної складової огорожуючої конструкції та відновити не лише комфортні умови мікроклімату в приміщенні, але і забезпечити додатковий захист фасаду будівлі від прямого впливу оточуючого середовища.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера під час роботи на об'єкті

5.1.1 Характеристика об'єкту обстеження

У якості об'єкту дослідження до даної роботи було обрано гуртожиток №1 Сумського державного університету, який знаходиться за адресою: м.Суми, вул. Миру, 25.

Гуртожиток №1 являє собою 5-поверхову будівлю простої геометричної форми та має наступні технічні характеристики:

— рік побудови	1971р.
— загальна площа	4 995 м ²
— висота будівлі	14,41 м
— ширина будівлі	14,77 м
— довжина будівлі	54,62 м

Гуртожиток №1 відноситься до класу житлових споруд та має цілодобовий графік використання. У будівлі проживають студенти, аспіранти та викладачі СумДУ. Кількість мешканців, що передбачена проектом будівлі становить 363 чоловіки.

Будівля має холодне горище та технічний (неопалювальний) підвал.

Основним енергоспоживаючим обладнанням є система освітлення та побутові прилади, які використовуються мешканцями гуртожитку.

Більш детальна характеристика даної будівлі наведена у розділі 3 цієї роботи.

Відповідно до положень [25], під час перебування на даному об'єкті обстеження можливе виникнення наступних джерел небезпек та шкідливих факторів:

1. Підвищена/знижена вологість повітря;
2. Підвищена/знижена рухомість повітря;
3. Ураження електричним струмом;
4. Недостатність природнього освітлення;
5. Недостатнє освітлення робочої зони.

При розгляді даного питання важливо пам'ятати, що даний об'єкт є житловою будівлею, тому працівників та жильців можуть спіткати ті ж нещастя, що і решту людей перебуваючи у себе вдома. Сюди можна віднести вчадіння газом (при недотриманні правил користування газовими плитами та духовками), опіки (при контакті з гарячою рідиною чи поверхнями побутових приладів), ураження електричним струмом (при недотриманні правил безпеки використання електроприборів та оголеними контактами електропроводки), побутовий травматизм та ризик травматизму при падіння з висоти.

Окрім небезпек, у які можуть потрапити перебуваючи всередині будівлі, також варто враховувати фактори, що можуть діяти ззовні. Гуртожиток №1 СумДУ оточений з усіх боків житловими будівлями, які не створюють явної небезпеки життю та здоров'ю мешканців та працівників будинку.

5.1.2 Характеристика небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера на об'єкті

Відповідно до положень ЗУ «Про охорону праці» [26], кожний працівник має право на забезпечення охорони їх життя і здоров'я у процесі виконання трудових обов'язків та на належні, безпечні і здорові умови праці. Саме тому одним із першочергових завдань відповідального за охорону праці на об'єкті є дотримання встановлених вимог щодо контролю допустимих показників безпеки.

Енергоменеджер проводячи збір вихідних даних до аудиту житлової будівлі виконує наступний перелік основних робіт:

— виконує необхідні обміри будівлі (за відсутності проектної документації);

- визначає основні характеристики мікроклімату будівлі (температура, вологість, швидкість руху повітря та ін.);
- виконує огляд систем тепло-, водо-, електро- та газопостачання;
- визначає загальний стан будівлі та систем, що в ній функціонують.

Виходячи з цього можемо зробити конкретні висновки, про те в яких саме місцях енергоменеджера може спіткати той чи інший вид небезпек.

Згідно з положеннями [27], до небезпечних факторів відносять будь-який хімічний, фізичний, біологічний чинник, речовина, матеріал або продукт, що впливає або за певних умов може негативно впливати на здоров'я людини. Вони можуть бути спричинені небезпеками механічного та електричного походження, або іншими небезпечними факторами, такими як, наявність вибухових чи отруйних речовин та сумішей, а також термічна небезпека та ін.

До механічних складових відносять небезпеку падіння з висоти. Розглянемо цей пункт більш детально. Висота будівлі, як вже говорилося у попередніх розділах, становить майже 15 м. Падіння з такої висоти може нанести тяжкі наслідки не лише здоров'ю людини, але і бути смертельним. Але зважаючи на той фактор, що горищене перекриття будівлі виконане у вигляді вальмового даху, то можливість вийти за межі цієї огорожуючої конструкції відсутня. Також у будівлі відсутні незахищені балкони чи пожежні сходи, користуючись якими може виникнути небезпека падіння. Таким чином, можна зробити висновок, що при роботі енергоменеджера на даному об'єкті можливість травматизму пов'язаного з роботами на висоті є досить незначною.

Оскільки основним електрообладнання, яке використовується на об'єкті обстеження є освітлювальні та побутові прилади, якими користуються жильці та працівники будівлі, то додаткових вимірів електричної потужності чи характеристик обладнання для проведення аналізу роботи системи електроспоживання не вимагається. Оскільки про зборі цієї інформації енергоменеджер на пряму не контактує із приладами під напругою, оголеними проводами чи іншими подібними небезпечними факторами, то це практично унеможливує вірогідність ураження струмом. Отже, можна зробити висновок,

що даний об'єкт не створює явної електричної загрози для життя та здоров'я енергоменеджера при роботі на об'єкті.

Оскільки на території гуртожитку не проводять ніякої виробничої діяльності, то цим самим мінімізується можливість отруєння чи ураження вибуховими речовинами. Теж саме можна сказати і щодо питання термічної небезпеки. Основними нагріваючими поверхнями даної будівлі є опалювальні прилади, температура поверхні яких на не становить загрози опіку, та поверхні побутових приладів з якими енергоменеджер не контактує під час роботи на об'єкті. Отже, можна зробити висновок, що фактори даної категорії не несуть загрози працівнику під час його роботи.

Шкідливим фактором називають той фактор середовища або трудового процесу, вплив якого на працівника за певних умов (інтенсивність, тривалість дії тощо) може стати причиною професійного або виробничо обумовленого захворювання, викликати тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищення частоти соматичних та інфекційних захворювань, а також, призвести до порушення здоров'я як працівника, так і його нащадків [27].

Серед шкідливих факторів, з якими може зіштовхнутися енергоменеджер під час проведення енергоаудиту можуть бути:

1. Незадовільні умови мікроклімату приміщень;
2. Недостатнє освітлення робочої зони;
3. Забруднення повітря робочої;
4. Перевищення допустимого рівня шуму та вібрації;
5. Дія іонізуючого випромінювання та електромагнітних полів.

Оскільки даний об'єкт обстеження відноситься до категорії житлових будівель, то ніякої виробничої діяльності на його території не проводиться. Отже, можна допустити, що останні три пункти є недоцільними для аналізу та дослідження у даному випадку. Перші два пункти мають місце бути.

Дійсна температура кондиціонованого об'єму будівлі коливається в діапазоні 19-21°C, відносна вологість у середньому становить 55%, що відповідає нормативним значенням [12]. Проектом будівлі передбачене використання системи вентиляції, яка на даний момент працює не належним

чином – вентиляційні канали забиті, а більшість вентиляційних решіток закриті, тому на даний момент, повітрообмін забезпечується за рахунок інфільтрації через вікна та входні двері. Виправити цю ситуацію можна провівши ряд заходів направлених на ремонт (відновлення повітряних каналів) та модернізацію (встановлення механічних вентиляторів з рекуперацією тепла) загальної системи вентиляції.

Освітлення здійснюється за рахунок роботи двох складових: природного та штучної системи освітлення. Штучне освітлення забезпечується роботою світильників двох типів: ті, які працюють завдяки лампам розжарювання та ті, які працюють на флуоресцентних лампах. Комбінація роботи цих двох систем дозволяє забезпечити належний рівень освітлювання робочої зони у тих приміщеннях, де це необхідно.

За сучасними вимогами [28], для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати найбільш економічні розрядні лампи з світловою віддачею не менше 55 лм/Вт, але слід не перевищувати максимально допустимих значень рівня освітлюваності робочої зони (табл. 12 [28]).

Отже, можна зробити висновок, що при роботі енергоменеджера на території гуртожитку №1 СумДУ не виявлено явних шкідливих факторів, які можуть вплинути на його здоров'я.

5.2 Техніка безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті

Відповідно до [29], при проведенні енергетичного аудиту перед енергоменеджером ставлять наступні завдання:

— визначити загальний стану об'єкта, що споживає ПЕР, його основних підрозділів та технологічних процесів як споживачів ПЕР;

- проаналізувати баланси споживання ПЕР окремо по кожному виду та для найбільш енергоємних технологічних установок, технологічних процесів та підрозділів;
- проаналізувати втрати ПЕР на об'єктах ЕА;
- проаналізувати питоме споживання ПЕР і порівняти з чинними нормами та нормативами;
- розробити рекомендації щодо впровадження енергоощадних заходів та їх техніко-економічним оцінювання.

Збирання інформації про об'єкт обстеження може відбуватися у декілька способів: шляхом проведення опитувань, вивченням документів та проведенням необхідних вимірювань. Зазвичай, методом вимірювання визначають наступні параметри [30]:

- визначення температури (термометр, пірометр, тепловізор);
- визначення тисків (манометр, вакуумметр, барометр, мановаукуметр);
- визначення напруги, сили струму (вольтметр, амперметр);
- визначення витрати і кількості речовини (витратомір, лічильник, ваги);
- визначення рівня рідини та сипучих тіл (рівнемір, показчик рівня);
- визначення складу газових сумішей та їх вологості (газоаналізатор, психрометр);
- визначення густини та в'язкості речовини (денсиметр, віскозиметр);
- визначення частоти обертання (тахометр);
- визначення теплоти згорання (калориметр);
- визначення якості води та пари (кондуктометр, вимірювач тиску).

Майже всі ці вимірювання потребують контакту або перебування в безпосередній близькості з певними видами обладнання та установками. Задля запобігання виникнення травматичних ситуацій під час проведення вимірювань енергоаудитор повинен дотримуватися встановлених на об'єкті обстеження правил та норм техніки безпеки. Для цього перед початком проведення робіт, аудитор має ознайомитися з списком встановленого обладнання та правилами проведення вимірювань затверджених на об'єкті обстеження. Замовник енергоаудиту, в свою чергу, має організувати інструктаж з техніки безпеки на

об'єкті та ознайомити аудитора з правилами підключення вимірювальної апаратури [29].

При проведенні вимірювань параметрів досліджуваного середовища та характеристик роботи устаткування енергоаудитору слід дотримуватися наступних правил:

- дотримуватися вимог інструкцій з техніки безпеки;
- не починати вимірювання у разі відсутності вповноваженої відповідальної особи з боку об'єкту обстеження;
- не починати роботу в разі відсутності умов для її безпечного виконання;
- знаходитися на безпечній відстані від безпосередньої робочої зони;
- проводити вимірювання тільки на справному обладнанні, зі справними пристроями та інструментом;
- не переходити до безпосереднього контакту з обладнанням не маючи мають відповідного дозволу (допуску);
- за необхідності енергоаудитор має використовувати засоби індивідуального захисту.

5.3 Дії співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!»

Нормативно-законодавчими актами України у сфері цивільного захисту визначено, що інформування та оповіщення у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є основним принципом та головним і невід'ємним елементом усієї системи заходів такого захисту.

«Увага всім!» – це головний сигнал цивільного захисту, який подається включенням звукового оповіщення для привернення уваги населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

Відповідно до положень [32], надзвичайною ситуацією називають порушення нормальних умов життя і діяльності людей, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат.

Для того, щоб своєчасно реагувати на надзвичайну ситуацію, яка може виникнути внаслідок тих чи інших причин, необхідно знати, як у ній діяти. Так, населення повинно знати можливі джерела виникнення аварійних ситуацій та епіцентри їх утворень, аби мати можливість заздалегідь підготуватися та зібрати речі першої необхідності. Оскільки, виникнення надзвичайного випадку може настигнути людей не тільки вдома чи на вулиці, то варто завчасно проводити ряд заходів щодо роз'яснення порядку дій персоналу навчальних закладів, адміністративних будівель, торгових центрів та інших громадських місць під час настання непередбачуваних ситуацій.

Оповіщення учасників навчально-виховного процесу щодо надзвичайних ситуацій проводиться за заздалегідь розробленою схемою, що допомагає провести ряд злагоджених заходів для запобігання створення загрози життю та здоров'ю учасників навчального процесу. Так, при отриманні інформації про надзвичайну подію під час навчальних занять подається три довгих дзвоника, що буде означати подання попереджувального сигналу «Увага всім!», після чого негайно приводяться у готовність радіо- та телеприймачі для прийняття повідомлення.

Повідомлення буде містити наступні інформацію:

- місце та час виникнення надзвичайної ситуації;
- її розміри та масштаби;
- час початку та тривалість дії факторів ураження;
- подальший порядок дій;
- додаткова інформація.

Прослухавши отримані рекомендації, працівники, що назначені відповідальними у даній сфері повинні провести ряд заздалегідь затверджених

заходів на випадок виникнення загрози певного типу [33]. Координувати подальші дії учасників навчального процесу повинні працівники, які були завчасно затверджені та з визначеною періодичністю проходять інструктажі щодо порядку дій під час виникнення надзвичайних ситуацій.

У разі виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою або початком забруднення повітря хімічно небезпечною чи радіоактивною речовиною всі учасники навчального закладу підлягають укриттю в захисній споруді цивільного захисту (приміщення цокольного поверху). У будівлі повинен бути наявний чіткий план евакуації та заздалегідь підготовлені приміщення для тимчасового перебування людей.

За умови проведення термінової евакуації усіх учасників навчального процесу з небезпечних зон залучається весь наявний службовий та особистий транспорт працівників, який переходить у розпорядження адміністрації. Евакуація відбувається до місць, що були визначені під час голосового інформаційного повідомлення.

За необхідності, учасники навчального процесу мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

При виникненні пожежі, учасники навчального процесу зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, а евакуацію проводити згідно із заздалегідь затвердженим планом евакуації [32].

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих, за розпорядженням адміністрації слід виконати ряд необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення до безпечного місця найбільш цінних матеріальних засобів [32].

Заздалегідь назначений відповідальний працівник повинен постійно слідкувати за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку в місті та доводити її до адміністрації й персоналу навчального закладу.

5.4 Висновки до розділу

У даному розділі розглядалося питання безпеки праці енергоменеджера та ті небезпечні та шкідливі фактори, які можуть вплинути на здоров'я чи становити загрозу його життю під час виконання робочих обов'язків. У ході роботи було виявлено, що рівень небезпеки, якій піддається спеціаліст прямопропорційно залежить від декількох факторів:

- від об'єкту, на базі якого проводиться енергоаудит;
- від різноманітності робіт, які проводить енергоменеджер;
- від особистого усвідомлення та безпосереднього контролю своїх дій.

Оскільки, об'єктом даного енергетичного дослідження є житлова будівля, то можна зробити висновок, що при дотриманні мінімальних правил безпеки ніяких непередбачуваних надзвичайних ситуацій під час огляду гуртожитку та збиранні вихідних даних виникнути не повинно, оскільки на території об'єкту відсутні явні джерела небезпек.

ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

Оскільки, енергоспоживання житловим фондом України становить значний відсоток у загальному розподілі, то питання визначення рівня енергетичної ефективності будівель стає дедалі актуальнішим. Також, у ході проведення аналізу було виокремлено декілька найбільш часто застосовуваних методик для розрахунку основних показників енергетичної ефективності будівель [7, 8].

Нормативні документи [7-9], мають чітко прописаний алгоритм дій та порядок розрахунку показників енергетичної ефективності будівлі. Методика, що запропонована у [7] дозволяє врахувати достатньо велику кількість факторів впливу на ефективність роботи систем енергозабезпечення будівлі та вміщує в себе достатньо велику статистичну базу даних, що в результаті дозволяє отримувати достатньо точні результати.

У відповідності до мети даної роботи було визначено базові характеристики енергоспоживання основними технічними системами будівлі та розраховано клас енергетичної ефективності обстежуваного об'єкту. Загальний показник питомого енергоспоживання для гуртожитку становить $198,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, що відносить дану будівлю до класу «G», згідно з діючою класифікацією житлових будівель за класом енергетичної ефективності [7]. Порівняння отриманих результатів із дійсними показниками та нормативними значеннями дозволяє зробити висновки про фізичне та моральне зношення основних енергозабезпечувальних систем та необхідність у заміні/модернізації.

Задля підвищення існуючого рівня енергоефективності обстежуваного об'єкту до максимально допустимого значення у ході роботи було розглянуто два пакети ЕЗЗ, які спрямовано на приведення теплозахисних характеристик до нормативно допустимих значень, налагодження комфортних умов мікроклімату та модернізацію основних систем енергозабезпечення будівлі. За результатами проведеного аналізу до впровадження було рекомендовано заходи, що входять до пакету А, оскільки саме їх комбінація дозволяє забезпечити необхідний рівень

енергетичної ефективності будівлі ($86,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$) при відносно незначних інвестиційних вкладах, враховуючи при цьому і екологічну сторону енергоспоживання.

Також у ході роботи було розглянуто один із найбільш зустрічаних елементів лінійних теплопровідних включень, а саме T-подібний вузол вертикального стику внутрішньої та зовнішньої стін. За допомогою комплексу ANSYS Workbench було змодельовано процес теплопередачі тепла для обраної моделі та визначено її «слабкі» місця. За результатами проведеного аналізу було виокремлені способи мінімізації тепловтрат через існуючі містки тепловтрат.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях було розглянуто питання, що пов'язані з технікою безпеки при проведенні вимірювань на об'єкті та визначено порядок дій співробітників навчального закладу під час оголошення сигналу «Увага всім!», а також проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникнути під час роботи енергоменеджера на обраному об'єкті обстеження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник / "НДІпроектреконструкція", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. - 144 с.
2. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарськопобутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. Затверджені Держжитлокомунгоспом України 14 грудня 1993. К.: ЗАТ"ВІПОЛ", 2001. 376 с.
3. Хованський С.О., Медвідь С.А., Гречка І.П. Методи розрахунку теплової потужності будівлі. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. XXVIII міжн. наук.-практ. конф. MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020р. : тези доповідей . Харків : НТУ «ХП», 2020. С. 208.
4. Medvid S., Khovanskyu S., Sotnyk M., Sapoznikov S., Boiko V. «METHODS FOR ASSESSING THE THERMAL CAPACITY OF BUILDINGS», Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph / Hnes L., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. 21-32 p.
5. Закон України від 22.06.2017р. № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель», [Електронний інтернет-ресурс], рижим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19/ed20201201>.
6. Медвідь С.А., Хованський С.О. Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі. Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) : тези доповідей . Суми : Сумський державний університет, 2020. С. 325 - 326.
7. Наказ від 11.07.2018 р. №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель», [Електронний інтернет-ресурс], рижим доступу: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>.
8. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому

- водопостачанні [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.
9. Наказ від 11.07.2018 р. №172 «Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката», [Електронний інтернет-ресурс], рижим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0825-18>.
 10. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Чинний з 08.10.2016]. К.: Державне підприємство "Укрархбудінформ", 2016. 33 с.
 11. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків»
 12. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 «Теплотехнічні властивості вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови»
 13. ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. [Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01.]. К.: Мінрегіонбуд України, 2008. 44 с.
 14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К., 2011. 127 с
 15. Постанова КМУ від 12 квітня 2017 р. № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва», [Електронний інтернет-ресурс], рижим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF#n8>.
 16. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT). [На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013]. К. : НДІБК, 2011. 229 с.
 17. ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки».
 18. ДБН В.2.6_31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП П_3_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.
 19. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового

- комфорту, освітлення та акустики будівель (EN 15251:2007, IDT): ДСТУ Б EN 15251: 2011. – [чинний від 01.01.2013]. – К.: - Мінрегіон України, 2012. – 33 с.
20. ДСТУ Б EN 15316-2-3 “Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреб та енергоефективності системи. Частина 2-3. Теплоподілення системою опалення” (ДСТУ Б EN 15316-2-3, IDT)
21. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с.
22. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення: ДСТУ ISO 10211-2:2005. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
23. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологический аудит и резервы производства — № 6/3(26), 2015, с. 45-48.
24. ISO/DIS 14683 - Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default value.
25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Система стандартов безопасности труда, [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>
26. Закон України «Про охорону праці», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#top>
27. НАКАЗ №248 від 08.04.2014 р. «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#top>
28. ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К., 2006.
29. Наказ №56 від 20.05.2010 «Про затвердження Типової методики "Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту", [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text>

30. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Контроль та вимірювання параметрів рідин і газів» / Укладачі: С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко. - Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 199 с.
31. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1809-14#Text>.
32. ІНСТРУКЦІЯ щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій учасників навчально-виховного процесу Вінницького кооперативного інституту та коледжу економіки і права, [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: http://vki.vin.ua/download/CuvilZahust/instrukcia_ns.pdf.
33. Інтернет магазин Prom.ua [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://prom.ua/>.
34. Вартість опорядковувальних робіт з утеплення [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: http://fasad-mlux.com.ua/ua/Kalkulyator_16.html.
35. Державні публічні закупівлі [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://prozorro.gov.ua/>.
36. Тариф на централізоване теплопостачання від ТОВ Сумитеплоенерго [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <http://teplo.sumy.ua/dlya-naselennya/rates/>.
37. Віконні та дверні системи WDS [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://wds.ua/>
38. Національна мережа торгівельних центрів «Епіцентр» [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://epicentrk.ua/>
39. Інтернет-супермаркет «Розетка» [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://rozetka.com.ua/>
40. Інформаційний портал Сумської міської ради [Електронний інтернет ресурс], режим доступу: <https://smr.gov.ua/uk/dovidka/tarifi.html>

ДОДАТОК А

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: м.Суми, вул. Миру, 25
 Функціональне призначення та назва: Гуртожиток №1 Сумського державного університету

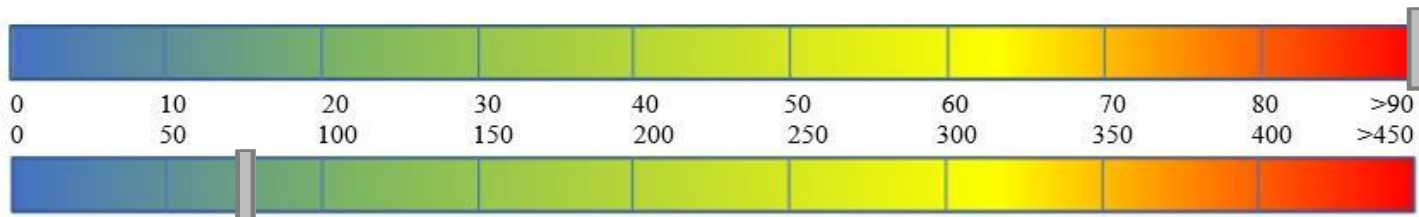
Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, м²: 4995
 Загальний об'єм, м³: 12998
 Опалювальна площа, м²: 4034
 Опалювальний об'єм, м³: 10497
 Кількість поверхів: 5
 Рік введення в експлуатацію: 1971
 Кількість під'їздів або входів: 1



Шкала класів енергетичної ефективності		Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності		
	< 44 кВт×год/м ²	
	< 79 кВт×год/м ²	
	< 87 кВт×год/м ²	
	< 109 кВт×год/м ²	
	< 131 кВт×год/м ²	
	≤ 153 кВт×год/м ²	
	> 153 кВт×год/м ²	
Низький рівень енергоефективності		
Питоме споживання на опалення, гаряче водопостачання, охолодження		198,1 кВт×год/м ²

Питоме споживання первинної енергії, кВт×год/м² за рік: 276,5



Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік 55,0

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора _____

I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальних конструкцій	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, м ² ·К/Вт		Площа А, м ²
	існуюче приведене	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	1,15	3,3	1107
Суміщені перекриття	-	-	-
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	-	-
Горищні перекриття неопалювальних горищ	0,95	4,95	807
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	2,17	3,75	807
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,31	0,75	612
Зовнішні двері	0,42	0,60	10

Опис технічного стану огорожувальних конструкцій

Зовнішні стіни

Зовнішні стіни виконані з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині 510 мм, поштукатурені ззовні та з середини цементним розчином товщиною 30 мм. Частина фасаду має додаткове утеплення. На момент проведення обстеження явних пошкоджень зовнішніх стін виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає нормативним вимогам.

Вікна та двері

Усі вікна будівлі можна умовно поділити на два типи: перший – металопластикові рами з подвійним склопакетом (4М₁-10-4М₁-10-К) та другий – дерев'яні рами з потрійним склінням. Двері з головного входу металеві з теплоізолюючим заповненням, дверні полотна із запасних виходів дерев'яні. На момент проведення обстеження явних пошкоджень входних дверей виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі вікон та дверей відповідає нормативним вимогам.

Перекриття неопалювального горища

Будівля має неопалювальне горище. Горищне перекриття виконане монолітною залізобетонною плитою 320 мм, цементно-піщаним розчином 30 мм, крівля рулонна по утепленому покриттю 80 мм. На момент проведення обстеження явних пошкоджень горищного перекриття чи покрівлі виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі даху не відповідає нормативним вимогам.

Підлога

Будівля має неопалювальне технічне підпілля. Перекриття виконане залізобетонною плитою 320 мм, цементно-піщаним розчином 30 мм. На момент проведення обстеження явних пошкоджень перекриття виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі підлоги відповідає нормативним вимогам.

II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення (кВт·год)/м ² за рік	Мінімальні вимоги (кВт·год)/м ² за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	198,1	<87
Питома енергоспоживання при опаленні	158,9	-
Питома енергоспоживання при охолодженні	2,1	-
Питома енергоспоживання при гарячому водопостачанні	37,2	-
Питома енергоспоживання систем вентиляції	-	-
Питома енергоспоживання при освітленні	7,2	-
Питома споживання первинної енергії, (кВт·год)/м ² за рік	276,5	-
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² за рік	55,0	-

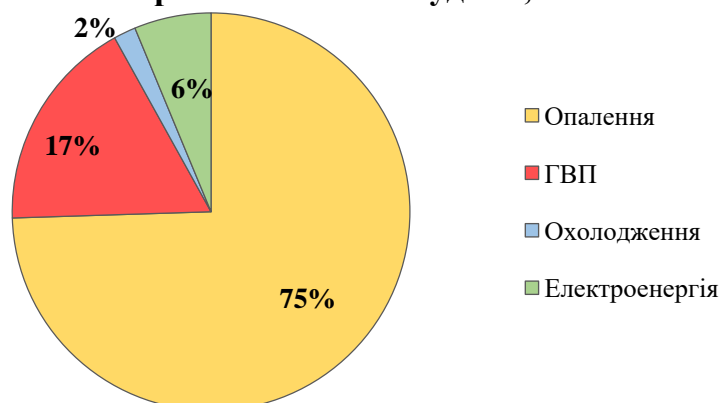
Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]	тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]
Енергоспоживання систем опалення	320,5	79,4	640,8	158,9
Енергоспоживання систем вентиляції	-	-	-	-
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	12,5	3,1	150,1	37,2
Енергоспоживання систем охолодження	-	-	8,3	2,1
Енергоспоживання систем освітлення	н/д	н/д	29,1	7,2
УСЬОГО:	333,0	82,5	799,2	198,1

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Невідповідність фактичної температури всередині приміщення заданій, що для розрахунків була прийнята.
Розбіжності реальної тривалості опалювальних періодів та тих, що приймалися для проведення розрахунків.
Певна невідповідність зовнішніх умов та температурних графіків, за якими працюють надавачі послуг із забезпечення тепловою енергією.
Певна невизначеність щодо порядку та умов функціонування будівлі.

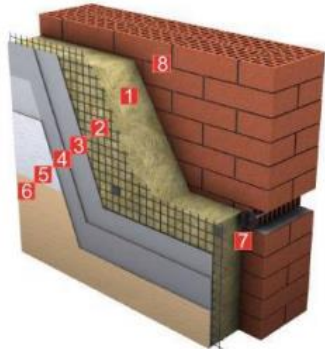
Річне енергоспоживання будівлі, %



III. Фактичні проектні характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення	
<p>Теплозабезпечення гуртожитку №1 СумДУ здійснюється централізованою системою теплопостачання, підведення комунікацій здійснюється у тепловому пункті, який знаходиться у підвальному приміщенні будівлі. Система опалення однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Гідравлічна система залежна, нерегульована. Трубопроводи виконані переважно із сталі та частково утеплені в неопалювальних приміщеннях будинку. Радіатори переважно чавунні, встановлені біля зовнішніх стін будівлі під віконними отворами.</p> <p>Під час проведення обстеження були виявлені незначні протікання теплоносія в місцях з'єднання трубопроводів.</p> <p>У будівлі існує окремий прилад обліку обсягів споживання теплової енергії, що витрачається на забезпечення системи опалення та ГВП, оскільки у тепловому пункті встановлений окремий теплообмінний апарат (бойлер). Цей фактор ускладнює визначення дійсних обсягів споживання теплової енергії, що витрачається на забезпечення роботи системи теплопостачання будівлі.</p>	
Системи гарячого водопостачання	
<p>Гаряче водопостачання гуртожитку здійснюється шляхом відбору теплоти від централізованої системи теплопостачання. Для цього у підвальному приміщенні будівлі встановлено теплообмінний апарат (бойлер), де в результаті теплообміну між гарячим теплоносієм та холодною водою отримують гарячу воду. Окремий облік гарячої води не ведеться.</p> <p>Розподільчі трубопроводи переважно сталеві, частково ізольовані у місцях проходження комунікацій у неопалювальних приміщеннях.</p>	
Система вентиляції	
<p>Проектом даної будівлі передбачене використання тільки природної вентиляції, принцип дії якої заснований на різниці температур всередині приміщення та зовнішньої температури оточуючого середовища, а отже додаткових витрат енергії на забезпечення роботи цієї системи не передбачається.</p> <p>Під час проведення обстеження гуртожитку №1 СумДУ, було виявлено, що система вентиляції будівлі працює не належним чином та не може в повній мірі забезпечувати потреби в свіжому припливному повітрі.</p>	
Системи освітлення	
<p>Освітлення будівлі здійснюється двома типами ламп: розжарювання та люмінесцентними світильниками (табл. 3.12). Левова частина припадає на лампи розжарювання – 97% від загальної кількості (рис. 3.8). Загальна потужність системи освітлення складає 11 кВт.</p> <p>Окремого лічильника для ведення обліку споживання електроенергії на потреби освітлення не передбачено.</p>	

IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

Захід №1. Утеплення зовнішніх стін		 <p>1 – мінеральна вата, 2 – скляна сітка, 3 – ґрунтовий шар, 4 – вирівнюючий шар, 5 – декоративний шар, 6 – шар фарби.</p>		
<p>На момент проведення енергетичного аудиту зовнішні стіни гуртожитку №1 СумДУ знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам, навіть зважаючи на той факт, що частина конструкції є частково утепленою (276 м²).</p> <p>З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, з попереднім демонтажем існуючого утеплення. Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 120 мм, а для «Пакету Б» – 150мм.</p>				
Пакет	Інвестиції, тис. грн.	Економія		Окупність
		кВт·год/рік	тис.грн/рік	роки
А	1 215,0	94 664	127,0	9,6
Б	1 462,5	101 395	136,0	10,8

Захід №2 Утеплення горищного перекриття				
<p>На момент проведення енергетичного аудиту горище будівлі знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам.</p> <p>З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 200 мм, а для «Пакету Б» – 250мм.</p>				
Пакет	Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
		кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
А	208,5	86 732	116,3	1,8
Б	237,6	90 360	121,2	2,0
Захід №3 Заміна вікон				
<p>На момент проведення енергетичного аудиту більшість віконних отворів знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору світлопрозорої конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам, навіть зважаючи на той факт, що частина вікон вже була частково замінена (188 м²).</p> <p>Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», планується заміна всіх віконних отворів на металопластикові склопакети типу «4К-10-4М-10-4К» з повітряним заповненням, заявлений опір світлопрозорої частини становить $0,73 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться до $0,78 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$. Для «Пакету Б» обрано склопакет типу «4і-10-4М-10-4і», Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться до $0,87 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.</p>				
Пакет	Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
		кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
А	893,5	163 550	219,4	4,1
Б	1 116,9	174 683	234,3	4,8
Захід №4 Заміна вхідних дверей				
<p>На момент проведення енергетичного аудиту головні двері з парадного входу будівлі знаходяться у задовільному технічному стані та відповідають необхідним теплозахисним характеристикам. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору дверей із запасних виходів не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам.</p> <p>З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести заміну 4 дверних дерев'яних полотен на металеві з теплоізолюючим наповненням. Таким чином, сумарний опір теплопередачі підвищиться до $0,89 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.</p>				
Інвестиції, тис. грн		Економія		Окупність
67,6		кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
		1 663	2,2	12,4

Захід №5 Модернізація системи вентиляції

Під час проведення енергетичного аудиту гуртожитку №1 СумДУ, було виявлено, що система вентиляції будівлі працює не належним чином та не може в повній мірі забезпечувати потреби в свіжому припливному повітрі. Вирішення даної проблеми, планується одночасним впровадженням наступних заходів:

- ремонт існуючих повітряних каналів;
- встановлення на кухні та у душових кімнатах рекуператорів теплоти;
- встановлення витяжних вентиляторів у туалетних кімнатах.

Виконавши ряд таких заходів ми підвищимо ефективність роботи системи вентиляції з мінімальними втратами теплової енергії.



Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
6967,7	- 4 192	- 6,4	-

Захід №6 Встановлення ІТП

Під час проведення енергетичного аудиту гуртожитку №1 СумДУ, було виявлено, що система теплозабезпечення будівлі знаходиться у не належному стані, а встановлене у тепловому пункті обладнання морально та фізично застаріло.

Впровадження даного заходу дозволить не лише зменшити втрати теплової енергії в мережі будівлі, а також зможе виконувати такі функції як:

- приготування гарячої води для потреб ГВП,
- регулювання тиску теплоносія,
- можливість регулювання температури теплоносія в залежності від температури навколишнього середовища
- можливість окремого обліку енергоспоживання системою опалення і ГВП.



Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
600,0	147 455	197,8	3,0

Захід №7 Заміна системи опалення та ГВП

Під час проведення енергетичного аудиту було помічено, що системи тепlopостачання та забезпечення ГВП знаходяться у не належному стані, а саме моральне та фізичне зношення цих систем. Саме тому, було вирішено провести їх повну заміну, тобто:

- заміна розподільчих трубопроводів та їх ізоляція (за необхідності);
- заміна радіаторів та встановлення термостатів.



Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
2 910,3	153 876	206,4	14,1

Захід №8 Заміна приладів освітлення

Під час проведення енергетичного аудиту, було виявлено, що освітлення приміщень здійснюється переважно лампами розжарювання. Основними недоліками такого джерела світла є їх низька ефективність та відносно не великий термін служби. Саме тому у рамках даної роботи було вирішено провести повну заміну всіх освітлювальних приладів на світлодіодні лампочки, які мають високу ефективність при порівняно не великій номінальній потужності самого джерела освітлення. Задля забезпечення необхідного світлового потоку були обрані світлодіодні лампи потужністю 10 та 14 Вт.



Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
7,4	24 042	40,4	0,2

ДОДАТОК Б

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Б.1 Методика розрахунку

Відповідно до [28], розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій рекомендується виконувати за наступною методикою:

1. Розрахунковий опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

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

де $\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), які приймаються згідно з додатком Е [28];

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, м²·К/Вт;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), приймаються згідно з додатком Е [28].

2. Приведений опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр сп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{F_{\text{сп}} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma \text{сп}}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j \cdot L_j} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (\text{Б.2})$$

де $R_{\Sigma \text{сп}}$ – приведений опір теплопередачі світлопрозорої ділянки, що приймається залежно від характеристик скління (склопакетів) - відстані між шарами скла, виду газонаповнення та ступеня чорноти поверхні скла згідно з додатком М [28];

$F_{\text{сп}}$ – площа світлопрозорої частини, м²;

$R_{\Sigma i}, F_i$ – опір теплопередачі та площа i -го непрозорого елемента;

n – кількість непрозорих елементів конструкції з певними значеннями $R_{\Sigma i}, F_i$;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), j -го теплопровідного включення, який приймається згідно з додатком И [28];

L_j – лінійний розмір, м, j -го конструктивного непрозорого елемента світлопрозорої конструкції;

m – кількість непрозорих елементів конструкції, для яких необхідно визначати k_j .

3) Розрахунок опору теплопередачі через технічне підпілля проводимо у відповідності до додатку Б [8].

Перекриття над підвалом:

$$R_{\Sigma \text{пр підл}} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \quad (\text{Б.3})$$

де U_f – коефіцієнт теплопередачі перекриття над технічним підпіллям, Вт/(м²·К);

U_x – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором технічного підпілля та зовнішнім середовищем, обумовлений тепловим потоком через зовнішні стіни та вентиляцію технічного підпілля, Вт/(м²·К);

U_g – коефіцієнт теплопередачі підлоги по ґрунту, Вт/(м²·К);

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln \left(\frac{\pi B' + d_g}{d_g} + 1 \right) \quad (\text{Б.4})$$

$$d_g = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (\text{Б.5})$$

де R_f – термічний опір перекриття над технічним підпіллям, м²·К/Вт;

$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}$ – характерний розмір підлоги;

A – площа підлоги, м²;

P – зовнішній периметр підлоги, м;

λ – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з табл. Б.1 [8], Вт/(м·К);

w – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;

R_{si} – тепловий внутрішній поверхневий опір, згідно з табл. Б.2 до [8], (м²·К)/Вт;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір, табл. Б.2 до [2], (м²·К)/Вт/

$$U_x = 2 \cdot \frac{h \cdot U_w}{B'} + 1450 \cdot \frac{\varepsilon \cdot v \cdot f_w}{B'} \quad (\text{Б.6})$$

де h – висота від відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над технічним підпіллям, м;

U_w – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін технічного підпілля вище рівня поверхні ґрунту, Вт/(м²·К);

ε – площа вентиляційних отворів по периметру підпільного простору, м²/м;

v – середня швидкість вітру, м/с, визначають згідно з [14], як середня швидкість вітру за переважним напрямом в січні;

f_w – ступінь вітрозахисту, що визначається згідно з табл. Б.3 [8].

Б.2 Проведення розрахунку

Для розрахунку термічного опору теплопередачі через непрозорі елементи, використаємо формулу (А.1) та вихідні данні з табл. Б.1, Б.2.

Таблиця Б.1 – Площа огорожуючих конструкцій будівлі у відповідності до їх орієнтації у просторі

Найменування конструктивного елементу	Пн	Сх	Пд	Зх	Всього, м ²
Стіни без утеплення	487	0	465	155	1107
Стіни з утеплення	58	159	58	0	276
Горищне перекриття	807				807
Перекриття над холодним підвалом	807				807
Пластикові вікна	21	58	55	54	188
Дерев'яні вікна	215	0	204	4,1	423
Металеві двері	0	0	3,4	0	3,4
Дерев'яні двері	6,4	0	0	0	6,4

Таблиця Б.2 – Конструктивні особливості огороджуючих конструкцій будівлі

Найменування конструктивного елемента	Матеріал	Товщина, м	Теплопровід. матеріалу, Вт/(м·К)	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² ·К)		Опір теплопередачі, м ² ·К/Вт
Стіни без утеплення	Цегляна кладка	0,51	0,81	8,7	23	0,86
	Штукатурка	0,06	0,81			
Стіни з утеплення	Цегляна кладка	0,51	0,81	8,7	23	2,29
	Штукатурка	0,06	0,81			
	Мінеральна вата	0,10	0,07			
	Алюмінієва касета	0,003	221			
Горищне перекриття	Залізобетонна плита	0,32	2,04	8,7	12	0,81
	Штукатурка	0,06	0,81			
	Гравій керамзитовий	0,12	0,23			
Перекриття над холодним підвалом	Залізобетонна плита	0,32	2,04	8,7	6	2,17
	Розчин цементно-піщаний	0,03	0,81			
Пластикові вікна	–	–	–	8,7	23	0,59
Дерев'яні вікна	–	–	–	8,7	23	0,19
Металеві двері	Залізний лист	0,002	58	8,7	23	0,89
	Наповнювач	0,04	0,055			
Дерев'яні двері	Дерево	0,01	0,41	8,7	23	0,18

Використовуючи наведені вище вихідні дані, отримаємо такі значення:

Стіни без утеплення:

$$R_{\Sigma \text{пр ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,06}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,86 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Стіни з утеплення:

$$R_{\Sigma \text{пр ст ут}} = 0,86 + \frac{0,10}{0,07} + \frac{0,003}{221} = 2,29 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Перекриття холодного горища:

$$R_{\Sigma \text{пр стл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,06}{0,81} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,81 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Для розрахунку термічного опору теплопередачі через світлопрозорі елементи, використаємо формулу (Б.2). Тоді, отримаємо такі значення:

Пластикові вікна (4М₁-10-4М₁-10-К):

За відсутності фактичних значень, коефіцієнт термічного опору непрозорих елементів пластикового вікна:

$$R_{\text{пласт констр}} = \frac{3 \cdot 0,003}{0,15} + \frac{3 \cdot 0,025}{0,026} + \frac{0,003}{221} = 1,98 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Відповідно до п.8.2.2 [2] приймаємо, що частка обрамлення (непрозорої частини) рівна 0,3 для віконних та дверних блоків будівлі.

$$R_{\Sigma \text{пр вік п}} = \frac{1}{8} + \frac{188}{\frac{188 \cdot 0,7}{0,59} + \frac{188 \cdot 0,3}{1,98} + 1,74 \cdot 112,8} + \frac{1}{23} = 0,59 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Дерев'яні вікна (4М₁-10-4М₁-10-4М₁):

За відсутності фактичних значень, приймаємо, коефіцієнт термічного опору непрозорих елементів дерев'яного вікна:

$$R_{\text{дер констр}} = \frac{2 \cdot 0,04}{0,41} = 0,20 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Тоді,

$$R_{\Sigma \text{пр вік д}} = \frac{1}{8} + \frac{423}{\frac{423 \cdot 0,7}{0,02} + \frac{423 \cdot 0,3}{0,20} + 1,74 \cdot 256,5} + \frac{1}{23} = 0,19 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Металеві двері:

$$R_{\Sigma \text{пр дв м}} = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,001}{58} + \frac{0,04}{0,055} + \frac{1}{23} = 0,89 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Дерев'яні двері:

$$R_{\Sigma \text{пр дв д}} = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,005}{0,41} + \frac{1}{23} = 0,18 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Підлога:

$$R_f = \frac{0,32}{2,04} + \frac{0,03}{0,81} = 0,19$$

$$d_g = 0,56 + 2 \cdot (0,17 + 0,19 + 0,043) = 1,38$$

$$B = \frac{(14,77 \cdot 54,62)}{14,77 + 54,62} = 11,63$$

$$U_g = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 11,63 + 1,38} \ln \left(\frac{\pi \cdot 11,63}{1,38} + 1 \right) = 0,35$$

$$U_w = \frac{1}{0,86 \cdot 0,89 + 0,19 \cdot 0,1} = 1,26$$

$$U_x = 2 \cdot \frac{1 \cdot 1,26}{11,63} + 1450 \cdot \frac{0,002 \cdot 4,4 \cdot 0,02}{11,63} = 0,24$$

$$R_{\Sigma \text{пр пдл}} = \frac{1}{8,7} + 0,19 + \frac{1}{0,35 + 0,24} + \frac{1}{6} = 2,17 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Результати розрахунку наведено у табл.Б.3.

Таблиця Б.3 – Розрахункове значення коефіцієнтів термічного опору огороджуючих конструкцій обстежуваного об'єкта

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Площа, м ²	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/Вт
1	Стіни	1107	1,15*
2	Підлога над технічним підвалом	807	2,17
3	Перекрыття холодного горища	807	0,81
4	Вікна	612	0,31*
5	Двері	10	0,42*

*загальне значення отримане з урахуванням коригувальних коефіцієнтів, що відображають частку вікон певного типу від загальної кількості.

ДОДАТОК В

Техніко-економічний розрахунок щодо утеплення зовнішніх стін

Таблиця В.1 – Аналіз показників ефективності запропонованих методів по утеплення зовнішніх стін

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,86	3,72	4,43
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	464626	459901
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	342597	338171
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	546147	539416
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	150052	150052
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	696199	689468
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	33282
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	175,0	173,3
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	246	244
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	49,0	48,5

Таблиця В.2 – Економічний аналіз запропонованих методів по утепленню зовнішніх стін

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Площа утеплення, м ²	1500	1500
Вартість утеплювача, грн/м ² [33]	230	375
Вартість допоміжних матеріалів, грн/м ² [34]	220	220
Вартість робіт, грн/м ² [35]	360	380
Загальна вартість, тис. грн	1215	1463
Економія від впровадження заходу, Гкал	81,4	87,2
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	1559,67
Економія від впровадження заходу, тис. грн	127,0	136,0
Простий термін окупності, років	9,6	10,8

ДОДАТОК Г

Техніко-економічний розрахунок щодо утеплення горищного перекриття

Таблиця Г.1 – Аналіз показників ефективності запропонованих методів по утеплення горищного перекриття

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,95	5,19	6,38
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	471318	468819
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	347806	345420
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	554079	550451
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	150052	150052
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	704131	700503
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	33282
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	177,1	176,2
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	249	248
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	49,5	49,3

Таблиця Г.2 – Економічний аналіз запропонованих методів по утепленню горищного перекриття

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Площа утеплення, м ²	807	807
Вартість утеплювача, грн/м ² [33]	151	187
Вартість допоміжних матеріалів, грн/м ² [34]	95	95
Вартість робіт, грн [35]	10000	10000
Загальна вартість, тис. грн	209	238
Економія від впровадження заходу, Гкал	74,6	77,7
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	1559,67
Економія від впровадження заходу, тис. грн	116,3	121,2
Простий термін окупності, років	1,8	2,0

ДОДАТОК Д

Техніко-економічний розрахунок щодо заміни вікон

Таблиця Д.1 – Аналіз показників ефективності запропонованих методів по заміні вікон

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,31	0,78	0,87
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	418378	410712
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	297285	289963
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	477261	466128
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	150052	150052
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	627313	616180
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	33282
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	158,8	156,1
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	226	222
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	44,8	44,1

Таблиця Д.2 – Економічний аналіз запропонованих методів по заміні вікон

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Площа склопакетів, м ²	612	612
Вартість, грн/м ² [37]	1 460	1 825
Загальна вартість, тис. грн	894	1117
Економія від впровадження заходу, Гкал	140,7	150,2
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	1559,67
Економія від впровадження заходу, тис. грн	219,4	234,3
Простий термін окупності, років	4,1	4,8

ДОДАТОК Е

Техніко-економічний розрахунок щодо заміни вхідних дверей

Таблиця Е.1 – Аналіз показників ефективності запропонованих методів по заміні вхідних дверей

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Опір теплопередачі, (м ² · К)/Вт	0,31	0,89	
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	529907	
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	403745	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	8334	
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	150052	
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	789200	
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	197,7	
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	276	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	54,9	

Таблиця Е.2 – Економічний аналіз запропонованих методів по заміні вхідних дверей

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Кількість дверних полотен, од	4	
Вартість дверного полотна, грн/од [38]	5743	
Вартість робіт, грн/од [35]	1149	
Загальна вартість, тис. грн	28	
Економія від впровадження заходу, Гкал	1,4	
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	2,2	
Простий термін окупності, років	12,4	

ДОДАТОК Ж

Техніко-економічний розрахунок щодо модернізації системи вентиляції

Таблиця Ж.1 – Аналіз показників ефективності запропонованих методів по модернізації системи вентиляції

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Кратність повітрообміну, год ⁻¹	0,50*	0,55	
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	529907	
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	403745	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	8334	
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	150052	
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	789200	
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	197,7	
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	276	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	54,9	

*нормативне значення кратності повітрообміну для житлових будинків згідно з

Таблиця Ж.2 – Економічний аналіз запропонованих методів по модернізації системи вентиляції

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Кількість рекуператорів, од	18	
Вартість рекуператора, грн/од [39]	7600	
Кількість витяжних вентиляторів, од	10	
Вартість витяжного вентилятора, грн/од [39]	1090	
Ремонт повітряних каналів, тис. грн [35]	790	
Встановлення вентиляційних систем, тис. грн [35]	30	
Загальна вартість, тис грн	967,7	
Економія від впровадження заходу, Гкал	-1,5	
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	
Економія від впровадження заходу, кВт·год	-2411	
Тариф на теплову енергію, грн/кВт·год [40]	1,68	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	-6,4	
Простий термін окупності, років	-150,3	

ДОДАТОК И

Техніко-економічний розрахунок щодо встановлення ІТП

Таблиця И.1 – Аналіз показників ефективності енергоспоживання до та після встановлення ІТП

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	531052	
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	404838	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	516707	
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	126702	
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	643408	
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	161,6	
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	229	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	45,5	

Таблиця И.2 – Економічний аналіз показників ефективності після встановлення ІТП

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Вартість ІТП з урахуванням встановлення та пусконаладжувальних робіт, тис грн/од [35]	600	
Загальна вартість, тис. грн	600	
Економія від впровадження заходу, Гкал	126,8	
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	197,8	
Простий термін окупності, років	3,0	

ДОДАТОК К

Техніко-економічний розрахунок щодо заміни систем опалення та ГВП

Таблиця К.1 – Аналіз ефективності заміни систем опалення та ГВП

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	531052	
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	112733	
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	404838	
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	513073	
Енергоспоживання при ГВП кВт·год/рік	150052	123913	
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	636986	
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	33282	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	160,0	
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	227	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	45,1	

Таблиця К.2 – Економічний аналіз ефективності після заміни систем опалення та ГВП

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Найменування	Кількість, од	Вартість, грн/од
Радіатори опалення, шт [39]	409	1029
Темостати, шт [39]	409	265
Трубопровідна арматура та труби, м ² [38]	1946	450
Балансувальна система [38]	1	300
Встановлення нової системи опалення та ГВП, тис грн [35]	1	349
Демонтаж старої системи опалення та ГВП, тис грн [35]	1	848
Утеплення трубопроводів у неутеплених приміщеннях, м [35]	141	60
Загальна вартість, тис. грн	2910	
Економія від впровадження заходу, Гкал	132,3	
Тариф на теплову енергію, грн/Гкал [36]	1559,67	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	206,4	
Простий термін окупності, років	14,1	

ДОДАТОК Л

Техніко-економічний розрахунок щодо заміни приладів освітлення

Таблиця Л.1 – Аналіз показників ефективності енергоспоживання до та після заміни приладів освітлення

Параметр	Дійсний стан	Пакет А	Пакет Б
Енергоспоживання системою освітлення, кВт·год/рік	29121	4336	
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	9240	
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	198,1	
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	263	
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	52,5	

Таблиця Л.2 – Економічний аналіз показників ефективності після заміни приладів освітлення

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Найменування	Кількість, од	Вартість, грн/од
Тип А (10 Вт) [39]	159	45
Тип Б (14 Вт) [39]	5	52
Загальна вартість, тис. грн	7,4	
Економія від впровадження заходу, кВт·год	24042	
Тариф на теплову енергію, грн/кВт·год [36]	1,68	
Економія від впровадження заходу, тис. грн	40,4	
Простий термін окупності, років	0,2	

ДОДАТОК М

Порівняльна характеристика запропонованих пакетів ЕЗЗ

Таблиця М.1 – Аналіз показників ефективності енергоспоживання запропонованих пакетів ЕЗЗ

Параметр	Дійсний стан	Пакет А		Пакет Б	
		Значення	Відсоток	Значення	Відсоток
Сумарні тепловтрати для періоду опалення, кВт·год	531052	292519	55%	282374	53%
Сумарні теплонадходження для періоду опалення, кВт·год	112733	111327	99%	111327	99%
Енергопотреба на опалення, кВт·год/рік	404838	178531	44%	168904	42%
Енергоспоживання при опаленні, кВт·год/рік	640811	211039	33%	200414	31%
Енергоспоживання при ГВП, кВт·год/рік	150052	112342	75%	112342	75%
Загальний обсяг споживання теплової енергії, кВт·год/рік	790863	323381	41%	312756	40%
Загальний обсяг споживання електроенергії, кВт·год/рік	33282	10908	33%	10908	33%
Загальний показник питомого енергоспоживання, кВт·год /м ²	198,1	86,1	43%	83,8	42%
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ²	277	118	43%	115	42%
Питомий показник викидів парникових газів, кг/м ²	55,1	23,5	43%	22,9	42%

Таблиця М.2 – Економічний аналіз показників ефективності після запровадження запропонованих пакетів ЕЗЗ

Параметр	Пакет А	Пакет Б
Загальна економія від впровадження пакету ЕЗЗ (теплова енергія), Гкал/рік	402,0	411,2
Загальна економія від впровадження пакету ЕЗЗ (електроенергія), кВт·год/рік	22374	22374
Загальна економія від впровадження пакету ЕЗЗ, тис грн/рік	665	679
Загальна вартість впровадження ЕЗЗ, тис грн	6830	7330
Простий термін окупності, років	10,3	10,8
Дисконтований термін окупності, років	15,5	16,5