

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: « Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі »

Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Медвідь С.А.
(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

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

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

(підпис)

Хованський С.О.
(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ
(наукова ступінь, звання або посада)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії _____
(підпис)

Суми 2019

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Напрямок підготовки 6.050601 «Теплоенергетика»
за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки
_____ Ковальов І.О.
“___” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Медвідь Світлана Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи _____ Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі

затверджена наказом по університету № _____ від “___” _____ 20__ р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до “10” червня 2019 р.

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

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ (загальна характеристика проблем з енергозбереження, мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1. Методи оцінки теплової потужності будівлі (класифікація методів оцінки теплової потужності будівлі; аналіз існуючих методик).

2. Стаціонарні методи розрахунку (основні положення перелічених методик розрахунку; представлення результатів розрахунку).

3. Квазістаціонарний метод розрахунку (основні положення методики розрахунку заходів; представлення результатів розрахунку).

4. Динамічний метод розрахунку (основні положення методики розрахунку заходів; представлення результатів розрахунку).

5. Аналіз отриманих результатів (порівняння фактичних значень з розрахунковими);

6. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень або плакатів)

1. Блок-схема розрахунку за ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007
2. Блок-схема розрахунку за ДСТУ Б А.2.2-12:2015
3. Блок-схема розрахунку за ДСТУ Б EN ISO 13790:2011
4. Аналіз отриманих результатів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково- пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних, характеристика об'єкту енергетичного обстеження	До 10.04.19	
2	Складання класифікації методів для розрахунку теплової потужності будівлі	До 15.04.19	
3	Аналіз опалювальних характеристик будівлі на основі стаціонарних методів розрахунку	До 20.04.19	
4	Аналіз опалювальних характеристик будівлі на основі квазістаціонарного методу розрахунку	До 05.04.19	
5	Аналіз опалювальних характеристик будівлі на основі динамічного методу розрахунку	До 15.05.19	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	До 25.05.19	
7	Оформлення розрахунково- пояснювальної записки та графічних матеріалів	До 07.06.19	
8	Здача роботи на перевірку	10.06.19	
9	Доопрацювання зауважень	До 15.06.19	
10	Захист роботи	18.06–22.06.19	

Дата видачі завдання “ ___ “ _____ 20__ р.

Студент _____
(підпис)

_____ Медвідь С.А.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ Хованський С.О.
(Прізвище та ініціали)

						Аркуш
						3
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 128 с., 7 рисунків, 29 таблиць, 3 додатки, 25 літературних джерел.

Графічні матеріали: блок-схема розрахунку за ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007, блок-схема розрахунку за ДСТУ Б А.2.2-12:2015, блок-схема розрахунку за ДСТУ Б EN ISO 13790:2011, плакат «Аналіз отриманих результатів» – усього чотири аркуша формату А3.

Мета роботи: оцінка існуючих нормативних документів у сфері енергозбереження для розрахунку теплової потужності будівель.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання: створена класифікація методів для розрахунку теплової потужності будівлі; проведений розрахунок теплового балансу будівлі відповідно до наступних методик: [4], [6], [7], [9], [10] і [18] та порівняльний аналіз значень, що були отримані у результаті розрахунків з дійсними показниками для заданого об'єкту.

Об'єкт енергообстеження: споживання теплової енергії будівлею НВК №41 «Райдуга».

Предмет енергообстеження: система споживання теплової енергії.

Методи дослідження: стаціонарні, квазістаціонарний та динамічний методи розрахунку теплової потужності будівлі.

Ключові слова: ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЕНЕГОПОТРЕБА, ДИНАМІЧНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ, ОПАЛЕННЯ

Тема роботи – «Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі».

					Аркуш
					4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН	3
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
1 МЕТОДИ ОЦІНКИ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ БУДІВЕЛЬ	9
1.1 Класифікація методів оцінки теплової потужності будівлі.....	9
1.2 Опис існуючих методів визначення теплової потужності будівлі	12
1.3 Висновки	18
2 СТАЦІОНАРНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ	19
2.1 Методика проведення розрахунків відповідно до КТМ-204 Україна 244-94.....	19
2.2 Проведення розрахунків відповідно до методики КТМ-204 Україна 244-94.....	20
2.3 Методика проведення розрахунків за методом збільшених показників	21
2.4 Проведення розрахунків за методом збільшених показників	22
2.5 Методика розрахунку за «комбінованим методом».....	23
2.6 Проведення розрахунків за «комбінованим методом»	26
2.7 Методика проведення розрахунків відповідно до ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007.....	31
2.8 Проведення розрахунків відповідно до методики ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007.....	36
3 КВАЗІСТАЦІОНАРНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ	41

					6.050601 ХХ БР ХХ ПЗ				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					
Розроб.		Медвідь			Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Хованський					5		
Н. контр.							СумДУ, ЕМ-51		
Затв.									

3.1	Методика проведення розрахунків відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015.....	41
3.2	Проведення розрахунків відповідно до методики ДСТУ Б А.2.2-12:2015.....	51
4	ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ.....	63
4.1	Методика проведення розрахунку відповідно до ДСТУ Б EN ISO 13790 2011.....	63
4.2	Проведення розрахунку відповідно до методики ДСТУ Б EN ISO 13790 2011.....	75
5	АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	94
5.1	Порівняння розрахункових значень з фактичними.....	94
5.2	Висновки.....	98
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	100
	ВИСНОВКИ.....	113
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРА.....	115
	ДОДАТОК А «Характеристика об'єкту енергетичного обстеження».....	118
	ДОДАТОК Б «Розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій».....	123
	ДОДАТОК В «Довідникові значення для проведення розрахунків».....	127

					6.050601 ХХ БР ХХ ПЗ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Медвідь			Динамічні методи розрахунку теплової потужності будівлі	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Хованський					6	
Н. контр.						СумДУ, ЕМ-51		
Затв.								

ВСТУП

Питання ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) останнім часом стає дедалі актуальнішим для забезпечення енергетичної незалежності України. За даними [1], щороку наша держава імпортує близько 50 % ПЕР від загального обсягу їх споживання, що в свою чергу зумовлює вагому залежність від країн-експортерів. При цьому, прогнозовані значення потенціалу енергозбереження для України сягають 42-48 % від сумарного обсягу споживаних ПЕР.

Житловий фонд України являється одним із основних споживачів енергоресурсів в Україні. Оскільки, вік більшої частини житлового фонду України перевищує 50 років, то, більше ніж 60% будинків потребують модернізації та/або капітального ремонту [1]. Окрім цього, майже 90% будівель нині не відповідають сучасним вимогам енергоефективності [2], «із загального обсягу споживаної енергії, що становить близько 43 % вироблюваної теплової енергії, 90 % витрачається на опалення» – [3].

22 червня 2017 року ВРУ прийняла законопроект №4941 «Про енергетичну ефективність будівель» [4]. Відповідно до його положень вводиться обов'язкова енергетична сертифікація та визначення класів енергоефективності будівель. Зокрема, об'єкти будівництва, що знаходяться на стадії проектування та вже побудовані будівлі повинні будуть пройти сертифікацію енергетичної ефективності з метою визначення фактичних її показників та проведення оцінки відповідності зазначених показників встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель.

Задля грамотного вирішення поставленого завдання необхідно використання відповідних методик розрахунку теплової потужності будівель. У зв'язку з великою їх різноманітністю, важливим є визначення однієї найбільш достовірної, коректної та простої у реалізації.

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Метою даної роботи є оцінка існуючих нормативних документів у сфері енергозбереження для розрахунку теплової потужності будівель.

Розрахунки проводилися даних стандартів проводилися на основі одного реального об'єкту – НВК №41 «Райдуга», що знаходиться за адресою: вул. Леоніда Бикова, 9, м. Суми, Сумська область, 40004.

Предметом дослідження є опалювальна характеристика будівлі

Задля цього використовувалися розрахункові методи визначення теплової потужності будівлі відповідно до наступних методик: [5], [6], [7], [8], [9] та [10] та порівняльний аналіз значень, що були отримані у результаті розрахунків з дійсними показниками для заданого об'єкту.

Вихідними даними до проведення розрахунків є: технічна документація закладу, показання лічильника теплової енергії та інші матеріали, що були зібрані під час проходження виробничої практики.

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 МЕТОДИ ОЦІНКИ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ БУДІВЕЛЬ

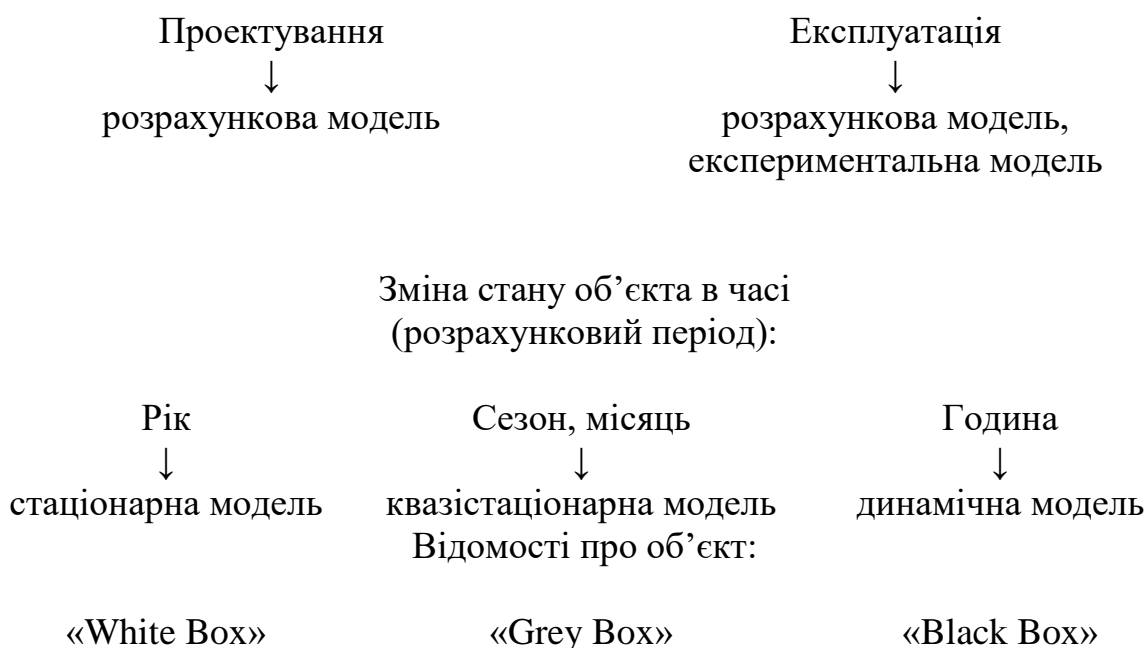
1.1 Класифікація методів оцінки теплової потужності будівлі

Існуючі методи визначення теплової потужності будівель є досить розгалуженими та мають певні особливості, що обумовлені конструктивним виконанням і призначенням цих обчислень. При проведенні розрахунків реальний об'єкт доцільно розглядати у вигляді моделі, тим самим враховуючи чи нехтуючи певними факторами.

Відповідно до інформації, що наведена у [11], моделлю називають «об'єкт-замінник, створений з метою відтворення за певних умов суттєвих властивостей об'єкта-оригіналу». Основною задачею моделювання є створення такого опису заданого об'єкта, що зміг би у повній мірі відобразити оригінал, відповідно до заданої мети моделювання [11].

При виборі розрахункової моделі необхідно визначитися з такими основними критеріями:

Стадія життєвого циклу об'єкта:



						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

↓
імітаційна модель

↓
комбінована модель

↓
аналітична модель

Метод уявлення:

Фізичний

Статистичний

Розглянемо більш детально кожен з приведених моделей.

1) Залежно від стадії життєвого циклу змінюються і методики обрахунку теплової потужності. На етапі проектування її визначають для прогнозування енергопотреб будівлі та передбачення обсягів споживання енергії – для цього використовують розрахункові моделі. На стадії експлуатації, теплову потужність будівлі знаходять, переважно, з метою подальшої модернізації систем для зменшення обсягів енергоспоживання – для цього користуються розрахунковими та експериментальними моделями. Розрахункові моделі базуються на основі проектних та статистичних відомостей, тому в порівнянні з експериментальними, що ґрунтуються на даних, отриманих у ході експерименту, можуть давати більшу похибку, але вимагають менших затрат часу та праці на їх реалізацію.

2) Залежно від поставленої мети, розрахунок теплової потужності можна визначати за допомогою стаціонарних, квазістаціонарних чи динамічних моделей. Найбільшого поширення на території України здобули стаціонарні методи розрахунку. Дану методику, переважно, використовують для отримання орієнтовних значень енергоспоживання існуючих будівель, оскільки розрахунки ведуться, здебільшого, за нормативними та статистичними даними. Розрахунковий період даного методу складає один рік та не враховує інерційних особливостей будівлі. Дана модель базується на основі таких нормативних документів, як [5] та [9]. Квазістаціонарні методики використовують при розрахунках для більш тривалого інтервалу часу (зазвичай один місяць чи цілий сезон) та враховують динамічні зміни стану будівлі за рахунок емпіричних коефіцієнтів використання теплонадходжень та

						Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тепловтрат. Дана методика розкрита у [6] та [7]. Динамічні методики для моделювання енергоспоживання в Україні використовуються найрідше, і, здебільшого, для розрахунку погодозалежних систем. Цей метод дозволяє проводити розрахунки для короткотривалих часових інтервалів (одна година) та враховує обсяг тепла, що акумулюється в, або вивільняється від масиву будинку. Приведений спосіб розрахунку заснований на стандарті [6].

Найбільшу точність результатів передбачає динамічний метод розрахунку, але для його обчислення необхідна значна кількість вхідних даних та тривалий час на їх обробку. Для підвищення точності отриманих результатів за стаціонарним методом необхідне своєчасне оновлення і поповнення вхідних даних.

3) Залежно від відомостей про взаємозв'язок між параметрами системи розглядаються три типи моделей: метод чорного ящика ("black-box"), білого ящика ("white-box") та сірі моделі ("grey-box"), в основі яких лежать аналітичний, імітаційний та комбінований способи моделювання, відповідно. Автор [11], пояснює це так: «... для аналітичних моделей (analytical models) властиво те, що процеси функціонування об'єкта подаються у вигляді аналітичних математичних залежностей: алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь або їх систем, логічних умов. Імітаційне моделювання (simulation) передбачає подання моделі у вигляді алгоритму та комп'ютерної програми, яка дозволяє відтворити поведінку об'єкта. Імітаційні моделі розглядаються як експерименти, що проводяться на комп'ютерах з математичними моделями, які імітують поведінку реальних об'єктів. При цьому імітуються елементарні явища, що складають процес, зі збереженням їх логічної структури та послідовності у часі, що дозволяє отримати відомості про стан системи у певний момент часу та оцінити характеристики системи. Імітаційні моделі дозволяють вирішувати більш складні задачі, ніж аналітичні. Інколи застосовується комбіноване (аналітико-імітаційне) моделювання, яке полягає в тому, що об'єкт декомпозується на окремі підсистеми. Для тих

						Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

підсистем, для яких це можливо, використовуються аналітичні моделі, а для інших розробляються імітаційні моделі...».

4) Залежно від методів аналізу будівель виділяють два види моделей: фізичні та статистичні. Фізичні моделі використовують для опису систем, що підлягають поясненню з фізичної точки зору. Для формування таких моделей вхідними даними є параметри реальних процесів. Якщо цих закономірностей невідомо, то розрахунки проводять на основі статистичних даних, модель являє собою абстрактну схему відношень між параметрами, що характеризують властивості дійсного процесу [12].

При виборі відповідної методики для розрахунку теплової потужності будівель необхідно враховувати мету проведення розрахунків та їх призначення, а також конструктивні особливості об'єкту та його теплофізичні характеристики.

1.2 Опис існуючих методів визначення теплової потужності будівлі

Для моделювання теплового стану будівель використовують методики, що ґрунтуються на базі нормативних актів, доповнень до них та різноманітних програмних продуктів. Найбільшого поширення серед існуючих методик здобули [5], [6], [7], [8], [9] та [10].

1.2.1 Нормативні документи

КТМ-204 Україна 244-94 [5] призначений для планування потреб в теплоті та паливі на опалення, вентиляцію та ГВП житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби. Витрати теплоти на

						Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

потреби опалення визначаються як величина для покриття тепловтрат крізь будинкові огороження, що викликані інфільтрацією. Розрахунки базуються на основі укрупнених питомих опалювальних характеристиках та статистичних даних, залежно від призначення будівлі, року забудови та від її габаритних розмірів. Дана методика є прикладом стаціонарного методу розрахунку енергопотреби на опалення для будівель, що експлуатуються. Аналогом [5] є Міжгалузеві норми [13].

Згідно з стандартом [9] теплову потужність будівлі визначається як різниця між тепловтратами та теплонадходженнями. На відміну від попередніх методик, що базуються на розрахунку за укрупненими показниками, використовує метод розрахунку на основі градусо-днів опалювального сезону. Також дана методика дозволяє враховувати найбільшу кількість факторів впливу серед інших стаціонарних методик розрахунку, тим самим вона є найбільш коректною серед найбільш розповсюджених на території України. Її використовують для розроблення та складання енергетичного паспорта будівництва різного призначення з параметрами мікроклімату, що нормуються, під час проектування нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та проведення енергетичного обстеження будівель.

Відповідно до стандарту ЄС в Україні був створений його повний аналог ДСТУ Б EN ISO 13790 [6]. Даний стандарт надає два основних види методик розрахунку: квазістаціонарний та динамічний методи. У динамічних методах миттєвий надлишок тепла протягом опалювального періоду має ефект, при якому внутрішня температура перевищує задану, в результаті чого видалення надлишку тепла відбувається через додаткову трансмісію, вентиляцію та акумуляцію, якщо відсутнє механічне охолодження. Даний метод моделює теплопередачу трансмісією, тепловий потік за рахунок вентиляції, акумулювання тепла та внутрішні і сонячні теплові надходження до зони будівлі. У квазістаціонарних методах динамічні ефекти прийняті до уваги через впровадження кореляційних коефіцієнтів. Для опалення коефіцієнт

						Аркуш
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

використання внутрішніх та сонячних теплових надходжень береться до уваги як факт, що тільки частина внутрішніх та сонячних теплових надходжень використана для зменшення енергопотреби для опалення. Залишок призводить до небажаного зростання внутрішньої температури понад задане значення. ДСТУ Б EN ISO 13790 [6] охоплює три різні типи методу: повністю визначений місячний квазістаціонарний розрахунковий метод (сезонний метод), повністю визначений спрощений динамічний погодинний розрахунковий метод, методики розрахунку для детальних (погодинних) динамічних методів моделювання, який розглядає модель – п'ять опорів, одна ємність (5R1C). Даний метод не набув широкого вжитку в Україні і потребує проведення аналізу, накопичення баз даних та досвіду використання.

Основаючись на квазістаціонарному методі розрахунку стандарту [6] був створений ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7]. Цей стандарт встановлює розрахунковий метод оцінки річного енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні будівель житлового та громадського призначення, що проектуються або експлуатуються. Для режиму опалення цей стандарт визначає квазістаціонарний метод, за яким тепловий баланс розраховують для періоду в один місяць, що дозволяє взяти до уваги динамічні ефекти за емпірично визначеним коефіцієнтом використання надходжень та/або втрат. За цим стандартом, будівля розподіляється на окремі теплові зони. Енергетичний (тепловий) баланс рівня зони будівлі включає наступні складові: трансмісійну теплопередачу між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім навколишнім середовищем; вентиляційну теплопередачу (від природної вентиляції або системи механічної вентиляції); внутрішні теплонадходження (включаючи від'ємні надходження від тепловідводу), від людей, устаткування, освітлення та теплота, що виділена або поглинута з систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції тощо; сонячні теплонадходження; акумульовану теплоту в будівлі або вивільнений запас теплоти з масиву будівлі; енергопотребу для опалення:

						Аркуш
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

якщо зона опалюється, та енергопотребу для охолодження: якщо зона охолоджується [7].

1.2.2 Авторські методики

У зв'язку з частою відсутністю нормативних значення, їх невідповідністю реальним умовам чи застарілістю, набули поширення авторські методики визначення розрахункового значення теплової потужності будівлі.

«Авторськими» мають право називатися всі існуючі методи розрахунку, за основу яких взяті нормативні документи чи поняття про фізичні явища та зазнали певних змін, удосконалень чи доповнень.

Одним з таких методів є розрахунок за [10]. Дана методика є, певним чином, удосконаленням тієї, що наведена у КТМ-204 Україна 244-94 [5] і отримала назву – «Метод збільшених показників». Замість використання нормативних значень питомих опалювальних характеристик, даний метод пропонує залежність для їх розрахунку. Даний метод використовують, здебільшого, як оціночний, з причини неможливості в такий спосіб визначити основні чинники, що впливають на порушення вимог до тепловологісного балансу будівлі.

Методика, наведена у [8], розроблена викладачами Сумського державного університету. Вона є узагальненням існуючих нормативних документів та спеціалізованої літератури, які розкривають питання визначення теплових балансів та систем опалення, кондиціонування і вентиляції для будівель різного призначення, що знаходяться у експлуатації, так званий «комбінований метод». Саме завдяки цьому, даний спосіб дозволяє врахувати найбільшу кількість необхідних параметрів та визначити основні чинники негативного впливу на тепловологісний стан будинку.

						Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.3 Програмні продукти

Існуючі методики розрахунку теплової потужності будівель є досить громіздкими та вимагають певних затрат часу на їх оброблення. У зв'язку зі стрімким розвитком технологій великого поширення здобули різноманітні програмні продукти для визначення теплової потужності будівель, що у свою чергу дозволило зменшити затрати часу на оброблення результатів та підвищити точність отриманих результатів. Найбільш відомими серед них є: SolidWorks Flow Simulation, ANSYS, EnergyPlus та ENSI EAB Software.

SolidWorks має стандартний зрозумілий графічний інтерфейс і ефективно взаємодіє з такими Windows-додатками, як Excel, Word та ін. Комплекс завдань, пов'язаних з питаннями гідродинаміки і теплообміну, в SolidWorks Flow Simulation вирішується за допомогою системи диференціальних рівнянь руху, нерозривності, енергії, теплопровідності стінок каналу. Саме це робить цей програмний продукт зрозумілим для користувача. Але серед недоліків даного продукту можна виділити обмеженість бібліотечних елементів. [14, 15].

Моделі, що розроблені на базі програмного комплексу ANSYS CFX 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 в процесі прогрівання приміщення з урахуванням реального розташування технологічного обладнання [16].

Програмний продукт EnergyPlus застосовується для моделювання енергоспоживання будівель та оцінки теплових балансів і враховує такі аспекти, як: характеристики огорожувальних конструкцій; параметри роботи систем опалення, вентиляція та кондиціонування; додаткові теплонадходження; електропостачання; освітлення та обладнання; альтернативні джерела тощо. Програма має широку базу шаблонів типових

						Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

інженерних систем, а методики розрахунків здійснюються відповідно до європейських стандартів. Недоліком даного програмного продукту є відсутність графічного інтерфейсу, що ускладнює роботу з нею, але існує можливість внесення даних через стороні програми (наприклад Google Sketch Up, DesignBuilder та ін.). Результати розрахунків виводяться у файлі HTML та структуровані в табличних формах. Наявність моделі енергоспоживання будівлі в програмі EnergyPlus дозволяє в перспективі прийняти оптимізаційні рішення шляхом дослідження зміни енергетичних характеристик будівлі при зміні технічних характеристик обладнання, огорожувальних конструкцій, режимів роботи інженерних систем тощо. У EnergyPlus використано методики DOE2, до яких наближені європейські стандарти, що робить її привабливою для застосування [2, 17].

Програма ENSI EAB Software призначена для проведення енергоаудитів та розрахунку показників енергоефективності новобудов та існуючих будівель. Квазістаціонарний розрахунок енергоспоживання проводився за наступними статтями: опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, охолодження; вентилятори та насоси; освітлення та інше обладнання з урахуванням ефективності систем розподілу та генерації систем. Інтерфейс програми передбачає введення користувачем попередньо розрахованих теплофізичних параметрів оболонки будівлі. Моделювання та складання балансу відбувається по фактичному рівню споживання, базовому рівню та по споживанню після заходів з енергоефективності. Важливою особливістю є урахування взаємовпливу заходів з енергоефективності та інженерних систем. У програмі не передбачено можливості виводити повноцінний звіт про енергетичне обстеження будівлі та автоматизувати процес визначення теплотехнічних показників, проте ENSI EAB дозволяє отримати: потенціал економії енергії кожного заходу; фактичне, базове, розрахункове енергоспоживання після заходів; залежність енергоспоживання від зовнішньої температури (ET-крива). [18].

						Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Використання програмних продуктів для проектування, моделювання та розрахунку енергетичних систем дозволяє підвищити точність отриманих результатів та зменшити час на обробку даних. Але, основним недоліком, і досі застається відносна складність інтерфейсу та обмежена база даних.

1.3 Висновки

Встановлено, для розрахунку теплової потужності та енергопотреби для будинків використовують різноманітні методики, що базуються на певних нормативних документах чи доповненнях до них. Усі вони різняться за способами задання вихідних даних, способами обчислення і залежать від мети проведення.

Для підвищення ефективності проведення енергетичних обстежень та досягнення бажаного рівня енергоефективності, необхідно підібрати таку універсальну методичку обчислення, що буде забезпечувати найбільшу точність отриманих результатів та дозволить проаналізувати якнайкраще стан роботи обстежуваних систем.

З цією метою, є сенс проведення критичного аналізу існуючих методів обрахунку. Це дозволить не тільки виокремити найкращий спосіб, але виявить основні недоліки найпоширеніших методики та запропонувати корективи до них.

						Аркуш
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2 СТАЦІОНАРНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ

Розрахунки, представлені у даному розділі виконані за кількома загальноприйнятими методиками, що є прикладами стаціонарного методу розрахунку річної потреби в опалення та найбільш часто використовуються в енергоаудиторській практиці:

1. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд КТМ-204 Україна 244-94 [5].
2. Метод розрахунку теплової потужності за збільшеними показниками [10].
3. «Комбінований метод розрахунку» [8].
4. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків [9].

2.1 Методика проведення розрахунків відповідно до КТМ-204 Україна 244-94

Відповідно до даної методики [5], річна потреба в теплоті $Q_0^{\text{рік}}$, ГДж визначаються за формулою:

$$Q_0^{\text{рік}} = V_3 \cdot q_0 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср о}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (2.1)$$

де V_3 – зовнішній будівельний об'єм будови, м³;

q_0 – питома опалювальна характеристика будови при $t_{\text{р о}}$, кДж/(м³ · год · °С), яка приймається за даними таблиць 2.3-2.6 [5];

n_0 – тривалість опалювального періоду, діб;

24 – кількість годин роботи системи опалення за добу, год;

$t_{\text{вн}}$ – усереднена розрахункова температура внутрішнього повітря опалювальних будинків;

						Аркуш
						19
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

t_{cp0} – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

t_{p0} – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, °С.

Питомі опалювальні характеристики житлових та громадських споруд для розрахункових зовнішніх температур повітря, відмінних від -30°С, визначають за формулою:

$$q_{t_{p0} \neq -30^{\circ}\text{C}} = q_{t_{p0} = -30^{\circ}\text{C}} \cdot \delta, \quad (2.2)$$

δ – коефіцієнт перерахунку представлений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт для перерахунку питомих опалювальних характеристик, відмінних від -30°С

$t, ^{\circ}\text{C}$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
δ	2,05	1,67	1,45	1,29	1,17	1,08	1,0	0,95

2.2 Проведення розрахунків відповідно до методики КТМ-204 Україна 244-94

Відповідно до табл. 2 [19], тривалість опалювального періоду, для м. Суми, складає 187 діб, середня температура за опалювальний період – -1,4°С та розрахункова температура зовнішнього повітря приймається -25°С. Нормативне значення внутрішньої температури в приміщенні становить 22°С [20]. Питому опалювальну характеристику приймаємо згідно з табл. 2.6 [5].

Характеристика об'єкта обстеження наведена у додатку А.

Відповідно до (2.1), річна потреба в теплоті для даної будівлі складає:

$$Q_0^{\text{рік}} = 15043 \cdot 0,34 \cdot 1,08 \cdot (22 - (-1,4)) \cdot 187 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 580,10 \text{ Гкал}$$

Оскільки розрахунок ведеться за нормованими значеннями питомих витрат теплоти, то це унеможливорює виокремлення окремих складових серед загальних втрати теплової енергії.

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2.3 Методика проведення розрахунків за методом збільшених показників

Відповідно до даної методики [10], розрахункова величина теплової потужності будівлі за весь опалювальний період $Q_{оп}$, кВт·год, визначається як:

$$Q_{оп} = Q_б \cdot \frac{t_в^{cp} - t_{cp,оп}}{t_в^{cp} - t_{з,р}} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де $Q_б$ – розрахункове значення теплової потужності будівлі, Вт;

$t_в^{cp}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{з,р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для температурної зони, де розташована будівля, °С, [19];

$t_{cp,оп}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$n_{оп}$ – розрахункове значення тривалості опалювального періоду, °С, [19].

Розрахунок теплової потужності будівлі $Q_б$, Вт проводять за формулою:

$$Q_б = a \cdot q_{пит}^{\phi} \cdot V_б \cdot (t_в^{cp} - t_{з,р}), \quad (2.4)$$

де $a = 0,54 + \frac{22}{t_в^{cp} - t_{з,р}}$ – поправковий коефіцієнт;

$q_{пит}^{\phi}$ – фактична питома опалювальна характеристика будівлі, Вт/м³·°С;

$V_б$ – об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м³.

Питома опалювальна характеристика, $q_{пит}^{\phi}$, Вт/м³·°С розраховується як:

$$q_{пит}^{\phi} = \frac{P_б}{F_б} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma пр}^{ст}} + q_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{q min}^{вкн}} - \frac{1}{R_{\Sigma пр}^{ст}} \right) \right) + \frac{1}{H_б} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma пр}^{стл}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma пр}^п} \right), \quad (2.5)$$

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

$F_б$ – площа будівлі в межах периметра, м²;

$H_б$ – висота будівлі з урахуванням усіх опалювальних приміщень, м;

					Аркуш
					21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

q_0 – коефіцієнт скління будівлі (відношення площі скління до площі зовнішніх стін);

$R_{\Sigma пр}^{ст}$ – приведений опір теплопередачі всіх вертикальних зовнішніх стін, $m^2 \cdot K/Вт$;

$R_{\Sigma пр}^{стл}$ – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, $m^2 \cdot K/Вт$;

$R_{\Sigma пр}^{п}$ – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, $m^2 \cdot K/Вт$;

$R_{q min}^{вкн}$ – опір теплопередачі вікон, $m^2 \cdot K/Вт$.

2.4 Проведення розрахунків за методом збільшених показників

Вихідні дані для розрахунку наведені у додатках А та Б.

Кліматологічні умови приймаємо згідно з [19] (див. табл. В.1).
Температура всередині приміщень становить – 22°C [20].

Відповідно до формули (2.5), питома опалювальна характеристика обстежуваного об'єкту становить:

$$q_{пит}^{\phi} = \frac{482}{1627} \cdot \left(\frac{1}{0,777} + \frac{1297}{4066} \cdot \left(\frac{1}{0,472} - \frac{1}{0,777} \right) \right) + \frac{1}{6,4} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{0,623} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,472} \right) = 0,895 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$$

Поправочний коефіцієнт становить:

$$a = 0,54 + \frac{22}{22 - (-25)} = 1,01,$$

Тоді, теплова потужність будівлі, згідно з (2.4):

$$Q_6 = 1,01 \cdot 0,895 \cdot 15043 \cdot (22 - (-25)) = 638\,206 \text{ Вт}$$

Отже, розрахункова потреба в опаленні за даним методом становить:

$$Q_{оп} = 638206 \cdot \frac{22 - (-1,4)}{22 - (-25)} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 1\,426\,041 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Або 1 226 Гкал.

					Аркуш
					22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Нажаль, даний метод не дозволяє визначити тепловтрати через окремі елементи будівлі, тому визначити за рахунок якої складової втрачається найбільша кількість теплової енергії неможливо.

2.5 Методика розрахунку за «комбінованим методом»

Відповідно до комбінованого методу розрахунку [8], дійсне значення витрати теплоти за опалювальний період, $Q_{оп}$, кВт · год визначається за формулою:

$$Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{t_{в}^{ср} - t_{ср.оп}}{t_{в}^{ср} - t_{з.р}} \cdot 24 \cdot n_{оп}, \quad (2.6)$$

де ΔQ – розрахункове значення теплової потужності будівлі, кВт;

$t_{в}^{ср}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{з.р}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для температурної зони, де розташована будівля, °С, [19];

$t_{ср.оп}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$n_{оп}$ – розрахункове значення тривалості опалювального періоду, °С, [19].

Теплову потужність будівлі, за даною методикою, розраховують як різницю між тепловтратами та теплонадходженнями:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{над}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

Сумарні тепловтрати будівлі:

$$\Sigma Q_{втр} = \Sigma Q_{ог} + \Sigma Q_{д} + \Sigma Q_{вент} + \Sigma Q_{інф}, \text{ кВт} \quad (2.8)$$

де $\Sigma Q_{ог}$ – сумарна величина втрат теплової енергії через огорожуючі конструкції, кВт;

$\Sigma Q_{д}$ – сумарне значення додаткових тепловтрати, кВт;

$\Sigma Q_{вент}$ – сума тепловтрат через вентиляцію, кВт;

$\Sigma Q_{інф}$ – сумарне значення тепловтрати на вентиляцію, кВт.

					Аркуш
					23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

1) Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі $Q_{ог}$, кВт розраховуються за загальною формулою:

$$Q_{ог} = \frac{F_{ог}}{R_{ог}} \cdot (t_{в}^{ср} - t_{з.р}) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.9)$$

де $F_{ог}$, $R_{ог}$ – площа та приведений опір теплопередачі, відповідно, певного елемента огорожуючої конструкції будівлі;

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

Рекомендоване значення для зовнішніх стін та покриттів – 1, для технічних неопалювальних підвалів, що розташовані нижче рівня землі – 0,4.

2) Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції:

Додаткові тепловтрати крізь зовнішні стіни, що обумовлені орієнтацією будинків, $Q_{ог}^д$, Вт:

$$Q_{ог}^д = Q_{ст} \cdot \beta_{ог}, \quad (2.10)$$

де $Q_{ст}$ – тепловтрати крізь кожну зовнішню стіну приміщень, Вт;

$\beta_{ог}$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни щодо сторін світу.

Для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, допускається приймати $\beta_{ог} = 0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, $Q_{д}^д$, Вт:

$$Q_{д}^д = Q_{д} \cdot \beta_{відк}, \quad (2.11)$$

де $Q_{д}$ – втрати теплоти крізь зовнішні двері (у деяких випадках і внутрішні), обчислені для приміщень, у яких є вихід на зовнішній бік будинку або в неопалювані приміщення, Вт;

$\beta_{відк}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей (для одинарних дверей громадських будинків при частому відкриванні $\beta_{відкр} = 4$).

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги, $Q_{пдл}^д$, Вт, розташовані на ґрунті або над холодними підвалами:

$$Q_{пдл}^д = Q_{пдл} \cdot 0,05, \quad (2.12)$$

де $Q_{пдл}$ – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

					Аркуш
					24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

3) Тепловтрати на інфільтрацію повітря крізь світлові та дверні прорізи, $Q_{\text{інф}}$, кВт, визначаються за такою формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

де $G_{\text{н}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь нещільність віконного огороження, кг/(м²·год). Для практичних розрахунків рекомендовано використовувати: для світлопрозорих конструкцій громадських будинків – 6,0, для входних дверей – 1,5 [20];

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;

$F_{\text{вкн}}$ – площа віконного або дверного прорізу, м².

4) Трати через вентиляцію, $Q_{\text{вент}}$, кВт:

У випадку тільки природної вентиляції розрахункова формула має вигляд:

$$Q_{\text{вент}} = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р}}) \cdot n_{\text{к}} \cdot k_{\text{в}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

де $V_{\text{п}}$ – внутрішній об'єм приміщення (будівлі), м³;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho = 1,3$ кг/м³;

$n_{\text{к}}$ – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення внаслідок розташування в ньому різного обладнання (приймають $k_{\text{в}} = 0,85 - 1,0$).

Сумарні теплонадходження будівлі:

1) Теплонадходження від людей, $Q_{\text{л}}$, кВт:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.15)$$

де $q_{\text{л}}$ – явні теплонадходження від людей, Вт;

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

2) Теплонадходження від працюючого електрообладнання, $Q_{\text{ел}}$, кВт:

$$Q_{\text{ел}} = N_{\text{ел}} \cdot (1 - k_{\text{п}} \cdot \eta + k_{\text{т}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \eta) \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.16)$$

де $N_{\text{ел}}$ – номінальна потужність електрообладнання, Вт;

					Аркуш
					25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

k_{II} – коефіцієнт завантаження, характеризує роботу електрообладнання за потужністю, що видається (при майже повному завантаженні $k_{II} = 0,9$);

η – ККД електроустаткування (для практичних розрахунків беруть 0,9);

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення (для практичних розрахунків $k_T = 0,75$);

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію, характеризує період роботи електрообладнання по відношенню до робочого періоду техпроцесу (за період можна взяти одну годину).

3) Теплонадходження від освітлення, $Q_{осв}$, кВт, розраховують як:

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{св} \cdot k_3 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (2.17)$$

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

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову (лампи розжарення – $k_{осв} = 0,95$; люмінесцентні лампи – $k_{осв} = 0,4$, світлодіодні – $k_{осв} = 0,1$);

$n_{св}$ – коефіцієнт завантаження освітлення (відношення періоду роботи світильника у хвилинах до кількості хвилин за годину);

$n_{св}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

4) Теплонадходження від сонячної радіації, $Q_{рад}$, кВт:

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c \cdot k_{в.п.} + q_T \cdot F_T \cdot k_{в.п.}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

де q_c, q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скла, освітленого сонцем і в тіні, ($q_c = 250 \text{ Вт/м}^2$, $q_T = 100 \text{ Вт/м}^2$);

F_c, F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{в.п.}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу.

2.6 Проведення розрахунків за «комбінованим методом»

Вихідні дані до розрахунку наведені в додатках А та Б.

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Згідно з [19], тривалість опалювального періоду для м. Суми становить 187 діб, середня температура зовнішнього повітря – $-1,4^{\circ}\text{C}$, а зовнішня розрахункова температура – -25°C . Температура всередині приміщень становить – 22°C [20].

2.6.1 Розрахунок тепловтрат

1) Тепловтрати через огорожуючі конструкції розраховуємо за формулою (2.9). Тоді,

Через зовнішні стіни:

$$Q_{\text{ст}} = \frac{4066}{0,777} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 248 \text{ кВт}$$

Через суміщене перекриття:

$$Q_{\text{стл}} = \frac{1297}{0,623} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 98 \text{ кВт}$$

Через світлопрозорі конструкції:

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1186}{0,452} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 123 \text{ кВт}$$

Через підлогу:

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{1297}{0,472} \cdot (22 - (-25)) \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ кВт}$$

Через входні двері:

$$Q_{\text{д}} = \frac{221}{1,044} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ кВт}$$

Сумарне значення тепловтрат через огорожуючі конструкції складає:

$$\Sigma Q_{\text{ог}} = 248 + 98 + 123 + 27 + 10 = 507 \text{ кВт}$$

2) Додаткові тепловтрати обстежуваного об'єкту знаходимо за формулами (2.10) – (2.12):

					Аркуш
					27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Через огорожуючі конструкції, що обумовлені орієнтацією будинку:

$$Q_{ог}^д = 248 \cdot 0,13 = 32 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей:

$$Q_{д}^д = 10 \cdot 4 = 40 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через неутеплену підлогу:

$$Q_{пдл}^д = 27 \cdot 0,05 = 1,4 \text{ Вт}$$

Сумарна величина додаткових тепловтрат складає:

$$\Sigma Q_{д} = (32 + 40 + 1,4) \cdot 10^{-3} = 73 \text{ кВт}$$

3) Тепловтрати на інфільтрацію:

Через віконні отвори:

$$Q_{інф} = 0,28 \cdot 6,0 \cdot 726,4 \cdot 1,005 \cdot (22 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 69 \text{ кВт}$$

Розрахунок даного виду тепловтрат проведений лише для вікон, що не відповідають вимогам (старі дерев'яні вікна та металеві вітражі).

Оскільки всі вхідні двері закладу обладнані системами закривання дверей (доводчики), то розрахунок тепловтрат через даний вид огорожувальних конструкцій не проводиться.

4) Тепловтрати через природну вентиляцію складають:

$$Q_{вент} = 0,28 \cdot 15043 \cdot 1,3 \cdot 1,005 \cdot (22 - (-25)) \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 175 \text{ кВт}$$

Сумарне значення тепловтрат розраховуємо як суму всіх вище приведених видів:

$$\Sigma Q_{втр} = 507 + 73 + 69 + 175 = 750 \text{ кВт}$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 2.2.

Для наочності, за отриманими результатами, будемо циклограму (рис. 2.1). Як бачимо, що найбільша кількість теплової енергії втрачається через зовнішні стіни та вентиляцію.

						Аркуш
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Розподіл тепловтрат обстежуваного будинку

Тепловтрати	Втрати, кВт	%
Через стіни	248	33
Через суміщене перекриття	98	13
Через вікна та вітражі	123	16
Через перекриття над підвалом	27	4
Через двері	10	1
Через вентиляцію	175	23
На інфільтрацію	69	9
Інші витрати	0,073	0
Загальна величина	750	100

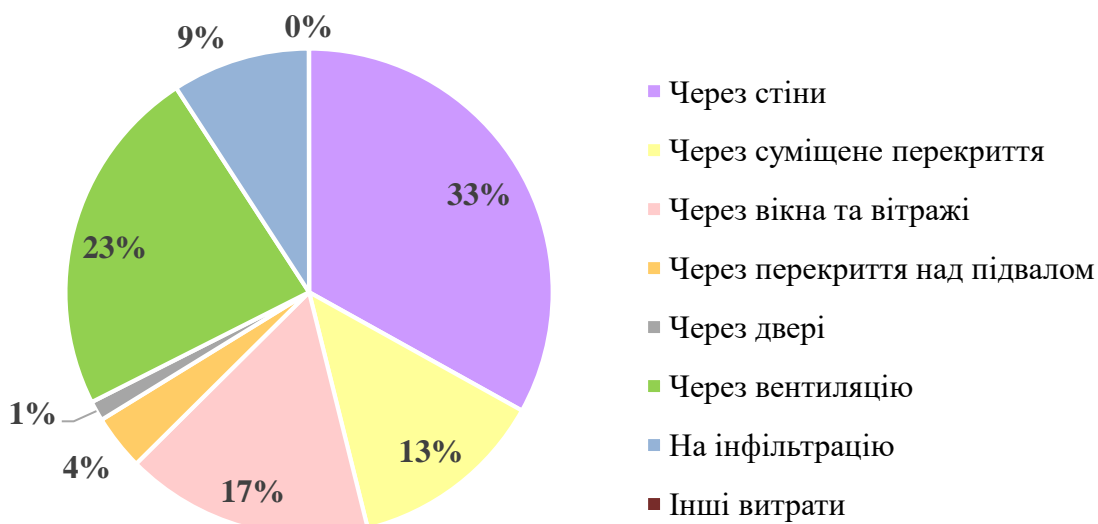


Рисунок 2.1 – Розподіл тепловтрат будівлі згідно з «комбінованим методом» розрахунку теплової потужності

2.6.2 Розрахунок теплонадходжень

Вихідні дані щодо об'єкту обстеження у Додатках А та Б.

При розрахунках теплових надходжень від людей, явні значення визначалися з розрахунку 102 Вт/чол, за умови, що для жінок це значення становить 85% від загального, а для дітей – 75% [8].

1) Теплонадходження від людей, що постійно перебувають у приміщенні:

$$Q_{\text{л}} = (76 \cdot 0,85 + 187 \cdot 0,75) \cdot 102 \cdot 10^{-3} = 6,6 \text{ кВт}$$

2) Теплонадходження від освітлення складають визначаємо згідно з (2.15):

$$Q_{\text{осв}} = 0,95 \cdot (65 \cdot 5 + 75 \cdot 249 + 100 \cdot 46 + 36 \cdot 30) \cdot \frac{2,5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} + 0,4 \cdot (36 \cdot 58 + 20 \cdot 12 + 11 \cdot 5) \cdot \frac{3,5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} + 0,1 \cdot (4 \cdot 2 + 7 \cdot 10 + 18 \cdot 2) \cdot \frac{2,5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} = 1321,6 + 85,121 + 0,678 = 1481 \text{ Вт.}$$

Або 1,5 кВт.

3) Оскільки основні споживачі електричної енергії даного об'єкту обстеження зосереджені у харчоблокові та пральні, а решта обладнання розташована по приміщеннях у незначній кількості і використовується відносно мало часу, то розрахунок даного виду теплонадходжень не проводився.

4) Приймаємо, коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для напівзатінених вікон $k_{\text{в.п.}} = 0,5$. Головний фасад будівлі зорієнтований на Південь. Тоді, згідно з формулою (2.17), теплонадходження від сонячної радіації становлять:

$$Q_{\text{рад}} = (250 \cdot 342 + 100 \cdot 846) \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 85 \text{ кВт}$$

Отже, загальна величина теплонадходжень складає:

$$\Sigma Q_{\text{над}} = 6,6 + 1,5 + 85,0 = 93 \text{ кВт}$$

2.6.3 Розрахунок річної потреби в опаленні

За результатами, отриманими у попередніх підпунктах розраховуємо теплову потужність обстежуваного об'єкта:

$$\Delta Q = 750 - 91 = 657 \text{ кВт}$$

						Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тоді, розрахункове значення витрат теплоти за опалювальний період визначається складатиме:

$$Q_{\text{оп}} = 657 \cdot \frac{22 - (-1,4)}{22 - (-25)} \cdot 24 \cdot 187 = 1\,468\,347 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Або 1 263 Гкал.

Результати заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл складових теплової потужності обстежуваного будинку

Загальна величина тепловтрат, Гкал	Загальна величина теплонадходжень, Гкал	Потреба в опаленні, Гкал
1 441	179	1 263

2.7 Методика проведення розрахунків відповідно до ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007

Відповідно до даної методики, розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду $Q_{\text{рік}}$, кВт · год, визначається за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = (Q_k - (Q_{\text{вн п}} + Q_s) \cdot v \cdot \zeta) \cdot \beta_h, \quad (2.19)$$

де Q_k – загальні теповтрати будинку через огороджувальну оболонку, кВт · год;

$Q_{\text{вн п}}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт · год;

Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального сезону, кВт · год;

v – коефіцієнт, що враховує здатність огороджувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі; за відсутності точних даних слід приймати $v = 0,8$;

						Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі в системах опалення;

β_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів, додатковими тепловими втратами через зарадіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювальні приміщення: для багатопротяжних будинків $\beta_h = 1,13$; для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Загальні тепловтрати будинку, Q_k , кВт · год визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma} \quad (2.20)$$

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

D_d – кількість градусо-днів опалювального періоду, що визначається залежно від температурної зони експлуатації згідно з [20];

F_{Σ} – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій, м²;

$K_{\text{буд}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К):

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{інф}}, \quad (2.21)$$

$k_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К);

$k_{\text{інф}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м² · К).

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $k_{\Sigma\text{пр}}$, Вт/(м² · К), визначають як:

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi \cdot \frac{\frac{F_{\text{нп}}}{R_{\Sigma\text{пр нп}}} + \frac{F_{\text{сп}}}{R_{\Sigma\text{пр сп}}} + \frac{F_{\text{д}}}{R_{\Sigma\text{пр д}}} + \frac{F_{\text{пк}}}{R_{\Sigma\text{пр пк}}} + \frac{F_{\text{ц}}}{R_{\Sigma\text{пр ц}}}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.22)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, що пов'язані з орієнтацією огорожень щодо сторін світу, наявністю кутових приміщень,

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

надходженням охолодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших – $\xi = 1,1$;

$F_{\text{нп}}, F_{\text{сп}}, F_{\text{д}}, F_{\text{пк}}, F_{\text{ц}}$ – площі відповідно стін (непрозорої частини), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх вхідних дверей та воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлога по ґрунту), м^2 ;

$R_{\Sigma\text{пр нп}}, R_{\Sigma\text{пр сп}}, R_{\Sigma\text{пр д}}, R_{\Sigma\text{пр пок}}, R_{\Sigma\text{пр ц}}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорої частини), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх вхідних дверей та воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів (підлога по ґрунту – з урахуванням її поділу на зони із знаходженням опору теплопередачі), $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$; наведений у табл. Б.1.

Для перекриттів теплих горищ та техпідпіллям відношення $F_{\text{пк}} / R_{\Sigma\text{пр пок}}$ та $F_{\text{ц}} / R_{\Sigma\text{пр ц}}$ необхідно помножити на показник n :

$$n = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{х}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}, \quad (2.23)$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря основної частини будівлі, $^{\circ}\text{C}$, що визначається залежно від призначення будинку згідно з [20];
 $t_{\text{з}}$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, що визначається залежно від температурної зони експлуатації будинку згідно з [20];

$t_{\text{х}}$ – температура внутрішнього повітря теплого горища або техпідпілля, $^{\circ}\text{C}$.

Умовний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $k_{\text{інф}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$, розраховується за формулою:

$$k_{\text{інф}} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot \vartheta_V \cdot V_h \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (2.24)$$

де V_h – опалювальний об'єм будинку, м^3 .

$\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c – питома теплоємність повітря, приймається $c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

					Аркуш
					33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$n_{об}$ – середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год⁻¹, що встановлюється експериментально або визначається розрахунково у залежності від типу будинку;

ϑ_V – коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутності точних даних приймається $\vartheta_V = 0,85$;

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається: $\eta = 0,7$ – для стиків панелей стін, а також вікон із ПВХ-профілів згідно з ДСТУ Б В.2.6-15, ДСТУ Б В.2.7-130, з дерев'яних блоків згідно з ДСТУ Б В.2.6-24 та з алюмінієвих профілів з заповненням склопакетами; $\eta = 0,8$ – для вікон у роздільних плетіннях; $\eta = 1$ – для вікон у спарених плетіннях. При цьому коефіцієнт η приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку;

γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції кг/м³:

$$\gamma_3 = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (t_B + t_{опз})}, \quad (2.25)$$

$t_{опз}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С, що визначається згідно зі [19].

Середня кратність повітрообміну громадського будинку за опалювальний період, $n_{об}$, год⁻¹, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_{об} = \frac{\frac{L_V \cdot n_V}{168} + \frac{P_{інф} \cdot \eta \cdot n_{інф}}{168 \cdot \gamma_3}}{\vartheta_V \cdot V_h}, \quad (2.26)$$

де V_h – опалювальний об'єм будинку, м³.

L_V – кількість припливного повітря в будинок у разі природної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, м³/год;

n_V – кількість годин роботи механічної або природної вентиляції протягом тижня;

168 – кількість годин у тижні;

					Аркуш
					34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$P_{\text{інф}}$ – кількість повітря, що інфільтрується в будинок через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається $P_{\text{інф}} = \vartheta_V \cdot V_h$;

$n_{\text{інф}}$ – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом тижня, год: для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією $n_{\text{інф}} = 168$; для будинків, у приміщеннях яких підтримується нагнітання повітря під час дії припливної механічної вентиляції $n_{\text{інф}} = 168 - n_V$.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду $Q_{\text{внп}}$, кВт · год, визначається за формулою:

$$Q_{\text{внп}} = \chi_1 \cdot q_{\text{внп}} \cdot z_{\text{оп}} \cdot F_l \quad (2.27)$$

де $q_{\text{внп}}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м^2 , Вт/м². Для житлових будинків $q_{\text{внп}} = 10 \text{ Вт/м}^2$; для громадських та адміністративних будинків величина побутових теплонадходжень враховується за розрахунковою кількістю людей (90 Вт/чол), що знаходяться в будівлі, освітлення (за встановленою потужністю) та офісної техніки (у разі відсутності точних даних приймається 10 Вт/м^2) з урахуванням кількості робочих годин на тиждень;

$z_{\text{оп}}$ – тривалість, діб, опалювального періоду. Приймаємо згідно з табл. В.1; F_l – для житлових будинків – площа квартир, для громадських будинків – розрахункова площа м².

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду Q_s , кВт · год, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу визначається за формулою:

$$Q_s = \zeta_v \cdot \varepsilon_v \cdot (F_{\text{Пн}} \cdot I_{\text{Пн}} + F_C \cdot I_C + F_{\text{Пд}} \cdot I_{\text{Пд}} + F_3 \cdot I_3) + \zeta_{\text{зл}} \cdot \varepsilon_{\text{зл}} \cdot F_{\text{спл}} \cdot I_{\text{Г}} \quad (2.28)$$

де $\zeta_v, \zeta_{\text{зл}}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відповідно вікон та zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення, приймають згідно з таблицею 1 [9];

					Аркуш
					35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$\varepsilon_{\text{в}}, \varepsilon_{\text{зл}}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і зенітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або згідно з таблицею 1 [9];

$F_{\text{Пн}}, F_{\text{С}}, F_{\text{Пд}}, F_{\text{З}}$ – площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м²;

$F_{\text{спл}}$ – площа світлових прорізів зенітних ліхтарів будинку, м²;

$I_{\text{Пн}}, I_{\text{С}}, I_{\text{Пд}}, I_{\text{З}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умови хмарності, відповідно орієнтовану за чотирма фасадами будинку, кВт·год/м², приймається згідно з таблицею 2 [9];

$I_{\text{Г}}$ – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню за умови хмарності, кВт·год/м², приймається згідно з таблицею 2 [9].

2.8 Проведення розрахунків відповідно до методики ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007

2.8.1 Розрахунок тепловтрат

Кліматичні дані та параметри обстежуваного об'єкту наведено у Додатках А, Б та В.

Тоді, відповідно до [20], кількість градусо-днів опалювального періоду D_d , °С днів у м. Суми складає:

$$D_d = (t_{\text{в}} + t_{\text{опз}}) \cdot z_{\text{оп}},$$

$$D_d = (22 + (-1,4)) \cdot 187 = 3852,2 \text{ } ^\circ\text{С},$$

						Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку розраховуємо за формулою (2.22) із врахування рівняння (2.23):

$$k_{\Sigma\text{пр}} = 1,1 \cdot \frac{\frac{4066,2}{0,777} + \frac{1296,9}{0,623} + \frac{1185,7}{0,452} + \frac{1296,8}{0,472} \cdot 0,213 + \frac{220,9}{1,044}}{8067} = 1,464 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де 8067 – загальна площа зовнішніх огороджуючих конструкцій, м².

Середня густина повітря становить:

$$\gamma_3 = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (22 + (-1,4))} = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

Середня кратність повітрообміну обстежуваного об'єкту становить 1,5 год-1. за опалювальний період. Тоді, відповідно до (2.24), умовний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку складає:

$$k_{\text{інф}} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,85 \cdot 7522 \cdot 1,25 \cdot 1}{8067} = 0,412 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку:

$$K_{\text{буд}} = 1,464 + 0,412 = 1,876 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Отже, загальні тепловтрати будинку, згідно з (2.19) становлять:

$$Q_k = 0,024 \cdot 1,876 \cdot 3852 \cdot 8067 = 1\,398\,826 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розподіл розрахункових теплових втрат через будівельні конструкції будівлі та інфільтрацію та їх відсоткове співвідношення наведено у таблиці 2.4 та на рисунку 2.2.

Таблиця 2.4 – Структура теплових втрат будівельних конструкцій

Складова тепловтрат	Втрати теплоти, Гкал/рік	%
Через стіни	458	30
Через вікна та вітражі	229	15
Через двері	19	1
Через перекриття над підвалом	51	3
Через суміщене перекриття	182	12
Через вентиляцію	264	22
Сумарна величина	1203	100

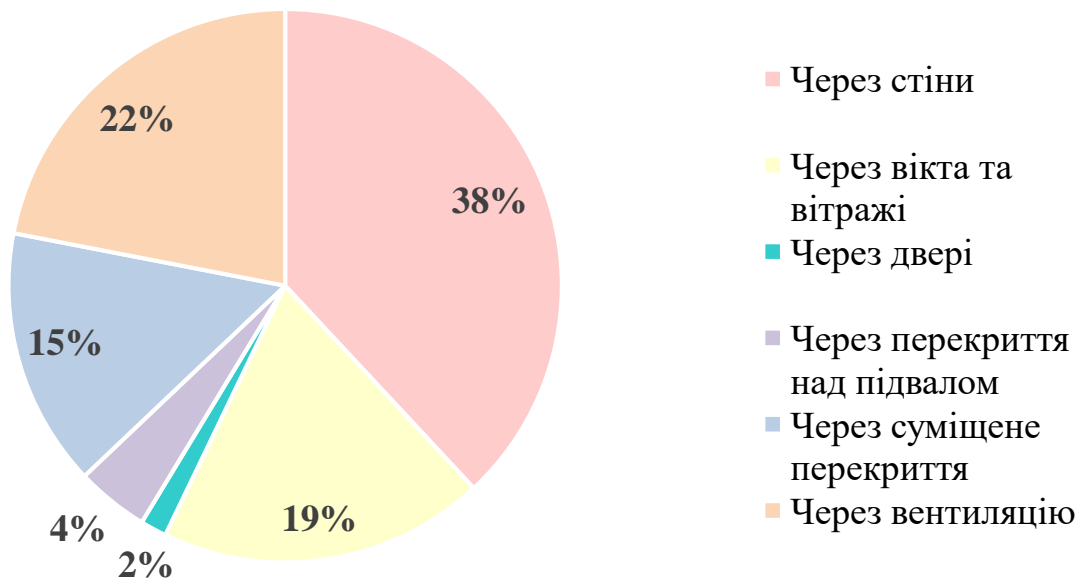


Рисунок 2.2 – Співвідношення теплових втрат через будівельні конструкції будівлі та вентиляцію

Як видно з рис. 2.2, найбільша частина тепловтрат припадає на вентиляцію та зовнішні стіни.

2.8.2 Розрахунок побутових теплонадходжень

Відповідно до рекомендованих значень даної методики:

Побутові теплонадходження від людей розраховуємо з урахуванням рекомендованих значень:

$$q_{\text{вн л}} = 90 \cdot 448 = 40\,320 \text{ Вт}$$

Згідно з табл. А.3, теплонадходження від освітлення:

$$q_{\text{вн осв}} = 0,95 \cdot (65 \cdot 5 + 75 \cdot 249 + 100 \cdot 46 + 36 \cdot 30) \cdot \frac{2,5}{24} + 0,4 \cdot (36 \cdot 58 + 20 \cdot 12 + 11 \cdot 5) \cdot \frac{3,5}{24} + 0,1 \cdot (4 \cdot 2 + 7 \cdot 10 + 18 \cdot 2) \cdot \frac{2,5}{24} = 1321,6 + 85,121 + 0,678 = 1\,481 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від обладнання:

$$q_{\text{вн обл}} = 10 \cdot 2593,7 = 25\,937 \text{ Вт}$$

Тоді, побутові теплонадходження протягом опалювального періоду складають:

$$Q_{\text{вн п}} = 0,024 \cdot (40\,320 + 1\,481 + 25\,937) \cdot 187 = 304\,010 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

2.8.3 Розрахунок теплонадходжень від сонячної радіації

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду визначаємо відповідно до (2.28). Вихідні дані до розрахунку наведено у табл.2.5.

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,8 \cdot 0,74 \cdot (423,97 \cdot 156 + 210,9 \cdot 220 + 341,97 \cdot 341 + 210,9 \cdot 224) \\ &= 163\,623 \text{ кВт} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

Таблиця 2.5 – Середня величина сумарної радіації за опалювальний період, за умов хмарності кВт·год/м², для м. Суми

	Пн	Сх	Пд	Зх
Площа світлопрозорих елементів, м ²	424	211	342	211
Величина сонячної радіації, кВт·год/м ²	156	220	341	224

2.8.4 Розрахунок витрат теплової енергії

Розрахункові витрати теплової енергії визначаємо за формулою (2.20). Відповідно до п.5.2 [9], для систем опалення без термостатів та авторегулювання на ІТП слід приймати $\zeta = 0,5$, $\beta_h = 1,13$ – для даного типу будинку.

Тоді,

$$Q_{\text{рік}} = (1\,398\,826 - (304\,010 + 163\,623) \cdot 0,8 \cdot 0,5) \cdot 1,13$$
$$= 1\,369\,303 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Або 1 177 Гкал за опалювальний сезон.

Результати розрахунків наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розподіл основних складових теплового балансу обстежуваного будинку

Загальні тепловтрати, Гкал	Внутрішні теплонадходження, Гкал	Сонячні теплонадходження, Гкал	Потреба в опаленні, Гкал
1 203	261	141	1 177

3 КВАЗИСТАЦІОНАРНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ

3.1 Методика проведення розрахунків відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Енергетичний (тепловий) баланс рівня зони будівлі, відповідно до методики стандарту ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7], включає наступні складові:

1. трансмісійну теплопередачу між кондиціонованим об'ємом та зовнішнім навколишнім середовищем, що обумовлена різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою зовнішнього повітря;
2. вентиляційну теплопередачу, що спричинена різницею між температурою кондиціонованої зони та температурою припливного повітря;
3. внутрішні теплонадходження (включаючи від'ємні надходження від тепловідводу), від людей, устаткування, освітлення та теплота, що виділена або поглинута з систем опалення, охолодження, ГВП, вентиляції тощо;
4. сонячні теплонадходження (які можуть бути прямими, наприклад, через вікна, або непрямыми, наприклад, поглинені непрозорими елементами будівлі);
5. акумульовану теплоту в будівлі або вивільнений запас теплоти з масиву будівлі;
6. енергопотребу для опалення: якщо зона опалюється, система опалення постачає теплоту для підвищення внутрішньої температури до мінімально необхідного рівня (завданого для опалення);
7. енергопотребу для охолодження: якщо зона охолоджується, система охолодження відбирає теплоту для зниження внутрішньої температури до максимально необхідного рівня (завданого для охолодження).

Для режиму опалення цей стандарт визначає квазістаціонарний метод, за яким тепловий баланс розраховують для періоду в один місяць, що дозволяє

						Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

взяти до уваги динамічні ефекти за емпірично визначеним коефіцієнтом використання надходжень та/або втрат.

Методика розрахунку з визначення енергопотреби для опалення будівлі виконується у наступному порядку:

1. визначення внутрішніх та кліматологічних умови;
2. проведення розрахунку характеристик теплопередачі трансмісією;
3. проведення розрахунку характеристик теплопередачі вентиляцією;
4. проведення розрахунку внутрішніх теплонадходжень;
5. проведення розрахунку сонячних теплонадходжень;
6. проведення розрахунку динамічних параметрів.

3.1.2 Енергопотреба на опалення

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

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} , \quad (3.1)$$

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

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

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, Вт год;

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

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

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve} , \quad (3.2)$$

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

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

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

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} , \quad (3.3)$$

						Аркуш
						42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

3.1.2 Теплопередача трансмісією

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

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,H,set} - \theta_c) \cdot t, \quad (3.4)$$

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, визначена згідно з додатком В;

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком В.

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

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (3.5)$$

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.

						Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$$H_x = b_{tr,x} \cdot \sum A_i \cdot U_i, \quad (3.6)$$

де A_i – площа і-го 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 і-го елемента оболонки будівлі, м²·К/Вт;

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

$$b_{tr,x} = 1 \text{ – при } H_D;$$

$$b_{tr,x} \neq 1 \text{ – при } H_g, H_U, H_A \text{ згідно з 8.2.2 [7].}$$

3.1.3 Теплопередача вентиляцією

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

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,H,set,z} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.7)$$

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

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

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}), \quad (3.8)$$

де $(\rho_a c_a) = 0,33$ Вт · год/(м³ · К) – теплоємність повітря одиниці об'єму;

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

					Аркуш
					44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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 $q_{ve,k,mn}$, м³/год, k -го елемента повітряного потоку:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}, \quad (3.9)$$

де $q_{ve,k}$ – витрата повітря k -го елемента повітряного потоку, м³/год;

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

Витрата повітря за рахунок інфільтрації, пасивних припливних отворів або вікон (природна вентиляція), $q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V_{ve}$, м³/год, визначають за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V_{ve}, \quad (3.10)$$

де $n_{inf,mn}$ – кратність повітрообміну, год⁻¹;

V_{ve} – кондиціонований об'єм будівлі, призначений для вентиляції, м³.

3.1.4 Сонячні теплові надходження

Відповідно до ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7], теплонадходження від сонця, Q_{sol} , Вт · год до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця розраховуються за формулою:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k}) \cdot t, \quad (3.11)$$

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

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

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (3.12)$$

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м², визначена згідно з додатком В;

$F_{r,k}$ – 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 заскленого елемента оболонки, A_{sol} , м², визначають як:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (3.13)$$

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 заскленого елемента;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента (наприклад, площа вікна), м²;

$g_{gl} = F_w \cdot g_n$ – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента, необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багат шарового скління або приймати згідно з даними таблиці 8 [7];

F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають $F_w = 0,90$;

						Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

g_n – типове значення коефіцієнта загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння для поширених типів скління в таблиці 9 [7].

У випадку наявності постійно закритої завіси всередині чи зовні приміщення, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління g_{gl} необхідно помножити на понижувальний коефіцієнт, що може бути прийнятий відповідно до таблиці 9 [7].

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі, A_{sol} , м², розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (3.14)$$

де $\alpha_{S,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають згідно з даними таблиці 10 [7];

$R_{se} = 0,043$ м² · К/Вт – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м²·К);

A_c – площа проекції непрозорої частини, м².

Понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначають за формулою:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}]}{g_{gl}}, \quad (3.15)$$

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

						Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

за фактичним станом. За відсутності конкретних даних необхідно використовувати дані таблиці 11 [7].

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.

У загальному випадку понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ визначають за формулою:

$$F_{sh,O} = \frac{I_{sol,ps,mean}}{I_{sol,mean}} \quad (4.16)$$

де $I_{sol,ps,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, затінену зовнішнім(и) об'єктом(-ами), Вт/м².

$I_{sol,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, за відсутності затінення, Вт/м².

Відповідно до методики ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7], за відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ необхідно розраховувати за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin} \quad (4.17)$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, визначають за даними таблиці 12 [7];

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів, визначають за даними таблиці 13 [7];

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер, визначають за даними таблиць 14-1, 14-2 [7].

						Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

За відсутності точних даних, згідно з стандартом ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7], 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:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (4.18)$$

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, м^2 ;

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

$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (\theta_{ss} + 273)^3$ – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

ε – коефіцієнт теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають згідно з таблицею 10 [7] або за довідковими даними залежно від її типу;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – стала Стефана-Больцмана;

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

При першому наближенні h_r приймають $5\varepsilon \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що відповідає середній температурі $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.5 Динамічні параметри

Розрахункова формула коефіцієнта використання надходжень, $\eta_{H,gn}$, для потреб опалення, згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7], може змінюватися в залежності від:

						Аркуш
						49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\text{Якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma_H^{a_H}}{1-\gamma_H^{a_H+1}} \quad (3.19)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H = 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1} \quad (3.20)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0: \quad \eta_{H,gn} = 1/\gamma_H \quad (3.21)$$

$$\text{Якщо } \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0: \quad \eta_{H,gn} = 1 \quad (3.22)$$

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,;

$a_H = a_{H,O} + \frac{\tau}{\tau_{H,O}}$ – безрозмірний числовий параметр, що залежить від

часової константи будівлі τ_H .

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

τ – часова константа зони будівлі, год;

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

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

$$\tau = \frac{C_m}{N_{tr,adj} + N_{ve,adj}}, \text{ ГОД} \quad (3.23)$$

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 таблицею 15 [7];

A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

$N_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$N_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К.

					Аркуш
					50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

3.2 Проведення розрахунків відповідно до методики ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Згідно з п. 6.2.2.2 [7], розподіл будівлі на теплові зони не здійснюється, тому розрахунок проводиться однозонний.

Задана температура для режиму опалення прийнята згідно [20] та становить 22°C.

Кондиціонована площа будівлі становить 2594 м², кондиціонований об'єм – 7522 м³ (див. Додаток А).

3.2.1 Розрахунок теплопередачі трансмісії:

Відповідно до (3.6), коефіцієнт теплопередачею трансмісією через стіни складає:

$$H_{tr,ст} = 1 \cdot 4066,17 \cdot \frac{1}{0,777} = 5236 \text{ Вт/К}$$

Тоді, коефіцієнт теплопередачею трансмісією через суміщене покриття:

$$H_{tr,стл} = 1 \cdot 1296,9 \cdot \frac{1}{0,623} = 2080 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через світлопрозорі елементи:

$$H_{tr,вк} = 1 \cdot 1185,73 \cdot \frac{1}{0,452} = 2623 \text{ Вт/К}$$

Поправочного коефіцієнта для розрахунку коефіцієнта теплопередачі трансмісією через підлогу обираємо відповідно до табл. 3 [7]. Тоді,

$$H_{tr,підл} = 0,3 \cdot 1296,8 \cdot \frac{1}{0,472} = 823 \text{ Вт/К}$$

					Аркуш
					51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через двері:

$$H_{tr,d} = 1 \cdot 220,9 \cdot \frac{1}{1,044} = 212 \text{ Вт/К}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 3.1.

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

$$H_{tr,adj} = 5236 + 2080 + 2623 + 823 + 212 = 10\,974 \text{ Вт/К}$$

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт·год, розраховуємо для кожного місяця відповідно до (3.4). Вихідні дані для розрахунку наведені у додатках А, Б та В.

Тоді, для січня:

$$Q_{tr,січ} = 10974 \cdot (22 - (-6,7)) \cdot 744 = 233\,511\,760 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти опалювальних місяців (табл. 3.1). Значення сумарної теплопередачі трансмісією для всіх опалювальних місяців наведена в таблиці 3.2 та 3.5.

Таблиця 3.1 – Характеристики теплопередачі трансмісією

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Площа, м ²	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/Вт	Поправочний коефіцієнт, <i>b</i>	Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією, H_x Вт/К
1	Стіни	4066	0,777	1	5236
2	Суміщене перекриття	1297	0,623	1	2080
3	Вікна/вітражі	1186	0,452	1	2623
4	Підлога (над технічним підвалом)	1297	0,472	0,3	823
5	Вхідні двері	221	1,044	1	212

Таблиця 3.2 – Теплопередача трансмісією

Місяць	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С	Тривалість місяця, год	Сумарна теплопередача трансмісією, Вт год
Січень	-6,6	744	184523279
Лютий	-5,8	672	160766499

						Аркуш
						52
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

Місяць	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С	Тривалість місяця, год	Сумарна теплопередача трансмісією, Вт год
Березень	-0,8	744	137167747
Квітень	8,1	720	62420807
Жовтень	6,7	744	75932146
Листопад	0,4	720	123261340
Грудень	-4,3	744	165744361

3.2.2 Розрахунок теплопередачі вентиляцією

Для розрахунку прийнято, що система вентиляції житлового будинку відповідає вимогам. Механічна витяжна вентиляція використовується лише в пральні та харчоблокові та використовується лише за потреби (не більше 3 годин на добу).

Величина повітрообміну при вентиляції, включаючи інфільтрацію, прийнята $1,5 \text{ год}^{-1}$.

Наявність теплоутилізаційних установок в системі вентиляції будівлі не передбачено.

Центрального попереднього підігріву та охолодження вентиляційного повітря не передбачено.

Витрату повітря за рахунок природної вентиляції розраховуємо згідно з рівнянням (3.10):

$$q_{ve} = 1,5 \cdot 7521,7 = 11\,283 \text{ м}^3/\text{год}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, розраховуємо як:

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot 1 \cdot 11283 = 3\,723 \text{ Вт/К}$$

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{tr} , Вт · год, розраховуємо для кожного місяця відповідно до (3.7).

						Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тоді, для січня:

$$Q_{ve,січ} = 3\,723 \cdot (22 - (-6,7)) \cdot 744 = 79\,224\,622 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти опалювальних місяців.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована для кожного місяця для режиму опалення і наведена в таблиці 3.5.

3.2.3 Розрахунок внутрішніх теплонадходжень

Згідно з методикою даного стандарту до уваги взяті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Їх приймається відповідно до рекомендованих згідно з таблицею 6 [7] з урахуванням періоду невикористання. Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку складає:

$$\Phi_{int} = 7 + 7 + 3 = 17 \text{ Вт/м}^2$$

Тоді, загальні теплонадходження від внутрішніх теплових джерел для січня складають:

$$Q_{int,січ} = 17 \cdot 2594 \cdot 240 = 10\,582\,296 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Значення внутрішніх теплонадходжень для кожного місяця наведені в табл. 3.5.

3.2.4 Розрахунок сонячних теплонадходжень

Характеристика огорожуючих конструкцій через які до будівлі надходять сонячні теплонадходження наведена додатку А. Середньомісячна

						Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А [7] і наведена додатку В.

3.2.4.1 Еквівалентна площа інсоляції

1) Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку: Вікна з потрійним склінням (4M₁-10-4M₁-10-4M₁), вікна та вітражі на основі ПВХ-профілів із потрійним склінням із одним низькоемісійним селективним покриттям (4M₁-8-4M₁-8-4K), та вітражі з одинарним склінням (4M₁). В якості рухомих засобів затінення передбачено, що використовуються кольоровий текстиль зсередини вікон низької ефективності.

Згідно до табл. 11 [7], для міста Суми коефіцієнт затінення $f_{sh,with} = 0$ для всіх місяців, окрім Червня, Липня та Серпня.

Згідно до табл. 8 та 9 [7], загальні коефіцієнти пропускання сонячної енергії склінням за відсутності та наявності сонячного затінення, відповідно, становлять:

$$g_{gl} = 0,9 \cdot (0,49 \cdot 0,7 + 0,39 \cdot 0,58 + 0,12 \cdot 0,85) = 0,604$$

$$g_{gl+sh} = 0,604 \cdot 0,77 = 0,456$$

Тоді, понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - 0) \cdot 0,604 + 0 \cdot 0,456]}{0,604} = 1,0$$

Частка площі обрамлення $F_F = 0,3$.

Тоді, еквівалентна площа інсоляції застосованих елементів із північного боку дорівнює:

$$A_{sol,вк,Пн} = 1 \cdot 0,604 \cdot (1 - 0,3) \cdot 423,97 = 179,28 \text{ м}^2$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.3.

						Аркуш
						55
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2) Згідно з табл. 10 [7], безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, для зовнішніх стін приймаємо $\alpha_{s,c} = 0,45$.

Тоді, еквівалентна площа інсоляції зовнішніх стін будівлі для північної сторони складає:

$$A_{sol,ct,Пн} = 0,45 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{0,777} \cdot 362,31 = 9,03 \text{ м}^2$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.3.

3) Оскільки суміжне перекриття будівлі захищене від впливу сонячного випромінювання, горизонтальну складову не враховуємо.

3.2.4.2 Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення

Будівля затінюється тільки від навколишніх дерев.

Отже, понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення $F_{sh,0}$ визначають за формулою:

$$F_{sh,0} = F_{hor}$$

За відсутності фактичних даних, частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту, F_{hor} , визначаємо за даними табл. 12 [7].

У табл. 3.3 наведена довідкова інформація щодо понижувальних коефіцієнтів зовнішнього затінення.

3.2.4.3 Тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу

Коефіцієнт теплового випромінюванням зовнішньою поверхнею стін, приймаємо згідно з табл. 10 [7] – $\varepsilon = 0,93$.

						Аркуш
						56
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тоді, для фасаду з північного боку будинку, тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу Φ_r складає:

$$\Phi_{r,Пн} = 0,043 \cdot \frac{1}{0,777} \cdot 362,3 \cdot (5 \cdot 0,93) \cdot 11 = 1026 \text{ Вт}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики елементів сонячних теплових надходжень

Параметри	Пн	Сх	Пд	Зх
Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів, м ²	179,28	89,18	144,60	89,18
Еквівалентна площа інсоляції непрозорої частини, м ²	9,03	15,24	11,30	10,13
Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення	0,95	0,77	0,56	0,77
Теплове випромінювання в атмосферу, Вт	1026	1732	1285	1151

3.2.4.4 Сонячні теплонадходження

Відповідно до (3.12), сонячні теплонадходження для січня, складають:

Північний фасад:

$$\Phi_{sol,Пн,січ} = 0,95 \cdot (179,28 + 9,03) \cdot 12 - 0,5 \cdot 1026 = 1634 \text{ Вт}$$

Східний фасад:

$$\Phi_{sol,Сх,січ} = 0,77 \cdot (89,18 + 15,24) \cdot 19 - 0,5 \cdot 1732 = 662 \text{ Вт}$$

Південний фасад:

$$\Phi_{sol,Пд,січ} = 0,56 \cdot (144,60 + 11,30) \cdot 46 - 0,5 \cdot 1285 = 3374 \text{ Вт}$$

Західний фасад:

$$\Phi_{sol,Зх,січ} = 0,77 \cdot (89,18 + 10,13) \cdot 13 - 0,5 \cdot 1151 = 418 \text{ Вт}$$

Результати розрахунків для послідуєчих місяців наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина теплонадходжень від джерел сонячного випромінювання у залежності від орієнтації фасадів будинку

Місяць	Пн	Сх	Пд	Зх	Сума
Січень	1736	835	3502	534	6087
Лютий	3525	2523	5685	1375	12589
Березень	5493	4131	7955	2675	19734
Квітень	6566	5739	7955	3592	23333
Жовтень	2631	2443	4986	1069	10609
Листопад	1200	674	2193	304	3851
Грудень	1021	433	2018	151	3103

Тоді, загальна величина сонячних теплонадходжень до будівлі для січня складає:

$$Q_{sol,січ} = 6087 \cdot 744 = 4\,529\,075 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Результати розрахунків для послідуєчих місяців наведені у табл. 3.5.

3.2.5 Розрахунок динамічних параметрів

Сумарну теплопередачу, Q_{ht} , визначаємо згідно з (3.2). Тоді, для кожного січня:

$$Q_{ht,січ} = 233\,511\,760 + 79\,224\,622 = 312\,736\,382 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Сумарні теплові надходження, Q_{gn} , для січня складають:

$$Q_{gn,січ} = 10\,582\,296 + 4\,529\,075 = 15\,111\,371 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для послідуєчих опалювальних місяців року.

Результати заносимо до табл. 3.7.

						Аркуш
						58
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Характеристика елементів теплової потужності обстежуваного об'єкту

Місяць	Q_{tr} Вт год	Q_{ve} Вт год	Q_{int} Вт год	Q_{sol} Вт год	Q_{ht} Вт год	Q_{gn} Вт год
Січень	184523279	62604072	10582296	2865123	247127351	13447419
Лютий	160766499	54543999	10582296	2086213	215310498	12668509
Березень	137167747	46537540	11338174	866	183705287	11339040
Квітень	62420807	21177798	10960235	827	83598604	10961062
Жовтень	75932146	25761853	11716113	1078	101693998	11717191
Листопад	123261340	41819449	11338174	1084	165080788	11339258
Грудень	165744361	56232861	11716113	786	221977222	11716900

Будівля обстежуваного об'єкту відноситься до класу «масивних» забудов – цегляна кладка у дві цеглини із залізобетонним перекриттям, тоді, згідно з таблицею 15 [7], питома внутрішня теплоємність будівлі $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Отже, внутрішня теплоємність будівлі:

$$C_m = 80 \cdot 2594 = 209\,496 \text{ Вт год/К}$$

Часова константа будівлі, для періоду опалення становить:

$$\tau = \frac{209496}{10974 + 7446} = 11,26 \text{ год}$$

Тоді,

$$a_H = 1 + \frac{11,26}{15} = 1,75$$

Співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення для січня складає:

$$\gamma_H = \frac{15\,111\,371}{312\,736\,382} = 0,048$$

Відповідно до табл. 3.6, коефіцієнт використання надходжень для потреб опалення для всіх місяців знаходимо за формулою (3.19).

Тоді, для січня:

						Аркуш
						59
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\eta_{H,gn,сiч} = \frac{1 - 0,048^{1,75}}{1 - 0,048^{1,75+1}} = 0,997$$

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнтів використання надходжень для потреб опалення

Місяць	Відношення надходжень до втрат теплоти	Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень
Січень	0,048	0,997
Лютий	0,069	0,995
Березень	0,104	0,989
Квітень	0,189	0,968
Жовтень	0,117	0,986
Листопад	0,062	0,996
Грудень	0,049	0,997

Тоді, згідно з (3.1), орієнтовні значення енергопотреб на опалення для січня місяця становить:

$$Q_{H,сiч} = 312\,736\,382 - 0,997 \cdot 15\,111\,371 = 297\,666\,5142 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для опалювальних місяців, враховуючи коефіцієнт зайнятості будівлі (табл. 3.7) згідно табл. 7 [7] для відповідних періодів. Границі опалювальних періодів приймаємо відповідно до [19], для м. Суми: початок – 10 жовтня, кінець – 15 квітня.

Результати розрахунків наведено у табл. 3.8.

Таблиця 3.7 – Розрахункове значення коефіцієнтів зайнятості для обстежуваного об'єкта

Місяць	Тривалість місяця, діб	Частка місяця з періодом недовантаження опалювальної системи
Січень	31	0,484
Лютий	28	0,250
Березень	31	0,419
Квітень	30	0,267
Жовтень	31	0,387
Листопад	30	0,233
Грудень	31	0,387

3.2.6 Розрахунок річної потреби для опалення

Розрахункову сумарну енергопотребу для опалення будівлі $Q_{H,nd,an}$, кВт год, розраховуємо шляхом складання розрахованої енергопотреби за кожний місяць (табл. 3.8). Розподіл потреби в опаленні за місяцями опалювального періоду наведено на рис. 3.1.

Таблиця 3.8 – Розрахункові значення теплової потужності будівлі відповідно до опалювальних місяців

Місяць	Потреба в опаленні, Гкал	%
Січень	132,10	17
Лютий	164,85	21
Березень	111,63	14
Квітень	37,90	5
Жовтень	51,47	7
Листопад	141,42	18
Грудень	144,19	18
Рік	783,56	100

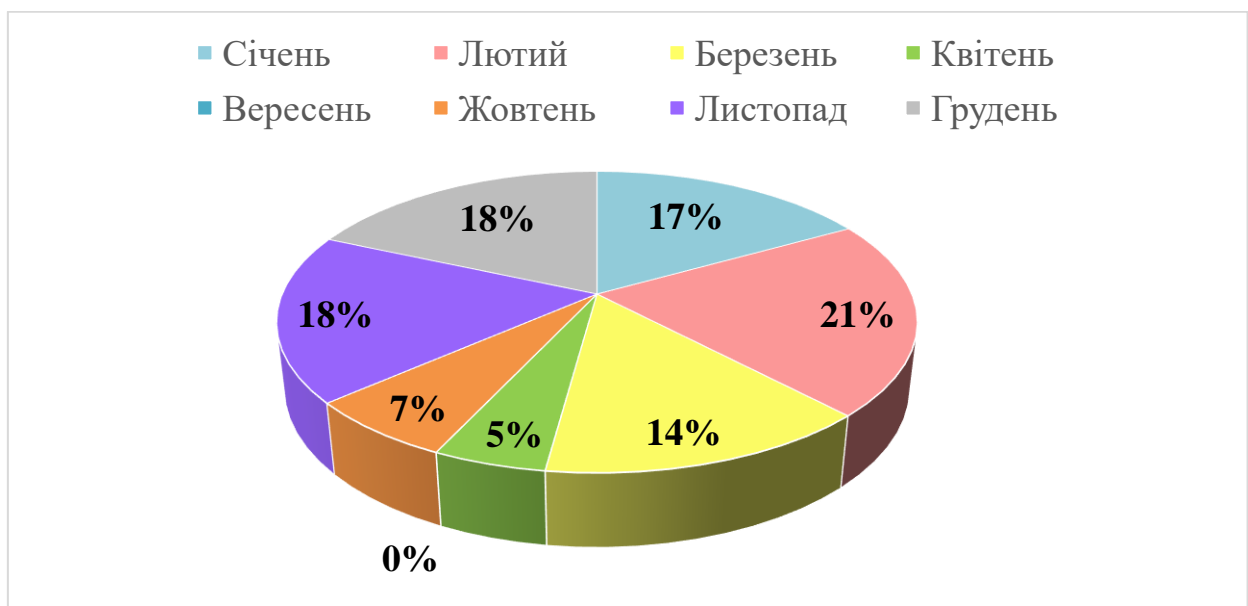


Рисунок 3.1 – Питома частка кількості спожитої теплової енергії за місяцями опалювального періоду

Перевагою даного методу є, також, виокремлення окремих елементів тепловтрат із їх загальної частки (табл.3.9, рис. 3.2).

Таблиця 3.9 – Розподіл основних тепловтрат будівлі

Складова тепловтрат	Величина тепловтрат, Гкал	%
Через стіни	258	32
Через суміщене перекриття	149	18
Через вікна та вітражі	145	18
Через перекриття над підвалом	58	7
Через двері	15	2
Через вентиляцію	181	22
Загалом	805	100

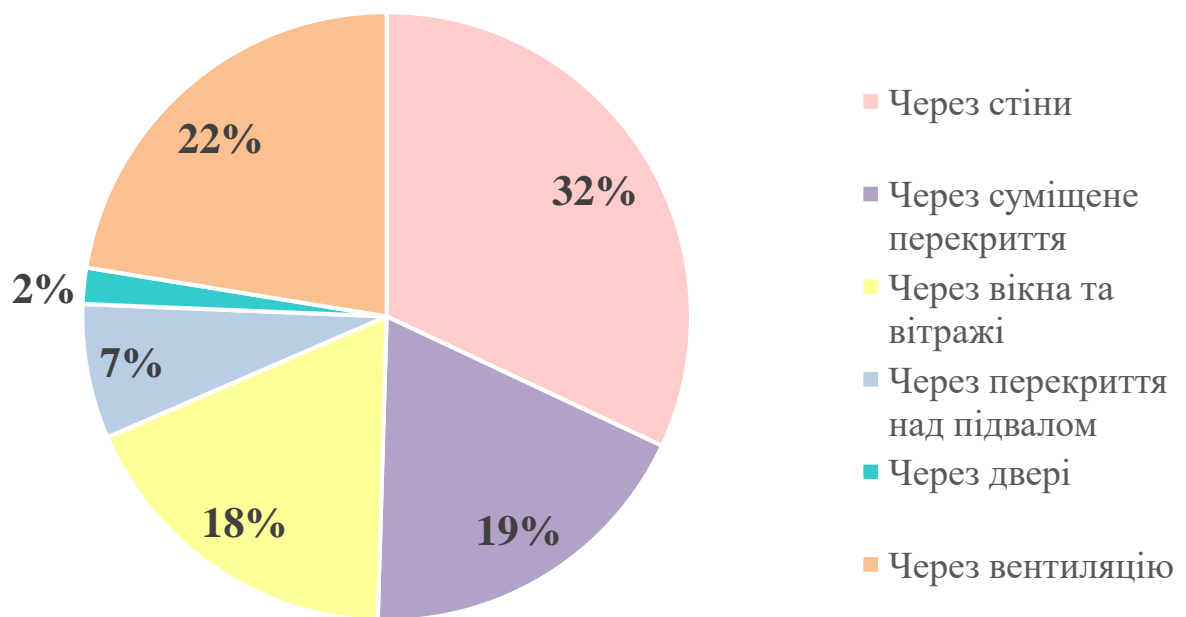


Рисунок 3.2 – Розподіл основних тепловтрат будівлі

З отриманих результатів, можемо зробити висновок, що відповідно до даного методу, найбільша кількість теплової енергії втрачається через вентиляцію та такі огорожуючі конструкції, як: зовнішні стіни, та суміщене перекриття.

4 ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ

4.1 Методика проведення розрахунку відповідно до ДСТУ Б EN ISO 13790 2011

Методика розрахунку щодо визначення енергопотреби для будівлі відповідно до міжнародного стандарту ДСТУ Б EN ISO 13790 2011 [6] узагальнена у наступному переліку:

1. Визначити внутрішні та кліматичні умови, а також інші відповідні характеристики навколишнього середовища.
2. Провести розрахунки характеристик теплопередачі трансмісією.
3. Провести розрахунки характеристик теплопередачі вентиляцією.
4. Провести розрахунки внутрішніх теплових надходження.
5. Розрахувати сонячні теплові надходження.
6. Визначити динамічні параметри.

Методика розрахунку [7], що представлена у розділі 3 є відгалуженням від даного методу та його адаптацією до національних стандартів України, тому деякі розрахункові формули є дещо подібними, або зовсім ідентичними.

Головна перевага над місячним методом полягає в тому, що погодинні часові інтервали дають можливість прямого введення погодинних моделей.

Так, згідно до ДСТУ Б EN ISO 13790 2011 [6], погодинну енергопотребу для опалення та/або охолодження $Q_{HC,nd}$, МДж, отримують шляхом множення $\Phi_{HC,nd}$, Вт, на 0,036. Так само, внутрішні та сонячні теплові надходження Q_{int} та Q_{sol} , МДж, отримують шляхом множення кожного зі значень Φ_{int} та Φ_{sol} , Вт, на 0,036.

						Аркуш
						63
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основними змінними у моделі є:

1. коефіцієнти, що визначають відповідно теплопередачу трансмісією через двері, вікна, навісні та світлопрозорі фасади $H_{tr,w}$ та через непрозорі елементи будівлі $H_{tr,op}$ та поділену на $H_{tr,em}$ та $H_{tr,ms}$;
2. характеристики вентиляції H_{ve} та θ_{sup} ;
3. тепловий взаємозв'язок конвекцією $H_{tr,is}$;
4. внутрішню теплоємність C_m , Дж/К.

4.1.1 Теплопередача трансмісією

Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі у спрощеному погодинному методі розрахунку не використовують.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, $H_{tr,adj}$, Вт/К, розраховують згідно з формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (4.1)$$

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_x , Вт/К може бути розраховане за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \cdot (\sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j) \quad (4.2)$$

де A_i – площа і-го елемента оболонки будівлі, м²;

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

					Аркуш
					64
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$R_{\Sigma пр, i}$ – приведений опір теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, м² К/Вт. Значення даного параметру наведені у додатку Б;

l_k – довжина k-го лінійного теплопровідного включення, м;

ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k-го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

$b_{tr, x}$ – поправочний коефіцієнт зі значенням $b_{tr, x} \neq 1$ за температури на іншому боці конструкції елемента, що не дорівнює зовнішній температурі повітря, для випадку розділення на суміжні кондиціоновані та некондиціоновані об'єми або у випадку нижнього поверху.

Для спрощеного погодинного методу повинна бути відмінність між трансмісією через легкі елементи будівлі (вікна, двері, навісні фасади, інші заклені елементи) та через масивні елементи будівлі.

Тепловий потік від теплопередачі трансмісією, $\Phi_{tr, k}$, Вт розраховуємо за формулою:

$$\Phi_{tr, k} = H_{tr, k} \cdot (\theta_i - \theta_e), \quad (4.3)$$

де θ_i – внутрішня температура в приміщеннях, °С;

θ_e – зовнішня погодинна температура оточуючого середовища, °С, додаток В.

4.1.2 Теплопередача вентиляцією

Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі у спрощеному погодинному методі розрахунку не використовують.

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

						Аркуш
						65
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}), \quad (4.4)$$

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:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}, \quad (4.5)$$

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: $f_{ve,t,k} = 1$).

Витрата повітря за рахунок інфільтрації, пасивних припливних отворів або вікон (природна вентиляція), $q_{ve,inf,mn}$, $\text{м}^3/\text{год}$, визначають за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V_{ve}, \quad (4.6)$$

де $n_{inf,mn}$ – кратність повітрообміну, год^{-1}

V_{ve} – кондиціонований об'єм будівлі, призначений для вентиляції, м^3 .

Вентиляція з інфільтрацією повітря ззовні: Температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ має значення температури зовнішнього середовища θ_e згідно з додатком F. Внаслідок цього температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для потоку повітря від зовнішнього середовища дорівнює 1.

Вентиляція з інфільтрацією повітря від суміжного некондиціонованого об'єму: Температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ має значення температури зовнішнього середовища θ_e згідно з додатком F. Внаслідок цього температурний поправочний коефіцієнт $b_{ve,k}$ для потоку повітря від суміжних некондиціонованих об'ємів дорівнює 1.

					Аркуш
					66
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Тепловий потік від теплопередачі вентиляцією, Φ_{ve} Вт, розраховуємо за формулою:

$$\Phi_{ve} = H_{ve} \cdot (\theta_i - \theta_e), \quad (4.7)$$

4.1.3 Внутрішні теплові надходження

Згідно до методики даного стандарту [6], при розрахунках внутрішніх теплових надходжень враховують:

1. метаболічну теплоту від людей, $\Phi_{int,Oc}$, Вт, та розсіяну теплоту вад обладнання, $\Phi_{int,A}$, Вт;
2. теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів, $\Phi_{int,L}$, Вт;
3. теплоту, розсіяну або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
4. теплоту, розсіяну або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
5. теплоту від або до процесів та продукції.

Для спрощеного погодинного методу суму теплових потоків від внутрішніх теплових джерел у визначеній зоні будівлі Φ_{int} , Вт, розраховують для кожної години за формулою:

$$\Phi_{int} = \sum_k \Phi_{int,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{int,u,l}$$

Згідно з п.10.2.2, у нашому випадку дана формула буде мати такий вигляд:

$$\Phi_{int} = \sum_k \Phi_{int,mn,k}, \quad (4.7)$$

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

					Аркуш
					67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

4.1.4 Сонячні теплові надходження

Сприймаючі поверхні, які беруть до уваги, - це скління (включаючи будь-які об'єднані чи додані засоби сонячного затінення), зовнішні непрозорі елементи, внутрішні стіни та підлоги приміщень оранжерейного типу, та стіни за прозорим покриттям чи світлопрозорою ізоляцією. Характеристики залежать від клімату, часу та факторів розташування, таких як положення сонця та співвідношення між прямою та розсіяною сонячною радіацією.

Для спрощеного погодинного методу тепловий потік від джерел сонячного випромінювання у визначеній зоні будівлі Φ_{sol} , Вт, розраховують для кожної години за формулою:

$$\Phi_{sol} = \sum_k \Phi_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{sol,u,l}$$

Згідно з п.11.2.2 [6], у нашому випадку дана формула буде мати такий вигляд:

$$\Phi_{sol} = \sum_k \Phi_{sol,mn,k}, \quad (4.8)$$

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

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

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (4.9)$$

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, м²;

$I_{sol,k}$ - сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

					Аркуш
					68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$F_{r,k}$ – 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.

Еквівалентну площу інсоляції, $A_{sol}, \text{м}^2$, заскленого елемента розраховують:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} , \quad (4.10)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів;

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

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції заскленого елемента, м^2 ;

$g_{gl} = F_w \cdot g_n$ – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

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.

У випадку наявності постійно закритої завіси (наприклад, нерухомої) всередині чи ззовні приміщення зменшується загальне пропускання сонячного випромінювання. В цьому випадку, щоб визначити загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління з постійною завісою, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління g_{gl} необхідно помножити на понижувальний коефіцієнт.

Понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення, $F_{sh,gl}$, визначається за формулою:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}]}{g_{gl}} \quad (4.11)$$

						Аркуш
						69
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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.

Еквівалентну площу інсоляції, A_{sol} , м², непрозорої частини оболонки будівлі:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (4.12)$$

де $\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною;

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

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м²·К); для фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та вентиляльованих горищних покриттів значення необхідно помножити на коефіцієнт 0,04;

A_c – площа проекції непрозорої частини, м².

Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення $F_{sh,0}$, 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 застклений елемент.

						Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У загальному випадку понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,0}$ визначають за формулою:

$$F_{sh,0} = \frac{I_{sol,ps,mean}}{I_{sol,mean}},$$

де $I_{sol,ps,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, затінену зовнішнім(и) об'єктом(-ами), Вт/м².

$I_{sol,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні, що розглядається, за відсутності затінення, Вт/м².

За відсутності фактичних даних понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,0}$ необхідно розраховувати за формулою:

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin}, \quad (4.13)$$

де F_{hor} – частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту;

F_{ov} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для звисів;

F_{fin} – частковий поправочний коефіцієнт затінення для ребер.

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

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (4.14)$$

де $R_{se} = 0,043$ м² · К/Вт – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорій частини;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорій частини, Вт/(м²·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;

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

						Аркуш
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

При першому наближенні h_r приймають $5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, що відповідає середній температурі $10 \text{ }^\circ\text{С}$.

4.1.5 Динамічні параметри

Для спрощеного погодинного методу повинна бути відмінність між трансмісією через легкі елементи будівлі (вікна, двері, навісні фасади, інші заклені елементи) та через масивні елементи будівлі. Для визначення теплопередачі трансмісією через двері, вікна, навісні та світлопрозорі фасади використовують коефіцієнт $H_{tr,w}$ та, відповідно, для непрозорих елементів будівлі – $H_{tr,op}$. Розподіл трансмісійного узагальненого коефіцієнта теплопередачі непрозорих елементів $H_{tr,op}$ на H_{em} і H_{ms} розраховують за формулами:

$$H_{em} = \frac{1}{1/H_{tr,op} - 1/H_{ms}}, \quad (4.15)$$

де H_{ms} - тепловий взаємозв'язок теплопровідністю між вузлами m та s, $\text{Вт}/\text{К}$:

$$H_{ms} = h_{ms} \cdot A_m, \quad (4.16)$$

h_{ms} - коефіцієнт теплопередачі між вузлами m та s з фіксованим значенням

$$h_{ms} = 9,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$A_m = \frac{C_m^2}{\sum A_j k_j} - \text{ефективна площа маси, м}^2.$$

C_m – внутрішня теплоємність, $\text{Дж}/\text{К}$;

A_j – площа j-го елемента, м^2 ;

k_j – внутрішня теплоємність на одиницю площі j-го елемента будівлі, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначена згідно з 12.3.1;

					Аркуш
					72
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Для спрощеного погодинного методу внутрішню теплоємність зони будівлі C_m , Дж/К, розраховують шляхом складання теплоємності всіх елементів будівлі, що знаходяться у прямому тепловому контакті з внутрішнім повітрям зони, що розглядається.

$$C_m = \sum k_j A_j, \quad (4.17)$$

У разі відсутності національних значень можуть бути використані значення, представлені в таблиці 12 [6].

Тепловий взаємозв'язок конвекцією $H_{tr,is}$, Вт/К, між вузлом температури внутрішнього повітря θ_{air} та центральним вузлом θ_s визначають за формулою:

$$H_{tr,is} = h_{is} \cdot A_{tot}, \quad (4.18)$$

де h_{is} – коефіцієнт теплопередачі між вузлом температури внутрішнього повітря θ_{air} та центральним вузлом θ_s , який має фіксоване значення $h_{is} = 3,45$ Вт/(м²·К);

A_{tot} – площа всіх зовнішніх огорожень зони будівлі, м², що дорівнює $A_{at} \cdot A_f$;

A_f – площа підлоги кондиціонованого об'єму, м²;

A_{at} – безрозмірне співвідношення між площею внутрішніх огорожень та площею підлоги; може бути прийнятим 4,5.

4.1.6 Внутрішні умови

Для постійного режиму опалення протягом усього опалювального періоду мінімальна внутрішня дійсна робоча температура зони будівлі θ_{int} , °С, повинна бути заданою температурою для опалення.

Для, заданого часового інтервалу $\theta_{m,t}$ °С, розраховують на кінець часового інтервалу з попереднього значення $\theta_{m,t-1}$ або за допомогою формули:

						Аркуш
						73
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\theta_{m,t} = \frac{\theta_{m,t-1} \left(\frac{C_m}{3600} - 0,5(H_3 - H_{em}) \right) + \Phi_{mtot}}{C_m / 3600 - 0,5(H_3 - H_{em})} \quad (4.19)$$

$$\Phi_{mtot} = \Phi_m + H_{tr,em} \cdot \theta_e + H_{tr,3} \cdot \frac{\Phi_{st} + H_{tr,w} \cdot \theta_e + H_{tr,1} \cdot \frac{\Phi_{ia} + \Phi_{H,nd}}{H_{ve}} + \theta_{sup}}{H_{tr,2}} \quad (4.20)$$

$$H_{tr,1} = \frac{1}{1/H_{ve} + 1/H_{tr,is}} \quad (4.21)$$

$$H_{tr,2} = H_{tr,1} + H_{tr,w} \quad (4.22)$$

$$H_{tr,3} = \frac{1}{1/H_{tr,2} + 1/H_{tr,ms}} \quad (4.23)$$

Теплові потоки від внутрішніх та сонячних джерел теплоти Φ_{int} та Φ_{sol} , Вт, розподіляються між вузлом температури внутрішнього повітря θ_{air} та внутрішніми вузлами θ_{int} , θ_m , наступним чином:

$$\Phi_{ia} = 0,5 \cdot \Phi_{int} \quad (4.24)$$

$$\Phi_m = \frac{A_m}{A_t} (0,5 \cdot \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (4.25)$$

$$\Phi_{st} = \left(1 - \frac{A_m}{A_t} - \frac{H_{tr,w}}{9,1 \cdot A_t} \right) \cdot (0,5 \cdot \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (4.26)$$

Для прийнятого часового інтервалу усереднені значення температури вузлів визначають за:

$$\theta_m = \frac{\theta_{m,t} + \theta_{m,t-1}}{2} \quad (4.27)$$

$$\theta_s = \frac{H_{tr,ms} \cdot \theta_m + \Phi_{st} + H_{tr,w} \cdot \theta_e + H_{tr,1} \cdot \theta_{sup} + \left(\frac{\Phi_{ia} + \Phi_{H,nd}}{H_{ve}} \right)}{H_{tr,ms} + H_{tr,1} + H_{tr,w}} \quad (4.28)$$

$$\theta_{air} = \frac{H_{tr,is} \cdot \theta_s + H_{ve} \cdot \theta_{sup} + \Phi_{ia} + \Phi_{H,nd}}{H_{tr,is} + H_{ve}} \quad (4.29)$$

$$\theta_{op} = 0,3 \cdot \theta_{air} + 0,7 \cdot \theta_s \quad (4.30)$$

Для переривчастого режиму опалення задані значення повинні базуватися на погодинному і тижневому розкладах з урахуванням заданого чергового режиму.

Для спрощеного погодинного методу моделювання допускається при розрахунку безпосередньо брати до уваги період невикористання шляхом адаптації вхідних даних зайнятості для даного періоду.

					Аркуш
					74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

4.1.7 Річні потреби на опалення

Енергопотреби на опалення знаходяться за розрахунком потужності опалення для кожної години, (додатної для опалення) $\Phi_{H,nd}$, що повинна бути надана до вузла температури внутрішнього повітря θ_{air} для підтримання певної мінімальної заданої температури.

Погодинну енергопотребу для опалення $Q_{H,nd}$, МДж, отримують шляхом множення $\Phi_{H,nd}$, Вт, на 0,036.

Місячну енергопотребу для опалення визначають шляхом підсумовування погодинної енергопотреби для опалення:

$$Q_{H,nd,an} = \sum_i Q_{H,nd,i} \quad (4.31)$$

де $Q_{H,nd,i}$ – енергопотреба для опалення зони, що розглядається, для i -го місяця.

Річні енергопотреби для опалення та охолодження даної зони будівлі $Q_{H,nd,an}$, МДж, розраховують шляхом складання розрахованої енергопотреби за період з урахуванням можливих вагових чинників для різних режимів опалення.

4.2 Проведення розрахунку відповідно до методики ДСТУ Б EN ISO 13790 2011

4.2.1 Розрахунок теплопередачі трансмісією

У зв'язку з подібністю формул (3.6) та (4.2), можна зробити висновок, що значення коефіцієнтів теплопередачі трансмісією через огорожуючі

						Аркуш
						75
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

конструкції обстежуваної будівлі відповідають значенням, отриманим у п.3.2.1. Тоді,

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через стіни:

$$H_{tr,ст} = 5236 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через суміщене перекриття:

$$H_{tr,стл} = 2080 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через світлопрозорі елементи:

$$H_{tr,вк} = 2623 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через світлопрозорі елементи:

$$H_{tr,підл} = 823 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачею трансмісією через двері:

$$H_{tr,д} = 212 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через легкі елементи будівлі (вікна, двері, навісні фасади, інші заklenі елементи):

$$H_{tr,w} = 2623 + 212 = 2835 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією через масивні елементи будівлі:

$$H_{tr,op} = 5236 + 2080 + 823 = 8139 \text{ Вт/К}$$

Далі наведено приклад погодинного розрахунку теплопередачі трансмісією для будь-якого дня січня, для дев'ятої години ранку:

Через стіни:

$$\Phi_{tr,ст,січ,1} = 5236 \cdot (22 - (-7,3)) = 153\,405 \text{ Вт}$$

Через суміщене перекриття:

$$\Phi_{tr,стл,січ,1} = 2080 \cdot (22 - (-7,3)) = 60\,954 \text{ Вт}$$

Через світлопрозорі конструкції:

$$\Phi_{tr,вк,січ,1} = 2623 \cdot (22 - (-7,3)) = 76\,855 \text{ Вт}$$

Через суміщене перекриття:

$$\Phi_{tr,підл,січ,1} = 823 \cdot (22 - (-7,3)) = 24\,125 \text{ Вт}$$

Через двері:

$$\Phi_{tr,д,січ,1} = 212 \cdot (22 - (-7,3)) = 6\,202 \text{ Вт}$$

						Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Аналогічно проводимо розрахунки для решти доби. Отримані результати наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Погодинне значення теплових потоків, що відходять від зовнішніх огороджуючих конструкцій за рахунок теплопередачі трансмісією

Година	Стіни, Вт	Суміщене покриття, Вт	Вікна/вітраж, Вт	Підлога (над холодним підвалом), Вт	Вхідні двері, Вт	Погодинна величина, Вт
1	153405	60954	76855	24125	6202	321542
2	156547	62202	78428	24619	6329	328126
3	159165	63242	79740	25031	6435	333613
4	161259	64075	80789	25361	6520	338003
5	163353	64907	81838	25690	6605	342393
6	164924	65531	82625	25937	6668	345685
7	165971	65947	83150	26102	6710	347880
8	166495	66155	83412	26184	6732	348977
9	165971	65947	83150	26102	6710	347880
10	162306	64491	81314	25525	6562	340198
11	155500	61786	77904	24455	6287	325931
12	147646	58666	73969	23220	5970	309470
13	140316	55753	70297	22067	5673	294106
14	135080	53673	67674	21244	5461	283132
15	132986	52841	66625	20914	5377	278743
16	133510	53049	66887	20997	5398	279840
17	134033	53257	67149	21079	5419	280938
18	135604	53881	67936	21326	5483	284230
19	137175	54505	68723	21573	5546	287522
20	139269	55337	69772	21902	5631	291912
21	141887	56377	71084	22314	5737	297399
22	144505	57417	72395	22726	5843	302886
23	147646	58666	73969	23220	5970	309470
24	150264	59706	75281	23631	6075	314957

4.2.2 Теплопередача вентиляцією

Оскільки, (3.10) та (4.6) є подібними, то витрата повітря за рахунок інфільтрації, пасивних припливних отворів або вікон (природна вентиляція), м³/год:

						Аркуш
						77
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$q_{ve} = 22565 \text{ м}^3/\text{год}$$

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією H_{ve} , Вт/К, розраховують за формулою (4.4), що відповідає (3.8). Тоді,

$$H_{ve,adj} = 7446 \text{ Вт/К}$$

Далі наведено приклад погодинного розрахунку теплопередачі вентиляцією для будь-якого дня січня, для дев'ятої години ранку:

$$\Phi_{ve,сiч,1} = 7446 \cdot (22 - (-7,3)) = 218\,182 \text{ Вт}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для послідуєчих годин.

Погодинну потребу на опалення розраховуємо шляхом додавання теплових потоків теплопередачі трансмісією та через вентиляцію.

Отримані результати наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Погодинні потреби на опалення

Година	Погодинний тепловий потік від теплопередачі трансмісією, Вт	Погодинний тепловий потік від теплопередачі вентиляцією, Вт	Погодинні потреби на опалення, Вт
1	321542	109091	430633
2	328126	111325	439451
3	333613	113187	446800
4	338003	114676	452679
5	342393	116165	458558
6	345685	117282	462967
7	347880	118027	465906
8	348977	118399	467376
9	347880	118027	465906
10	340198	115420	455618
11	325931	110580	436512
12	309470	104995	414466
13	294106	99783	393889
14	283132	96060	379192
15	278743	94570	373313
16	279840	94943	374783
17	280938	95315	376253
18	284230	96432	380662
19	287522	97549	385071
20	291912	99038	390950
21	297399	100900	398299

Продовження таблиці 4.2

Година	Погодинний тепловий потік від теплопередачі трансмісією, Вт	Погодинний тепловий потік від теплопередачі вентиляцією, Вт	Погодинні потреби на опалення, Вт
22	302886	102761	405647
23	309470	104995	414466
24	314957	106857	421814

4.2.3 Внутрішні теплові надходження

Згідно з табл. G.12 [6], середній тепловий потік на 1 людину для закладів освіти складає 70 Вт., теплове випромінювання від устаткування (табл. G.11 [6]) – 5 Вт/м².

Теплові надходження від людей:

$$\Phi_{int,oc} = 70 \cdot 448 = 31360 \text{ Вт}$$

Теплові надходження від обладнання:

$$\Phi_{int,A} = 5 \cdot 2594 = 12\,969 \text{ Вт}$$

Теплові надходження від освітлення розраховуємо за фактичними даними:

$$\begin{aligned} \Phi_{int,L} &= 0,95 \cdot (65 \cdot 5 + 75 \cdot 249 + 100 \cdot 46 + 36 \cdot 30) \cdot \frac{2 \cdot 5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} + 0,4 \cdot \\ &(36 \cdot 58 + 20 \cdot 12 + 11 \cdot 5) \cdot \frac{3 \cdot 5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} + 0,1 \cdot (4 \cdot 2 + 7 \cdot 10 + 18 \cdot 2) \cdot \frac{2 \cdot 5/7 \cdot 187}{24 \cdot 187} = \\ &1321,6 + 85,121 + 0,678 = 1\,481 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Внутрішні теплові надходження слід враховувати тільки для періоду роботи закладу, а саме з понеділка по п'ятницю, з 7:00 до 19:00. Решту часу у закладі знаходиться лише охоронець.

Таким чином, погодинні значення потоків внутрішніх теплових надходжень для робочого та вихідного дня матимуть такий вигляд – табл.4.3.

						Аркуш
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Погодинні значення внутрішніх теплових надходжень в залежності від режиму роботи закладу

Час		Внутрішні теплонадходження, Вт
Пн – Пт	07:00 – 19:00	45 810
	19:00 – 07:00	70
Сб – Нд	00:00 – 24:00	70

4.2.4 Сонячні теплові надходження

4.2.4.1 Еквівалентна площа інсоляції

1) Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку: Вікна з потрійним склінням (4M₁-10-4M₁-10-4M₁), вікна та вітражі на основі ПВХ-профілів із потрійним склінням із одним низькоемісійним селективним покриттям (4M₁-8-4M₁-8-4K), та вітражі з одинарним склінням (4M₁). В якості рухомих засобів затінення передбачено, що використовуються кольоровий текстиль зсередини вікон низької ефективності.

Згідно до табл. 11 [9], для міста Суми коефіцієнт затінення $f_{sh,with} = 0$ для всіх місяців, окрім Червня, Липня та Серпня.

Згідно до табл. G.2 та G.3 [6], загальні коефіцієнти пропускання сонячної енергії склінням за відсутності та наявності сонячного затінення, відповідно, становлять:

$$g_{gl} = 0,9 \cdot (0,49 \cdot 0,7 + 0,39 \cdot 0,58 + 0,12 \cdot 0,85) = 0,604$$

$$g_{gl+sh} = 0,604 \cdot 0,77 = 0,456$$

Тоді, понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - 0) \cdot 0,604 + 0 \cdot 0,456]}{0,604} = 1,0$$

Приймаємо, частку площі обрамлення такоє, що рівна $F_F = 0,3$.

					Аркуш
					80
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Тоді, еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів із північного боку дорівнює:

$$A_{Sol,вк,Пн} = 1 \cdot 0,604 \cdot (1 - 0,3) \cdot 423,97 = 179,28 \text{ м}^2$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 4.4.

2) Згідно з табл. 10 [9], безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, для зовнішніх стін приймаємо $\alpha_{s,c} = 0,45$.

Тоді, еквівалентна площа інсоляції зовнішніх стін будівлі для північної сторони складає:

$$A_{Sol,ст,Пн} = 0,45 \cdot 0,043 \cdot \frac{1}{0,777} \cdot 362,31 = 9,03 \text{ м}^2$$

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 4.4.

3) Оскільки суміжне перекриття будівлі захищене від впливу сонячного випромінювання, горизонтальну складову не враховуємо.

4.2.4.2 Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення

Коефіцієнт зовнішнього затінення рівний значенню, визначеному у п.3.2.4.2 і наведений у таблиці 4.4.

4.2.4.3 Тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу

Коефіцієнт теплового випромінюванням зовнішньою поверхнею, приймаємо згідно з табл. 10 [9] – $\varepsilon = 0,93$.

Тоді, для фасаду з північного боку будинку, тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу Φ_r розраховуємо за формулою (4.14):

$$\Phi_{r,Пн} = 0,043 \cdot \frac{1}{0,777} \cdot 362,3 \cdot (5 \cdot 0,93) \cdot 11 = 1026 \text{ Вт}$$

						Аркуш
						81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Аналогічно проводимо розрахунок для інших напрямків. Результати розрахунку для наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристики елементів сонячних теплових надходжень

Параметри	Пн	Сх	Пд	Зх
Еквівалентна площа інсоляції застелених елементів	179,28	89,18	144,60	89,18
Еквівалентна площа інсоляції непрозорої частини	9,03	15,24	11,30	10,13
Понижувальний коефіцієнт зовнішнього затінення	0,95	0,77	0,56	0,77
Теплове випромінювання в атмосферу	1026	1732	1285	1151

4.2.4.4 Сонячні теплонадходження

Сонячні теплонадходження слід враховувати тільки в світлий період доби. Згідно з статистичними даними [21], визначаємо час використання сонячних теплонадходжень табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Середньомісячні данні щодо світанку та заходу сонця для м. Суми

Місяць	Час	
	Схід сонця	Захід сонця
Січень	08:41	16:58
Лютий	07:57	17:52
Березень	06:58	18:40
Квітень	05:50	19:31
Травень	04:55	20:18
Жовтень	07:07	17:45
Листопад	08:00	16:49
Грудень	08:41.	16:30

За відсутності фактичних даних, значення середньомісячної сумарної сонячної радіація, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності приймаємо згідно з табл. А.4 [7] (див. Додаток В).

Тоді, сонячні теплонадходження для січня, час – 9,00, складають:

Північний фасад:

$$\Phi_{sol,Пн,січ,9} = 0,95 \cdot (179,28 + 9,03) \cdot 12 - 0,5 \cdot 1026 = 1634 \text{ Вт}$$

Східний фасад:

$$\Phi_{sol,Сх,січ,9} = 0,77 \cdot (89,18 + 15,24) \cdot 19 - 0,5 \cdot 1732 = 662 \text{ Вт}$$

Південний фасад:

$$\Phi_{sol,Пд,січ,9} = 0,56 \cdot (144,60 + 11,30) \cdot 46 - 0,5 \cdot 1285 = 3374 \text{ Вт}$$

Західний фасад:

$$\Phi_{sol,Зх,січ,9} = 0,77 \cdot (89,18 + 10,13) \cdot 13 - 0,5 \cdot 1151 = 418 \text{ Вт}$$

Отже, загальна величина сонячних теплонадходжень до будівлі для січня (9:00) складає:

$$\Phi_{sol,січ,9} = 1634 + 662 + 3374 + 418 = 6087 \text{ Вт}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для послідуєчих годин.

Погодинні додаткові теплонадходження розраховуємо шляхом додавання теплових потоків внутрішніх джерел та сонячні теплонадходження.

Отримані результати наведено в табл. 4.6.

Погодинну потребу для опалення обстежуваного об'єкту при першому наближенні визначаємо, за формулою:

$$\Phi'_{H,nd} = (\Phi_{tr} + \Phi_{ve}) - (\Phi_{int} + \Phi_{sol}), \text{ кВт}$$

Тоді, для будь якого дня січня, для 9:00, тепловий потік від системи опалення при першому наближенні повинен становити:

$$\Phi'_{H,nd,січ} = (347880 + 118027) - (45810 + 6087) = 414\,009 \text{ кВт}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок для решти доби. Результати розрахунку наведені у табл. 4.7.

						Аркуш
						83
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Погодинні значення теплонадходжень за рахунок сонячного випромінювання

Година	Тепловий потік від внутрішніх надходжень, Вт	Тепловий потік від сонячних надходжень, Вт	Сумарний тепловий потік за рахунок теплонадходжень, Вт
1	70	0	70
2	70	0	70
3	70	0	70
4	70	0	70
5	70	0	70
6	70	0	70
7	45810	0	45810
8	45810	0	45810
9	45810	6087	51897
10	45810	6087	51897
11	45810	6087	51897
12	45810	6087	51897
13	45810	6087	51897
14	45810	6087	51897
15	45810	6087	51897
16	45810	6087	51897
17	45810	6087	51897
18	45810	0	45810
19	70	0	70
20	70	0	70
21	70	0	70
22	70	0	70
23	70	0	70
24	70	0	70

Таблиця 4.7 – Розрахункові значення потреби на опалення для Січня
(перше наближення)

Година	Сумарне значення тепловтрат, Вт	Сумарна величина теплонадходжень, Вт	Погодинне енергоспоживання на опалення, Вт	Погодинне енергоспоживання на опалення, Гкал
1	430633	70	430563	0,370
2	4394510	70	439381	0,378
3	446800	70	446730	0,384
4	452679	70	452609	0,389
5	458558	70	458488	0,394
6	462967	70	462897	0,398
7	465906	45810	420097	0,361
8	467376	45810	421566	0,362
9	465906	51897	414009	0,356
10	455618	51897	403721	0,347
11	436512	51897	384614	0,331
12	414466	51897	362568	0,312
13	393889	51897	341992	0,294
14	379192	51897	327295	0,281
15	373313	51897	321416	0,276
16	374783	51897	322885	0,278
17	376253	51897	324355	0,279
18	380662	45810	334852	0,288
19	385071	70	385001	0,331
20	390950	70	390880	0,336
21	398299	70	398229	0,342
22	405647	70	405577	0,349
23	414466	70	414396	0,356
24	421814	70	421744	0,363

4.1.5 Динамічні параметри

Оскільки будівля обстежуваного об'єкту відноситься до класу «масивних» забудов – цегляна кладка у дві цеглини із залізобетонним перекриттям, то, згідно з таблицею 12 [6] маємо:

Ефективна площа маси, A_m , м²:

$$A_m = 3,0 \cdot A_f,$$

$$A_m = 3,0 \cdot 2594 = 7781 \text{ м}^2$$

Внутрішня теплоємність, C_m , Дж/К становить:

$$C_m = 260\,000 \cdot A_f,$$

$$C_m = \frac{260\,000 \cdot 2594}{3600} = 117520 \text{ Вт/К}$$

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через масивні елементи за рахунок теплопровідності знаходимо за формулою (4.16):

$$H_{ms} = 9,1 \cdot 7781 = 70\,808$$

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через масивні елементи за рахунок тепловіддачі, (4.15):

$$H_{em} = \frac{1}{1/8139 - 1/70808} = 7\,300$$

Тепловий взаємозв'язок конвекцією $H_{tr,is}$, Вт/К, між вузлом температури внутрішнього повітря θ_{air} та центральним вузлом θ_s визначають за формулою (4.18):

$$H_{tr,is} = 3,45 \cdot 8067 = 27\,829 \text{ Вт/К}$$

Розрахуємо, значення температурних вузлів будови обстежуваного об'єкту для будь-якого дня січня, для дев'ятої ранку.

$$\Phi_{ia} = 0,5 \cdot 45810 = 22\,905 \text{ Вт}$$

$$\Phi_m = \frac{7781}{8067} (0,5 \cdot 45810 + 6087) = 27\,967 \text{ Вт}$$

					Аркуш
					86
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$\Phi_{st} = \left(1 - \frac{7781}{8067} - \frac{2835}{9,1 \cdot 8067}\right) \cdot (0,5 \cdot 45810 + 6087) = -94 \text{ Вт}$$

$$H_{tr,1} = \frac{1}{1/3723 + 1/27829} = 3284 \text{ Вт/К}$$

$$H_{tr,2} = 3284 + 2835 = 6119 \text{ Вт/К}$$

$$H_{tr,3} = \frac{1}{1/6119 + 1/70808} = 5632 \text{ Вт/К}$$

$$\Phi_{mtot} = 27967 + 7300 \cdot (-9,7) + 5632$$

$$\cdot \frac{(-94) + 2835 \cdot (-9,7) + 3284 \cdot \frac{22905 + 307472}{3723} + (-9,7)}{6119}$$

$$= 199965 \text{ Вт}$$

Оскільки,

$$\theta_{m,t} = \frac{16,86 \cdot (117529 - 0,5(5632 - 7300)) + 199965}{117529 - 0,5(5632 - 7300)} = 18,55 \text{ °C}$$

Тоді,

$$\theta_m = \frac{18,55 + 16,86}{2} = 17,70 \text{ °C}$$

$$\theta_s = \frac{70808 \cdot 17,70 + (-94) + 2835 \cdot (-9,7) + 3284 \cdot (-9,7) + \left(\frac{22905 + 307472}{3723}\right)}{70808 + 3284 + 2835} = 15,52 \text{ °C}$$

$$\theta_{air} = \frac{27829 \cdot 15,81 + 3723 \cdot (-9,7) + 22905 + 269876}{27829 + 3723} = 19,70 \text{ °C}$$

$$\theta_{op} = 0,3 \cdot 19,70 + 0,7 \cdot 13,11 = 15,09 \text{ °C}$$

Тепер виконаємо перерахунок теплового потоку $\Phi'_{H,nd,сiч}$, для визначення дійсного значення потреби в опаленні для даної години.

$$\Phi_{H,nd} = \Phi_{op} + \Phi_w + \Phi_{ve}, \text{ Вт}$$

$$\Phi_{op} = H_{op} \cdot (\theta_{op} - \theta_e), \text{ Вт}$$

$$\Phi_w = H_w \cdot (\theta_{air} - \theta_e), \text{ Вт}$$

$$\Phi_{ve} = H_{ve} \cdot (\theta_{air} - \theta_{sup}), \text{ Вт}$$

Φ_{int} та Φ_{sol} перерахунку не підлягають.

						Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При умові, розрахункове значення $\theta_{air} > 22^{\circ}\text{C}$, перерахунок рекомендовано здійснювати за значенням заданої температури.

Стіни:

$$\Phi_{\text{ст}} = 5236 \cdot (15,09 - (-9,7)) = 129\,785 \text{ Вт}$$

Суміщене перекриття:

$$\Phi_{\text{стл}} = 2080 \cdot (15,09 - (-9,7)) = 51\,569 \text{ Вт}$$

Вікна та вітражі:

$$\Phi_{\text{вкн}} = 2623 \cdot (22,06 - (-9,7)) = 77\,116 \text{ Вт}$$

Перекриття над підвалом:

$$\Phi_{\text{пдл}} = 823 \cdot (15,09 - 6) = 7\,483 \text{ Вт}$$

Вхідні двері:

$$\Phi_{\text{д}} = 212 \cdot (22,06 - (-9,7)) = 2\,265 \text{ Вт}$$

Вентиляція:

$$\Phi_{\text{вент}} = 3723 \cdot (22,06 - (-9,7)) = 17\,168 \text{ Вт}$$

Отже,

$$\Phi_{H,nd} = 129\,785 + 51\,569 + 77\,116 + 7\,483 + 2\,265 + 17\,168 = 285\,386 \text{ Вт}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти доби. Результати розрахунку наведено у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Прогнозоване значення потреб на опалення для січня (друге наближення)

Час	Тепловий потік за рахунок трансмісії через масивні елементи, Вт			Тепловий потік за рахунок трансмісії через віконні отвори, Вт		Тепловий потік за рахунок трансмісії за рахунок вентиляції, Вт	Тепловий потік від системи опалення	
	Стіни	Суміщене перекриття	Підлога	Двері	Вікна		Вт	Гкал
1	88715	35250	3001	3619	66616	31471	228672	0,197
2	89005	35365	2552	2308	54570	14165	197965	0,170
3	93432	37124	2837	2005	54745	11266	201409	0,173
4	98486	39132	3302	1912	57268	11253	211353	0,182

									Аркуш
									88
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 4.8

Час	Тепловий потік за рахунок трансмісії через масивні елементи, Вт			Тепловий потік за рахунок трансмісії через віконні отвори, Вт		Тепловий потік за рахунок трансмісії за рахунок вентиляції, Вт	Тепловий потік від системи опалення	
	Стіни	Суміщене покриття	Підлога	Двері	Вікна		Вт	Гкал
5	103920	41292	3828	1865	60357	11773	223035	0,192
6	109185	43384	4409	1841	63474	12453	234746	0,202
7	116193	46168	5346	2015	68770	14987	253479	0,218
8	123175	48942	6362	2131	73099	16167	269876	0,232
9	129785	51569	7483	2265	77116	17168	285386	0,245
10	134342	53379	8777	2445	80139	18219	297301	0,256
11	134326	53373	9844	2329	77904	15057	292833	0,252
12	133099	52885	10887	2117	73969	10345	283302	0,244
13	140316	55753	13174	1905	70297	0	281446	0,242
14	135080	53673	13174	1693	67674	0	271295	0,233
15	132986	52841	13174	1482	66625	0	267108	0,230
16	133510	53049	13174	1270	66887	0	267890	0,230
17	134033	53257	13174	1058	67149	0	268672	0,231
18	135604	53881	13174	817	67569	521	271567	0,234
19	137175	54505	13174	428	66153	3649	275083	0,237
20	132917	52813	12175	112	65917	956	264890	0,228
21	131137	52106	11484	368	63897	2557	261548	0,225
22	131189	52127	11080	654	64290	2036	261376	0,225
23	127681	50733	10034	1054	63530	621	253653	0,218
24	128466	51045	9746	1380	63425	1328	255390	0,220

Таким чином, добова потреба в опаленні для січня становить 6 179 кВт·год, або 5,313 Гкал.

Подібним чином розраховуємо значення і для решти місяців (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Прогнозоване значення потреб теплонадходжень від системи опалення для опалювальних місяців року, q_H , Гкал/год

Час	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
01:00	0,197	0,110	0,052	0,093	0,091	0,200	0,159
02:00	0,170	0,132	0,075	0,122	0,083	0,191	0,181
03:00	0,173	0,142	0,084	0,145	0,099	0,212	0,198
04:00	0,182	0,152	0,094	0,168	0,120	0,238	0,213
05:00	0,192	0,162	0,103	0,191	0,143	0,251	0,229
06:00	0,202	0,171	0,111	0,205	0,168	0,262	0,246
07:00	0,218	0,187	0,124	0,213	0,200	0,298	0,271
08:00	0,232	0,197	0,132	0,217	0,219	0,300	0,290
09:00	0,245	0,203	0,135	0,213	0,225	0,292	0,303
10:00	0,256	0,204	0,132	0,193	0,224	0,296	0,306
11:00	0,252	0,201	0,128	0,171	0,205	0,276	0,304
12:00	0,244	0,198	0,124	0,151	0,183	0,262	0,301
13:00	0,242	0,199	0,124	0,134	0,163	0,250	0,298
14:00	0,233	0,205	0,130	0,122	0,150	0,242	0,298
15:00	0,230	0,221	0,143	0,119	0,145	0,238	0,280
16:00	0,230	0,242	0,163	0,116	0,145	0,238	0,277
17:00	0,231	0,260	0,185	0,105	0,147	0,240	0,273
18:00	0,234	0,262	0,211	0,111	0,145	0,230	0,268
19:00	0,237	0,263	0,218	0,108	0,135	0,223	0,260
20:00	0,228	0,251	0,232	0,107	0,113	0,214	0,256
21:00	0,225	0,248	0,247	0,117	0,115	0,208	0,246
22:00	0,225	0,251	0,269	0,115	0,125	0,203	0,241
23:00	0,218	0,245	0,293	0,122	0,118	0,197	0,233
24:00	0,220	0,240	0,316	0,130	0,112	0,195	0,220
За добу	5,313	4,945	3,825	3,488	3,572	5,757	6,150

4.2.7 Річні потреби на опалення

Місячну енергопотребу для опалення визначаємо шляхом підсумовування погодинних енергопотреб для опалення. Результати наведені у таблиці 4.10. Значення місячних обсягів споживання розраховуємо з урахуванням графіку роботи закладу (див. табл. 3.9).

Таблиця 4.10 – Розрахункові значення теплової потужності будівлі відповідно до опалювальних місяців

Місяць	Потреба в опаленні, Гкал	%
Січень	128,81	18
Лютий	103,84	15
Березень	114,98	16
Квітень	38,37	5
Жовтень	44,79	6
Листопад	132,40	19
Грудень	146,07	21
Рік	709,26	100

Розподіл потреби в опаленні за місяцями опалювального періоду наведено згідно даного методу наведений на рисунку 4.1.

Додатковою перевагою даного методу є, можливість виокремлення окремих елементів тепловтрат із їх загальної частки (табл.4.11, рис. 4.2).

Таблиця 4.11 – Розподіл основних тепловтрат будівлі

Складова тепловтрат	Величина тепловтрат, Гкал	%
Тепловтрати	233,59	33
Через стіни	138,95	20
Через суміщене перекриття	19,45	3
Через перекриття над підвалом	9,82	1

Продовження таблиці 4.11

Складова тепловтрат	Величина тепловтрат, Гкал	%
Через двері	144,94	20
Через вікна та вітражі	162,52	23
Загалом	709,26	100

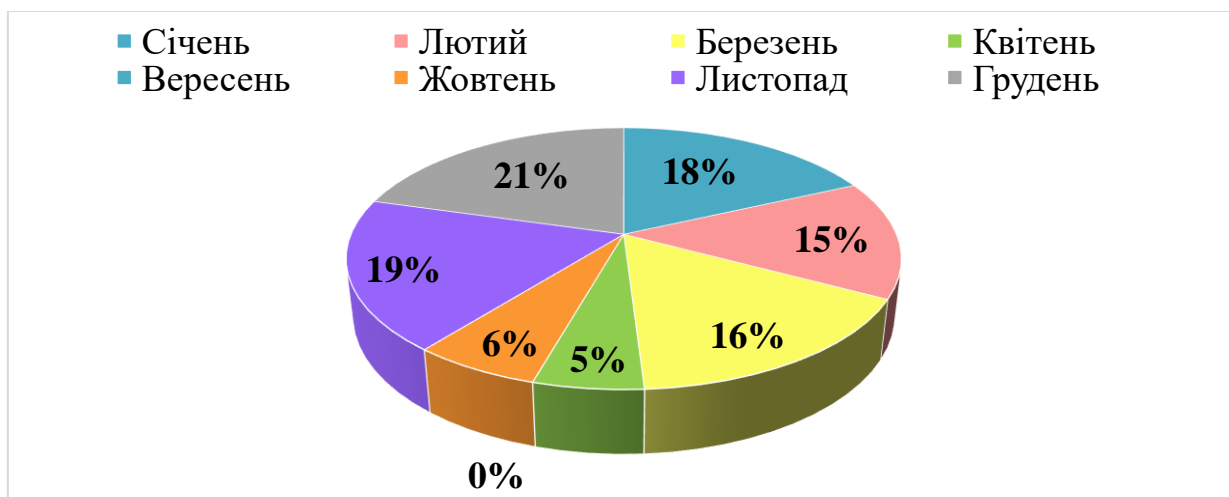


Рисунок 4.1 – Питома частка кількості спожитої теплової енергії за місяцями опалювального періоду

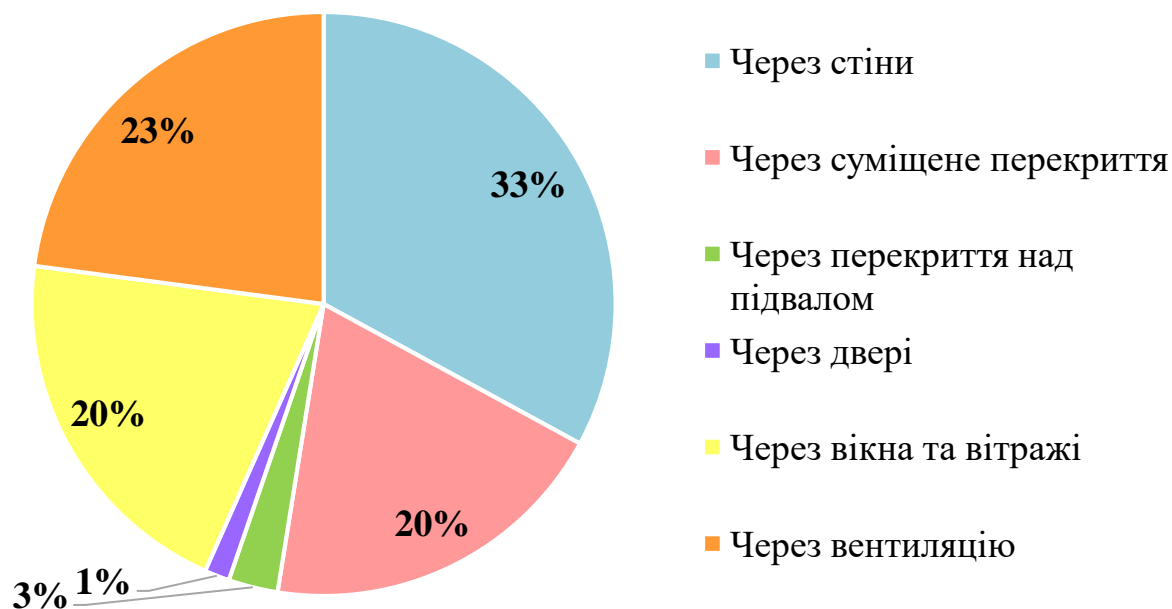


Рисунок 4.2 – Розподіл основних тепловтрат будівлі

З отриманих результатів, можемо зробити висновок, що відповідно до даного методу, найбільша кількість теплової енергії втрачається через вентиляцію та такі огорожуючі конструкції, як: зовнішні стіни, та суміщене перекриття.

						Аркуш
						93
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

5 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

5.1 Порівняння розрахункових значень з фактичними

Для проведення якісного аналізу запропонованих методів розрахунку теплової потужності будівель та отримання якісної оцінки, доцільним є порівняння розрахункових значень отриманих опалювальних характеристик зі значеннями, що були отримані у ході проведення даної роботи.

Так, відповідно до журналів обліку обсягів споживання енергоресурсів закладу, за останні майже п'ять років закладом було спожито таку кількість теплової енергії:

2015 рік – 621,74 Гкал;

2016 рік – 659,49 Гкал,;

2017 рік – 578,68 Гкал;

2018 рік – 600,78 Гкал;

2019 рік (січень – квітень) – 337,07 Гкал.

Тоді, як наведені методи пропонують такі результати:

КТМ-204 Україна 244-94 [5] – 580,10 Гкал.

Метод розрахунку за збільшеними показниками [10] – 1216,06 Гкал.

«Комбінований метод розрахунку» [8] – 1262,56 Гкал.

ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007 [9] – 1177,40 Гкал.

ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [7] – 783,56 Гкал.

ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 [6] – 709,26 Гкал.

Як бачимо, розбіжність у результатах розрахункових та фактичних даних є досить великою, що пояснюється відмінністю у методиках проведення розрахунків, способом обрання вихідних даних та відмінністю в дійсних та нормативних умовах експлуатації приміщень.

						Аркуш
						94
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки, основним параметром для розрахунку, згідно з КТМ-204 Україна 244-94 [5], є нормативне значення питомої теплової потужності будівлі, що приймається у відповідності до табличних значень, то точно не можливо стверджувати чим саме викликана ця розбіжність, адже невідомо, які саме параметри враховує цей параметр та на основі чого отримані ці значення.

Розбіжність у значеннях, відповідно до [10], можна пояснити насамперед методикою проведення розрахунків даним способом. Розрахунок, за даною способом, проводиться з урахуванням лише характеристик огорожуючих конструкцій будівлі та не дозволяє враховувати можливі джерела додаткових теплонадходжень, що призводять до зменшення розрахункових значень теплової потужності об'єктів.

Хоча методика розрахунку теплової потужності будівлі, згідно ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007 [9], враховує як тепловтрати, так і практично всі можливі види теплонадходжень, але розраховані значення відрізняються від дійсних майже у два рази, оскільки даний спосіб обчислення базується на використанні різноманітних коефіцієнтів, що не дозволяють у повній мірі відобразити дійсний стан будівлі та умови її експлуатації.

Розрахункове значення теплової потужності, що наведений у [8], є найвищим. Це пояснюється найбільшою кількістю складових (серед запропонованих стаціонарних методів), що у свою чергу враховують як найбільшу кількість факторів впливу на тепловий стан будівлі. Цей метод зручно використовувати для проведення енергетичних обстежень, оскільки він дозволяє визначити основні місця та причини приведених тепловтрат будівлі та розробити заходи по їх усуненню. Даний спосіб є відносно простим та зрозумілим для застосування. Точність отриманих результатів можна підвищити за рахунок використання більшої частки фактичних значень (реальні значення внутрішньої температури будівлі, тривалість опалювального сезону, дійсні значення теплозахисних характеристик та ін.).

Основною перевагою стаціонарних методів розрахунку є їх «простота», що з іншого боку і є їх недоліком. Саме цей фактор не дозволяє враховувати

						Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

такі фактори як черговість опалення, його перервність та дійсний час роботи системи опалення та її потужність для певного періоду опалювального сезону.

Значення теплових потужностей будівлі, визначених за квазістаціонарним [7] та динамічним [6] методами, найточніше відповідають реальним. Окрім цього, дані методи дозволяють визначити не лише загальні обсяги споживання за опалювальний період, але і за окремими проміжками часу (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Помісячні значення обсягів споживання теплової енергії для потреб опалення для обстежуваного об'єкту

Місяць	Фактичне значення*	Квазістаціонарний метод розрахунку	Динамічний метод розрахунку
	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	150,41	132,10	128,81
Лютий	106,56	164,85	103,84
Березень	93,90	11,63	114,98
Квітень	14,16	37,90	38,37
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	50,81	51,47	44,79
Листопад	110,36	141,42	132,40
Грудень	134,73	144,19	146,07

*дані щодо фактичних обсягів споживання взяті з [22].

Для зручності, доцільно представити отримані результати у вигляді стовпчикової діаграми (рис. 5.1). Як видно з рисунку, найбільш точно поведінку реальної опалювальної характеристики відображає методика динамічного визначення теплової потужності [6]. Вона не лише враховує

коефіцієнт зайнятості будівлі, але і враховує ту кількість тепла, що накопичується у масивних елементах огорожувальних конструкцій.

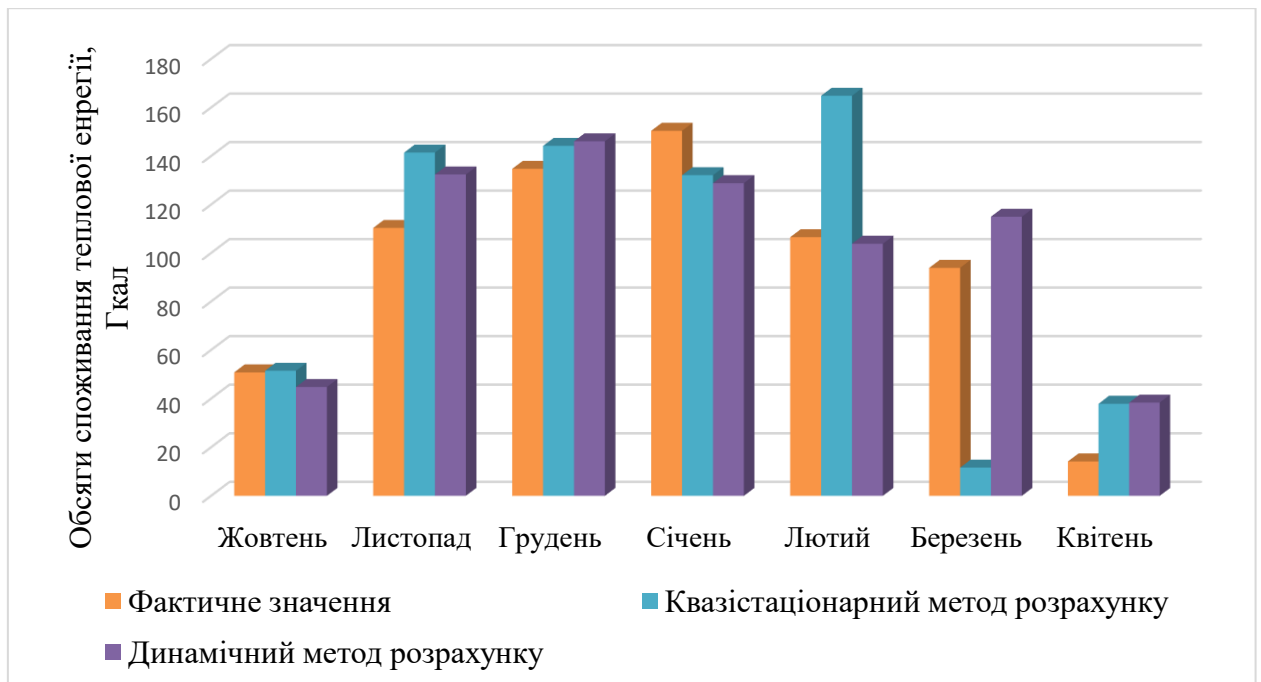


Рисунок 5.1 – Помісячні значення обсягів споживання теплової енергії для потреб опалення для обстежуваного об'єкту

Порівняння розрахункових витрат теплової енергії на потреби опалення для січня (табл. 5.2) показує, що отримані значення у цілому відповідають дійсності. Винятками, є моменти, коли у зв'язку з підключенням будівлі до централізованої системи опалення та заборонаю до ручного регулювання параметрів теплоносія в теплопункті заклад не має можливості оперативно підлаштуватися під погодні умови, через що часто виникають «перетопи» у міжсезоння та «недоопалення» у холодні періоди доби.

Загалом, дана методика [6], є достатньо зручною при використанні її для проведення детальних розрахунків, але основним її недоліком є громіздкість, що призводить до значних затрат часу на оброблення даних. За умови проведення розрахунків з використання ЕОМ цей недолік повністю себе вичерпує.

Таблиця 5.2 – Значення погодинних витрат теплової енергії для потреб опалення для січня

Час	Питоме енергоспоживання найтеплішої доби, q_{\min} , Гкал	Питоме енергоспоживання найхолоднішої доби, q_{\max} , Гкал	Розрахункове значення, $q_{\text{розрах}}$, Гкал
01:00	0.2111	0.2300	0,197
02:00	0.2189	0.2287	0,170
03:00	0.2183	0.2333	0,173
04:00	0.2222	0.2751	0,182
05:00	0.2194	0.2827	0,192
06:00	0.2191	0.2811	0,202
07:00	0.2267	0.2793	0,218
08:00	0.2240	0.2751	0,232
09:00	0.2251	0.2831	0,245
10:00	0.2214	0.2723	0,256
11:00	0.2201	0.2811	0,252
12:00	0.2154	0.2757	0,244
13:00	0.2125	0.2747	0,242
14:00	0.2154	0.2788	0,233
15:00	0.2155	0.2745	0,230
16:00	0.2153	0.2728	0,230
17:00	0.2147	0.2755	0,231
18:00	0.2118	0.2336	0,234
19:00	0.2137	0.2332	0,237
20:00	0.2168	0.2331	0,228
21:00	0.2140	0.2350	0,225
22:00	0.2113	0.2383	0,225
23:00	0.2124	0.2313	0,218
24:00	0.2157	0.2342	0,220

5.2 Висновки

У результаті проведеного аналізу, можна зробити висновок, що жодна з приведених методик не відображає, у повній мірі, реальної поведінки системи опалення обстежуваного закладу. Для цього є ряд пояснень:

						Аркуш
						98
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1. невідповідність фактичної температури всередині приміщення заданій, що для розрахунків була прийнята згідно з нормативним значенням [20];
2. невідповідність нормативним значенням теплозахисних характеристик огорожувальних констукцій будівлі (див. Додаток Б);
3. розбіжності реальної тривалості опалювальних періодів та тих, що приймалися для проведення розрахунків, згідно з [19];
4. відсутність нормативних значень для розрахунку теплонадходжень до будівлі, що відповідали б реальній умовам експлуатації об'єктів;
5. моральна застарілість існуючих нормативних документів та неадаптованість міжнародних стандартів до національних;
6. для погодинних розрахунків, практично повна відсутність нормативної бази для проведення розрахунків (відсутність погодинних кліматичних даних з урахуванням тривалості місяців, погодинних значень енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні залежно від її орієнтації та ін.);
7. певна невідповідність зовнішніх умов та температурних графіків, за якими працюють надавачі послуг із забезпечення тепловою енергією;
8. невизначеність порядку та умов функціонування закладу.

Оскільки, для України, одним з першочергових завдань є досягнення бажаного рівня енергоефективності у сфері житлово-комунального господарства, то є нагальна потреба до перегляду, на національному рівні, існуючих методик для визначення опалювальних характеристик будівель та їх удосконалення, а також, повна адаптація уже прийнятих методик «із закордону» до реальних умов заданої місцевості.

						Аркуш
						99
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Питання що розглядаються вданому розділі: нещасні випадки, що пов'язані з виробництвом, порядок їх розслідування; спеціальне розслідування.

Питання охорони праці та виробничої безпеки ніколи не втрачало своєї актуальності. Відповідно до даних, що наведені у [23] «... в Україні впродовж останніх років існує позитивна динаміка зниження абсолютних показників виробничого травматизму (як загального, так і зі смертельним наслідком), профзахворюваності, аварійності, кількості пожеж тощо. Тенденцією стало щорічне зменшення рівня загального травматизму в Україні на 5-10%, кількості нещасних випадків – у 3,5 рази, в тому числі зі смертельними наслідками – у 2 рази...». Але, варто зауважити, що приведені статистичні дані не відображають дійсному стану промислової безпеки та охорони праці, оскільки не враховують реального положення економічної ситуації в країні, рівня життя населення тощо.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. [23]

Відповідно до ДСТУ 2293-99 [24] «... нещасним випадком на виробництві називають обмежену в часі подію або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю потерпілого або настала його смерть...». Порядок розслідування таких випадків встановлений відповідно до [25].

						Аркуш
						100
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розслідування проводиться у разі виникнення нещасного випадку з працівником, що стався у процесі виконання ним трудових обов'язків, що викликані рядом причин [25]:

1. одержання поранення, травми, у тому числі внаслідок тілесних ушкоджень;
2. гостре професійне захворювання і гостре професійне та інші отруєння;
3. одержання сонячного або теплового удару, опіку, обмороження;
4. утоплення;
5. ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням;
6. одержання інших ушкоджень внаслідок аварії, пожежі, стихійного лиха;
7. одержання інших ушкоджень внаслідок контакту з представниками тваринного і рослинного світу, які призвели до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення його на іншу (легшу) роботу не менш як на один робочий день;
8. зникнення, а також настання смерті працівника під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків.

Відповідно до Постанови КМУ №1232 [25], нещасним випадком, що пов'язаний з виробництвом вважається такий, що стався у результаті:

1. виконання потерпілим трудових (посадових) обов'язків за режимом роботи підприємства, у тому числі у відрядженні;
2. перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці для виконанням потерпілим трудових (посадових) обов'язків чи завдань роботодавця з моменту прибуття потерпілого на підприємство до його відбуття, що фіксується відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, в тому числі протягом робочого та надурочного часу;
3. підготовка до роботи та приведення в порядок після закінчення роботи знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, а також здійснення заходів щодо особистої гігієни, пересування по території підприємства перед початком роботи і після її закінчення;

						Аркуш
						101
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4. виконання завдань відповідно до розпорядження роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні, святкові та неробочі дні;
5. проїзд на роботу чи з роботи на транспортному засобі, що належить підприємству, або іншому транспортному засобі, наданому роботодавцем відповідно до укладеного договору;
6. використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за письмовим дорученням роботодавця чи безпосереднього керівника робіт;
7. виконання дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не належать до його трудових (посадових) обов'язків, зокрема із запобігання виникненню аварій або рятування людей та майна підприємства, будь-які дії за дорученням роботодавця; участь у спортивних змаганнях, інших масових заходах та акціях, які проводяться підприємством самостійно або за рішенням органів управління за наявності відповідного розпорядження роботодавця;
8. ліквідація наслідків аварії, надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;
9. надання підприємством шефської (благодійної) допомоги іншим підприємствам, установам, організаціям за наявності відповідного рішення роботодавця;
10. перебування потерпілого у транспортному засобі або на його стоянці, на території вахтового селища, у тому числі під час змінного відпочинку, якщо настання нещасного випадку пов'язане з виконанням потерпілим трудових (посадових) обов'язків або з впливом на нього небезпечних чи шкідливих виробничих факторів чи середовища;
11. прямування потерпілого до об'єкта (між об'єктами) обслуговування за затвердженим маршрутом або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;

						Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- 12.прямування потерпілого до місця чи з місця відрядження згідно з установленим завданням, у тому числі на транспортному засобі будь-якого виду та форми власності;
- 13.раптова серцева смерть потерпілого внаслідок гострої серцево-судинної недостатності під час перебування на підземних роботах (видобування корисних копалин, будівництво, реконструкція, технічне переоснащення і капітальний ремонт шахт, рудників, копалень, метрополітенів, підземних каналів, тунелів та інших підземних споруд, проведення геологорозвідувальних робіт під землею) або після підйому потерпілого на поверхню з даною ознакою, що підтверджено медичним висновком;
- 14.скоєння самогубства працівником плавскладу на суднах морського, річкового та рибопромислового флоту в разі перевищення обумовленого колективним договором строку перебування у рейсі або його смерті під час перебування у рейсі внаслідок впливу психофізіологічних, небезпечних чи шкідливих виробничих факторів;
- 15.оголошення потерпілого померлим унаслідок його зникнення, пов'язаного з нещасним випадком під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків;
- 16.заподіяння тілесних ушкоджень іншою особою або вбивство потерпілого під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових (посадових) обов'язків або дій в інтересах підприємства незалежно від початку досудового розслідування, крім випадків з'ясування потерпілим та іншою особою особистих стосунків невиробничого характеру, що підтверджено висновком компетентних органів;
- 17.одержання потерпілим травми або інших ушкоджень внаслідок погіршення стану його здоров'я, яке сталося під впливом небезпечного виробничого фактора чи середовища у процесі виконання ним трудових (посадових) обов'язків, що підтверджено медичним висновком;
- 18.раптове погіршення стану здоров'я потерпілого або його смерті під час виконання трудових (посадових) обов'язків внаслідок впливу небезпечних

						Аркуш
						103
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

чи шкідливих виробничих факторів та/або факторів важкості чи напруженості трудового процесу, що підтверджено медичним висновком, або якщо потерпілий не пройшов обов'язкового медичного огляду відповідно до законодавства, а робота, що виконувалася, протипоказана потерпілому відповідно до медичного висновку;

19. перебування потерпілого на території підприємства або в іншому місці роботи під час перерви для відпочинку та харчування, яка встановлюється згідно з правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, технологічної перерви, а також під час перебування на території підприємства у зв'язку з проведенням виробничої наради, одержанням заробітної плати, проходженням обов'язкового медичного огляду тощо або проведенням з дозволу чи за ініціативою роботодавця професійних та кваліфікаційних конкурсів, спортивних змагань та тренувань чи заходів, передбачених колективним договором, якщо настання нещасного випадку пов'язано з впливом небезпечних чи шкідливих виробничих факторів, що підтверджено медичним висновком.

Нещасні випадки не визнаються такими, що пов'язані з виробництвом, за наступних обставин:

1. перебування за місцем постійного проживання на території польових і вахтових селищ;
2. використання в особистих цілях без відома роботодавця транспортних засобів, устаткування, інструментів, матеріалів тощо, які належать або використовуються підприємством (крім випадків, що сталися внаслідок їх несправності, що підтверджено відповідними висновками);
3. погіршення стану здоров'я внаслідок отруєння алкоголем, наркотичними засобами, токсичними чи отруйними речовинами, а також їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо), що підтверджено відповідним медичним висновком, якщо це не пов'язано із застосуванням таких речовин у виробничому процесі чи порушенням вимог щодо їх зберігання і транспортування, або якщо потерпілий, який перебував у стані

						Аркуш
						104
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, до настання нещасного випадку був відсторонений від роботи відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства або колективного договору;

4. алкогольне, токсичне чи наркотичне сп'яніння, не зумовлене виробничим процесом, що стало основною причиною нещасного випадку за відсутності технічних та організаційних причин його настання, що підтверджено відповідним медичним висновком;
5. вчинення кримінального правопорушення, що встановлено обвинувальним вироком суду або постановою (ухвалою) про закриття кримінального провадження за nereабілітуючими підставами;
6. природна смерть, смерть від загального захворювання або самогубство, що підтверджено висновками судово-медичної експертизи та/або відповідною постановою про закриття кримінального провадження.

Упродовж однієї доби роботодавець повинен утворити комісію з розслідування нещасного випадку та організувати розслідування.

До складу комісії з розслідування нещасного випадку входять:

1. керівник (спеціаліст) служби охорони праці підприємства або посадова особа, на яку роботодавцем покладено виконання функцій спеціаліста з питань охорони праці (голова комісії);
2. представник Фонду за місцезнаходженням підприємства;
3. представник первинної організації профспілки, членом якої є потерпілий (у разі наявності на підприємстві кількох профспілок - представник профспілки, членом якої є потерпілий, а у разі відсутності профспілки – уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці);
4. представник підприємства.

Якщо потерпілий є працівником іншого підприємства, до складу комісії входять також представники такого підприємства та первинної організації профспілки.

						Аркуш
						105
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) до складу комісії входить також представник закладу державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством.

До складу комісії не може входити безпосередній керівник робіт.

Потерпілий або уповноважена ним особа, яка представляє його інтереси, не входить до складу комісії, але має право брати участь у її засіданнях, вносити пропозиції, викладати в усній та письмовій формі особисту думку щодо обставин і причин настання нещасного випадку та одержувати від голови комісії інформацію про хід проведення розслідування.

Голова комісії зобов'язаний письмово поінформувати потерпілого або уповноважену ним особу, яка представляє його інтереси, про його або її права і з початку роботи комісії запросити до співпраці.

Розслідування нещасних випадків проводиться упродовж трьох робочих днів з моменту утворення комісії. У деяких випадках та за певних обставин за письмовим погодженням з територіальним органом Держгірпромнагляду строк розслідування може бути продовжений.

Комісія з розслідування нещасних випадків зобов'язана:

1. обстежити місце настання нещасного випадку, одержати письмові пояснення потерпілого, якщо це можливо, опитати свідків нещасного випадку та причетних до нього осіб;
2. визначити відповідність умов праці та її безпеки вимогам законодавства про охорону праці;
3. з'ясувати обставини і причини настання нещасного випадку;
4. вивчити первинну медичну документацію;
5. визначити, чи пов'язаний цей випадок з виробництвом;
6. установити осіб, які допустили порушення законодавства про охорону праці, розробити план заходів щодо запобігання подібним нещасним випадкам;

						Аркуш
						106
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

7. скласти у п'яти примірниках акт проведення розслідування нещасного випадку за формою Н-5 (далі - акт за формою Н-5) та акт про нещасний випадок, пов'язаний з виробництвом, за формою Н-1 (далі - акт за формою Н-1) (у разі, коли нещасний випадок визнано таким, що пов'язаний з виробництвом) і передати їх роботодавцеві для затвердження;
 8. скласти у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння), пов'язаного з виробництвом, крім актів за формою Н-5 і Н-1, у шістьох примірниках картку обліку професійного захворювання (отруєння) за формою П-5 (далі - картка за формою П-5);
- У разі коли нещасний випадок визнаний комісією таким, що не пов'язаний з виробництвом, складається акт за формою Н-5.
9. передати акти разом з іншими матеріалами розслідування на затвердження роботодавцю.

На вимогу потерпілого або уповноваженої ним особи, яка представляє його інтереси, голова комісії зобов'язаний ознайомити їх з матеріалами розслідування.

Роботодавець повинен розглянути і затвердити всі примірники актів форм Н-5 і Н-1 протягом доби після одержання матеріалів розслідування.

Відповідно до положень [15], нещасний випадок, про який керівника підприємства чи роботодавця було повідомлено не своєчасно або за умови, якщо втрата працездатності настала не одразу, також підлягає розслідуванню та береться на облік протягом місяця після надходження відповідної заяви (незалежно від строку настання нещасного випадку).

Згідно з порядком Постанови КМУ №1232 [25], спеціальному розслідуванню підлягають:

1. нещасні випадки із смертельними наслідками;
2. групові нещасні випадки, які сталися одночасно з двома і більше працівниками, незалежно від ступеня тяжкості отриманих ними травм;
3. випадки смерті працівників на підприємстві;

						Аркуш
						107
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4. випадки зникнення працівників під час виконання трудових (посадових) обов'язків;
5. нещасні випадки, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого.

Спеціальне розслідування нещасних випадків, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого, проводиться за рішенням Держпраці або його територіальних органів залежно від характеру і ступеня тяжкості травми.

Віднесення нещасних випадків до таких, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого, здійснюється відповідно до Класифікатора розподілу травм за ступенем тяжкості, затвердженого МОЗ.

До складу комісії із спеціального розслідування входять:

1. посадова особа територіального органу Держгірпромнагляду (голова комісії);
2. представник робочого органу виконавчої дирекції Фонду;
3. представники органу управління підприємства, а у разі його відсутності - місцевої держадміністрації;
4. представник роботодавця або роботодавець (у виняткових випадках);
5. представник первинної організації профспілки підприємства, членом якої є потерпілий (у разі наявності на підприємстві кількох профспілок - представник профспілки, членом якої є потерпілий, а у разі відсутності профспілки - уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці) ;
6. представник профспілкового органу вищого рівня або територіального профоб'єднання за місцем настання нещасного випадку;
7. представник закладу державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством, або такого закладу за місцем настання нещасного випадку, якщо він стався з фізичною особою - підприємцем чи особою, що забезпечує себе роботою самостійно,

						Аркуш
						108
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

у разі розслідування випадку гострого професійного захворювання (отруєння);

8. представник Держсільгоспінспекції у разі, коли нещасний випадок стався під час експлуатації зареєстрованих в ній сільськогосподарських машин (тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, тракторних причепів, обладнання тваринницьких ферм, посівних та збиральних машин).

Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло від 2 до 4 осіб, проводиться спеціальною комісією, яка утворюється Держгірпромнаглядом або за дорученням його територіальним органом. Спеціальне розслідування групового нещасного випадку, під час якого загинуло 5 і більше осіб або травмовано 10 і більше осіб, проводиться спеціальною комісією, яка утворюється Держгірпромнаглядом.

Спеціальне розслідування нещасних випадків проводиться протягом 10 робочих днів. У разі необхідності строк може бути продовжений органом, який утворив спеціальну комісію.

Спеціальна комісія з розслідування нещасних випадків зобов'язана:

1. обстежити місце, де стався нещасний випадок, одержати письмові чи усні пояснення від роботодавця і його представників, посадових осіб, працівників підприємства, потерпілих (якщо це можливо), опитати осіб - свідків нещасного випадку та причетних до нього осіб;
2. визначити відповідність умов праці та її безпеки вимогам законодавства про охорону праці;
3. визначити необхідності проведення лабораторних досліджень, випробувань, технічних розрахунків, експертизи, у тому числі судово-медичної експертизи для встановлення причин нещасного випадку і розроблення плану заходів щодо запобігання подібним випадкам;
4. вивчити первинну медичну документацію;
5. з'ясувати обставини і причини нещасного випадку;
6. визначити пов'язаний чи не пов'язаний нещасний випадок з виробництвом;

						Аркуш
						109
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

7. установити осіб, які допустили порушення вимог законодавства про охорону праці, а також розробити план заходів щодо запобіганні подібним нещасним випадкам;
8. зустрітися з потерпілим (якщо це можливо) або членами його сім'ї чи уповноваженою особою, яка представляє інтереси потерпілого, щодо роз'яснення їх прав у зв'язку з настанням нещасного випадку.

Під час розслідування роботодавець зобов'язаний:

1. зробити за рішенням спеціальної комісії фотознімки місця, де стався нещасний випадок, пошкоджених об'єктів, устаткування, інструментів, а також надати спеціальній комісії технічну документацію та інші необхідні матеріали;
2. створити належні умови для роботи спеціальної комісії (забезпечити приміщенням, засобами зв'язку, оргтехнікою, автотранспортом, канцелярським приладдям);
3. організувати у разі проведення розслідування випадків гострого професійного захворювання (отруєння) медичне обстеження інших працівників відповідної ділянки підприємства;
4. забезпечити проведення необхідних лабораторних досліджень, випробувань, технічних розрахунків, експертизи тощо;
5. організувати друкування, тиражування і оформлення в необхідній кількості матеріалів спеціального розслідування;
6. організувати доставку тіла загиблого працівника, його ідентифікацію та відшкодувати пов'язані з цим витрати.

За результатами спеціального розслідування складаються акти форм Н-5, Н-1 (у разі, коли нещасний випадок визнаний таким, що пов'язаний з виробництвом), картка форми П-5 (у разі настання гострого професійного захворювання/отруєння) стосовно кожного потерпілого, а також оформляються інші необхідні матеріали.

У разі настання групового нещасного випадку із смертельними наслідками, за умови визнання спеціальною комісією нещасного випадку

						Аркуш
						110
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

таким, що пов'язаний з виробництвом, складаються, підписуються і затверджуються протягом десяти робочих днів з моменту її утворення тимчасові акти за формою Н-1 на кожного потерпілого для здійснення страхових виплат. Після завершення спеціального розслідування такі акти замінюються на постійні.

В акті спеціального розслідування нещасного випадку, який стався внаслідок аварії, зазначається її категорія. Примірники актів форм Н-5, Н-1 підписуються головою і всіма членами спеціальної комісії протягом п'яти днів після оформлення матеріалів спеціального розслідування.

У разі незгоди зі змістом актів член комісії підписує їх з відміткою про наявність окремої думки, яку викладає письмово. Окрема думка додається до акта форми Н-5 і є його невід'ємною частиною.

Керівник органу, який призначив спеціальну комісію, повинен розглянути і затвердити примірники актів форм Н-5 та Н-1 протягом доби після надходження матеріалів спеціального розслідування.

Відповідно до положень [25], «... роботодавець у п'ятиденний термін з моменту затвердження акта спеціального розслідування форми Н-5 зобов'язаний видати наказ про здійснення запропонованих заходів та запобігання виникненню подібних випадків, а також притягти згідно із законодавством до відповідальності працівників, які допустили порушення вимог законодавства про охорону праці, посадових інструкцій та інших актів підприємства з цих питань. Про виконання запропонованих заходів роботодавець повідомляє у письмовій формі органи, які брали участь у розслідуванні, у зазначені в акті форми Н-5 строки...».

У разі надходження скарги або незгоди від учасників розслідування із висновками спеціальної комісії керівник Держгірпромнагляду або його територіального органу має право призначити повторне (додаткове) спеціальне розслідування.

						Аркуш
						111
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Роботодавець зобов'язаний у п'ятиденний строк після затвердження акта за формою Н-5:

1. видати наказ про вжиття запропонованих спеціальною комісією заходів та запобігання виникненню подібних нещасних випадків, який обов'язково додається до матеріалів спеціального розслідування;
2. притягти згідно із законодавством до відповідальності працівників, які допустили порушення вимог законодавства про охорону праці, посадових інструкцій та інших актів підприємств з цих питань.
3. надіслати за рахунок підприємства копії матеріалів спеціального розслідування органам прокуратури, іншим органам, представники яких брали участь у проведенні спеціального розслідування, Держпраці, Фонду, а у разі проведення розслідування випадків виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) також установі державної санітарно-епідеміологічної служби, яка здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством, де працює потерпілий.

Дія Порядку [25] розповсюджується на:

1. власників підприємств або уповноважені ними органи (далі – роботодавці);
2. працівників, у тому числі іноземців та осіб без громадянства, які відповідно до законодавства уклали з роботодавцем трудовий договір (контракт) або фактично допущені до роботи роботодавцем;
3. фізичних осіб – підприємців, членів фермерського господарства та особистого селянського господарства;
4. осіб, що працюють за договором, укладеним відповідно до законодавства.

						Аркуш
						112
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Відомо, що для розрахунку теплової потужності та енергопореби для будинків існує безліч різноманітні методики, що ґрунтуються на певних нормативних документах чи доповненнях до них. Усі вони різняться за способами задання вихідних даних, методами обчислення і залежать від мети проведення даних розрахунків.

Для підвищення ефективності проведення енергетичних обстежень та досягнення бажаного рівня енергоефективності, необхідно підібрати таку універсальну методику обчислення, що буде забезпечувати найбільшу точність отриманих результатів та дозволить проаналізувати якнайкраще стан роботи обстежуваних систем.

Метою даної роботи, було виокремлення однієї методики розрахунку теплової потужності будівлі серед запропонованих, що дозволить отримати найбільш коректні результати і при цьому буде порівняно нескладною у виконанні.

У результаті проведеного аналізу, можна зробити висновок, що жодна з приведених методик не відображає, у повній мірі, реальної поведінки системи опалення обстежуваного закладу. Для цього є ряд пояснень:

1. невідповідність фактичної температури всередині приміщення заданій, що для розрахунків була прийнята згідно з нормативним значенням [20];
2. невідповідність нормативним значенням теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі (див. Додаток Б);
3. розбіжності реальної тривалості опалювальних періодів та тих, що приймалися для проведення розрахунків, згідно з [19];
4. відсутність нормативних значень для розрахунку теплонадходжень до будівлі, що відповідали б реальним умовам експлуатації об'єктів;
5. моральна застарілість існуючих нормативних документів та неадаптованість міжнародних стандартів до національних;

						Аркуш
						113
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

6. для погодинних розрахунків, практично повна відсутність нормативної бази для проведення розрахунків (відсутність погодинних кліматичних даних з урахуванням тривалості місяців, погодинних значень енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні взаємності від її орієнтації та ін.);
7. певна невідповідність зовнішніх умов та температурних графіків, за якими працюють надавачі послуг із забезпечення тепловою енергією;
8. невизначеність порядку та умов функціонування закладу.

Найбільш прийнятні результати надає динамічний метод розрахунку за ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 [6]. Загалом, дана методика, є відносно нескладною при використанні її для проведення детальних розрахунків, але основним її недоліком є громіздкість, що призводить до значних затрат часу на оброблення даних. За умови проведення розрахунків з використання ЕОМ цей недолік повністю себе вичерпує.

Оскільки, для України, одним з першочергових завдань є досягнення бажаного рівня енергоефективності у сфері житлово-комунального господарства, то є нагальна потреба до перегляду, на національному рівні, існуючих методик для визначення опалювальних характеристик будівель та їх удосконалення, а також, повна адаптація уже прийнятих стандартів ЄС до реальних умов заданої місцевості.

						Аркуш
						114
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРА

1. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник / "НДІпроектреконструкція", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. - 144 с.
2. Дешко В.І., Білоус І.Ю. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання. Всеукраїнська науково-технічна конференція «Енергоефективність у будівництві. Сучасні конструктивні системи, ефективні матеріали та інженерне обладнання»(5 березня 2014 р., м.Київ). Київ: НДІБК, 2014. С. 68–72.
3. Конспект лекцій з курсу “Енергозбереження будівель” для студентів спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент» денної форми навчання/ Укладачі С.С.Антоненко, А.А.Руденко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 55 с.
4. Закон України від 22.06.2017р. № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
5. Норми та вказівки по нормуванню витрат 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"ВПОЛ", 2001. 376 с.
6. 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.
7. 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.

						Аркуш
						115
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

8. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» / укладачі: С.С. Антоненко, Е.В. Колісніченко. – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 84 с.
9. 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.
10. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
11. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
12. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с. та Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. — К.: КНЕУ. — 2001.
13. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Затверджені Держкомітетом України з енергозбереження 25.10.99. К.: ЗАТ"ВІПОЛ", 2000. 104 с.
14. Л.Ю. Федік. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк, 2014. Випуск № 15. С.127-130.
15. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В.Одинцов, А.И, Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040с.

						Аркуш
						116
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

16. 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.
17. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту – К.: НТЦЕ «НЕК «Укренерго» - 2015. – 89 с.
18. Дешко В.І., Суходуб І.О., Яценко О.І. Програмне середовище ENERGY-PLUS для моделювання енергоспоживання будівель / Тези доп. XIV Міжнар. наук.-практ. конф. „Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”. Том 1. – К.: 2016 – С. 199.
19. ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010. Будівельна кіматологія. К., 2011. 127 с.
20. ДБН В.2.6_31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП II_3_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.
21. Время восхода и захода солнца, [Електронний інтернет-ресурс] режим доступу: <https://vremya-rassveta.ru/>
22. Сумська міська система моніторингу теплоспоживання будівель, [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <http://teplo.sumdu.edu.ua/>
23. Розслідування нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві: Навч. посібник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / В.Л. Филипчук, К.Н. Ткачук, О.С. Печніков, О.С. Шаталов, Д.В. Зеркалов, О.М. Кухнюк. – К: Основа, 2016. – 304 с.
24. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
25. Постанова КМУ від 30.11.2011р. № 1232 «Про затвердження порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків професійних захворювань і аварій на виробництві».

						Аркуш
						117
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А «Характеристика об'єкту енергетичного обстеження»

Об'єктом енергетичного обстеження є КУ Сумського НВК «Дошкільний навчальний заклад – Загальноосвітня школа І ступеня №41 «Райдуга», м. Суми, Сумської області.

Сумський навчально-виховний комплекс № 41 «Райдуга» підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Будівля розташована за адресою: вул. Леоніда Бикова, 9, м. Суми, Сумська область, 40004.

Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює технічний персонал НВК.

Технічні характеристики будівлі такі:

Рік побудови	1979р.;
Кількість поверхів	2 пов.;
Опалювальна площа	2594 м ² ;
Площа забудови	1627 м ² ;
Периметр будівлі у межах площі забудови	482 м;
Опалювальний об'єм будівлі	7522 м ³ ;
Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами	15043 м ³ .

У закладі працює 76 працівників, з них 41 – вихователі та вчителі. У садочку виховується 178 дітей у 9 групах та навчається 194 учні у 7 класах.

У закладі встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Режим роботи закладу з 7⁰⁰ години до 19⁰⁰ години.

Заклад розміщений у типовому двоповерховому приміщенні, що має 7 блоків, з'єднаних переходами.

						Аркуш
						118
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зовнішні стіни НВК цегляні. Фасад будівлі НВК оздоблений мозаїкою та викладені лицювальною плиткою. На внутрішню сторону стіни нанесена штукатурка. Теплова ізоляція відсутня.

Заклад налічує 106 вікон та 6 вітражів, загальною площею 1186 м². Старі дерев'яні вікна та вітражі частково замінені на металопластикові з двокамерним склопакетом.

Переважає більшість світлопрозорих прорізів знаходиться в задовільному стані. Старі металеві вітражі мають нещільності (до 3мм) в місцях примикання скла до рами.

Коефіцієнти термічного опору для кожного типу світлопрозорих огорожувальних конструкцій наведено в табл. А.1.

Будова має балкони, що вбудовані в об'єм будівлі. Вони не засклені та мають незначні пошкодження, які легко виправити косметичним ремонтом.

Підлога будівлі представляє собою залізобетонну плиту вкриту лінолеумом або плиткою, в залежності від призначення приміщення. Між поверхнею ґрунту та плитою є повітряний прошарок. Також, у закладі є підвальне приміщення (неопалювальне), де розташовані технічні комунікації та організовані місця зберігання.

Будівля не має горища, як такого. Перекриття верхнього поверху являє собою залізобетонну плиту, зовнішня поверхня якої покрита шаром руберойду.

У таблиці А.1 та А.2 приведена більш детальна технічна характеристика будівельних конструкцій НВК №41.

Таблиця А.1 – Характеристика огорожуючих конструкцій обстежуваного об'єкта

	Найменування конструктивного елемента	Площа огорожуючих конструкцій, м ²	Матеріал шару	Товщина шару, м	Тепло-провідність, Вт/(м·К)
1	Стіни	4066,2	Цегла силікатна	0,50	0,87
			Штукатурка	0,03	0,93
			Плитка лицювальна	0,01	0,89

Продовження таблиці А.1

	Найменування конструктивного елементу	Площа огороджуючих конструкцій, м ²	Матеріал шару	Товщина шару, м	Теплопровідність, Вт/(м·К)
2	Суміщене покриття	1296,9	Залізобетонна плита	0,22	2,04
			Руберойд	0,025	0,07
3	Підлога (перший поверх)	1296,8	Залізобетонна плита	0,22	2,04
			Розчин цементно-піщаний	0,05	0,76
			Лінолеум (частково керамічна плитка)	0,005	0,29
4	Вікна	178,6	Пластикові	–	–
		586,2	Дерев'яні	–	–
	Вітражі	280,8	Пластикові	–	–
		140,2	Металеві	–	–
5	Вхідні двері	220,9	Металопластикові	–	–
			Металеві	–	–

Таблиця А.2 – Характеристика світлосприймаючих огорожувальних констукцій відповідно до їх орієнтації у просторі

Тип ОК	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх
Стіни F, м ²	362,31	–	611,65	–	453,64	–	406,48
Вікна F, м ²	423,97	–	210,9	–	341,97	–	210,9

1) Система опалення НВК:

Теплопостачання Сумського НВК № 41 здійснюється централізовано від Дирекції «Котельні Північного промвузла» ПАТ «Сумське НВО». Система опалення навчально-виховного комплексу однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

						Аркуш
						120
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система опалення залежна, нерегульована, жорсткого контролю за споживанням теплової енергії немає, автоматика відсутня, крім манометрів і термометра в пункті прийому тепла.

У якості опалювальних приладів використовуються конвекційні радіатори типу Аккорд, чавунні радіатори типу МС-140-АО та алюмінієві біметалеві секційні радіатори. Опалювальні прилади розташовані під вікнами у кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

2) Система водопостачання

Постачання води до НВК №41 здійснюється централізовано від ДКП «Міськводоканал» м. Суми. Ввідна мережа водопостачання знаходиться у тепловому пункті і звідти розподіляється по НВК.

Гаряче водопостачання від магістралі у НВК не передбачене. У підвальному приміщенні комплексу встановлено теплообмінний апарат (бойлер), де в результаті теплообміну між гарячим теплоносієм та холодною водою отримують гарячу воду. Облік гарячої води не ведеться.

3) Система електроспоживання:

Основними споживачами електричної енергії в НВК є:

1. Електроприлади (комп'ютери, холодильники, електроплити та ін.);
2. Електроосвітлення;
3. Вентиляція.

4) Система освітлення:

Освітлення школи виконують лампи розжарення, люмінесцентні компактні, світлодіодні та енергозберігаючі лампи. В цілому в НВК 419 електролампочок. Кількість ламп кожного виду і їх потужності наведені у табл. А.3.

Зовнішнє освітлення території виконується світильниками типу СПКН з лампами 3×40, управління централізоване.

						Аркуш
						121
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця А.3 – Характеристика ламп внутрішнього освітлення

НВК№ 41

№ з/п	Найменування	Потужність, Вт	Кількість, шт.
1	Лампи розжарювання	60	5
		75	249
		100	46
		36	30
2	Лампи люмінесцентні трубчасті	36	58
3	Лампи світлодіодні	4	2
		7	10
		18	2
4	Лампи енергозберігаючі компактні	20	12
		11	5

5) Система вентиляції складається з двох частин:

Система вентиляції харчоблоку та прального відділення. Знаходиться в робочому стані. Використовується асинхронний двигуни змінного струму (380 В) AUPSOKU1 потужністю 2,2 кВт, що забезпечує роботу осьового вентилятора. Вентиляційна установка працює періодично. Таким чином визначити добовий графік роботи неможливо. Приблизно вентилятор працює до 12 годин на тиждень.

Система вентиляції спального сектору, коридорів, адміністративних кімнат та санітарних вузлів знаходиться в незадовільному стані. Відсутня вентиляційна установка, і тому вентиляція по каналах здійснюється лише за рахунок перепаду тисків, складова яких дуже мала.

						Аркуш
						122
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Б.1 Методика проведення розрахунку

Відповідно до ДСТУ В.2.6-31:2006 [20], розрахунок термічного опору огорожуючих конструкцій рекомендовано виконувати за такою 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 [20];

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К), приймаються згідно з додатком Е [21].

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 приймаються згідно з додатком М [20];

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

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

n – кількість непрозорих елементів конструкції з певними значеннями

$R_{\Sigma i}, F_i$;

					Аркуш
					123
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), j -го теплопровідного включення, який приймається згідно з додатком И [20];

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

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

Б.2 Проведення розрахунку

Загальний опис об'єкта енергетичного обстеження наведений та його характеристики наведені у додатку А.

Для розрахунку термічного опору теплопередачі через непрозорі елементи, використаємо формулу (Б.1) та вихідні данні з табл. А.1. Тоді, отримаємо такі значення:

Стіни:

$$R_{\Sigma \text{пр ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,50}{0,87} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,01}{0,89} + \frac{1}{23} = 0,777 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Суміщене перекриття:

$$R_{\Sigma \text{пр стл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,025}{0,07} + \frac{1}{23} = 0,623 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Перекриття над підвалом:

$$R_{\Sigma \text{пр пдл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,005}{0,29} + \frac{1}{6} = 0,472 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Для розрахунку термічного опору теплопередачі через світлопрозорі елементи, використаємо формулу (Б.2) та вихідні данні з табл. А.1. Тоді, отримаємо такі значення:

Пластикові вікна (4М₁-8-4М₁-8-К):

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

					Аркуш
					124
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$R_{\text{пласт констр}} = \frac{3 \cdot 0,002}{0,218} + \frac{2 \cdot 0,025}{0,025} = 2,028 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Відповідно до п.8.2.2 [7] приймаємо, що частка обрамлення (непрозорої частини) рівна 0,3 для віконних та дверних блоків та 0,2 для світлопрозорих фасадів будівлі.

$$R_{\Sigma \text{пр вік п}} = \frac{1}{8} + \frac{178,6}{\frac{178,6 \cdot 0,7}{0,55} + \frac{178,6 \cdot 0,3}{2,028} + 1,74 \cdot 301,56} + \frac{1}{23} = 0,558 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Дерев'яні вікна (4M₁-10-4M₁-10-4M₁):

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

$$R_{\text{дер констр}} = \frac{0,04}{0,41} = 0,098 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Тоді,

$$R_{\Sigma \text{пр вік д}} = \frac{1}{8} + \frac{586,2}{\frac{586,2 \cdot 0,7}{0,47} + \frac{586,2 \cdot 0,3}{0,098} + 1,74 \cdot 62,86} + \frac{1}{23} = 0,353 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Металеві вітражі (4M₁):

Для прозорої частини:

$$R_{\text{скла}} = \frac{0,004}{0,76} = 0,0053 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Для обрамлення:

$$R_{\text{мет рама}} = \frac{0,004}{58} = 0,000069 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Отже,

$$R_{\Sigma \text{пр віт м}} = \frac{1}{8} + \frac{140,2}{\frac{140,2 \cdot 0,8}{0,0053} + \frac{140,2 \cdot 0,2}{0,000069} + 1,74 \cdot 12} + \frac{1}{23} = 0,169 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Пластикові вітражі (4M₁-8-4M₁-8-К) розраховуємо аналогічно до пластикових вікон:

$$R_{\Sigma \text{пр вік п}} = \frac{1}{8} + \frac{280,8}{\frac{280,8 \cdot 0,8}{0,55} + \frac{280,8 \cdot 0,2}{2,028} + 1,74 \cdot 24} + \frac{1}{23} = 0,711 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

					Аркуш
					125
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Металеві двері (2 листи заліза товщиною 3 мм та наповнювач):

$$R_{\Sigma \text{пр дв м}} = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,003}{58} + \frac{0,04}{0,055} + \frac{1}{23} = 0,886 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Пластикові двері:

При розрахунках термічного опору вхідних дверей даного типу, врахування опору прозорої частини виконується за рахунок коригуючого коефіцієнта.

Скляна частина (4М₁-8-4М₁-8-К): $R_{\text{скл част}} = 0,55 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$

Пластикові частина:

$$R_{\text{пласт част}} = \frac{2 \cdot 0,002}{0,218} + \frac{0,02}{0,025} = 0,818 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Тоді,

$$R_{\Sigma \text{пр дв д}} = \frac{1}{8,7} + (0,2 \cdot 2,028 + 0,8 \cdot (0,5 \cdot 0,55 + 0,5 \cdot 0,818)) + \frac{1}{23}$$

$$= 1,111 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$$

Результати розрахунків наведено у табл. Б.1.

Таблиця Б.1 – Розрахункове значення коефіцієнтів термічного опору огорожуючих конструкцій обстежуваного об'єкта

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Площа, м ²	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/Вт
1	Стіни	4066,2	0,777
2	Суміщене перекриття	1296,9	0,623
3	Вікна/вітражі	1185,7	0,452*
4	Підлога (над технічним підвалом)	1296,8	0,472
5	Вхідні двері	220,9	1,044*

*загальне значення термічного опору теплопередачі віконних отворів (вікна, вітражі) та вхідних дверей отримане з урахуванням коригувальних коефіцієнтів, що відображають частку вікон певного типу від загальної кількості.

ДОДАТОК В «Довідникові значення для проведення розрахунків»

Таблиця В.1 – Кліматичні дані згідно з [19]

Місто, область	Розрахункова теп-ра зовн повітря, $t_{зр}$, °С	Середня температура за опалювальний період, $t_{ср.оп}$, °С	Тривалість опалювального періоду, $n_{оп}$, діб
Суми, Сумська обл.	-25	-1,4	187

Таблиця В.2 – Кліматичні дані згідно з [7] для м. Суми

Місяць	Середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С	Тривалість місяця, годин
Січень	-6,6	744
Лютий	-5,8	672
Березень	-0,8	744
Квітень	8,1	720
Жовтень	6,7	744
Листопад	0,4	720
Грудень	-4,3	744

Таблиця В.3 – Погодинна температура зовнішнього повітря репрезентативного дня місяця (табл. А.3 [7]) для м. Суми

Година	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
1	-7,3	-6,8	-2	5,9	5,6	-0,3	-4,9
2	-7,9	-7,4	-2,7	5,1	4,8	-0,8	-5,3
3	-8,4	-7,9	-3,2	4,4	4,2	-1,2	-5,8
4	-8,8	-8,3	-3,6	3,8	3,6	-1,5	-6,1
5	-9,2	-8,7	-4	3,4	3,2	-1,8	-6,4
6	-9,5	-8,9	-4,2	3,2	2,8	-2	-6,7
7	-9,7	-9,1	-4,3	3,3	2,6	-2,2	-6,9
8	-9,8	-9,1	-4,1	3,9	2,6	-2,2	-6,9
9	-9,7	-8,6	-3,5	5,1	3	-1,9	-6,9
10	-9	-7,7	-2,3	6,8	4,1	-1,2	-6,3
11	-7,7	-6,3	-1	8,6	5,8	-0,2	-5,2
12	-6,2	-4,9	0,4	10,3	7,6	1	-4
13	-4,8	-3,7	1,6	11,7	9,3	2	-2,8
14	-3,8	-2,8	2,4	12,7	10,4	2,7	-2

Продовження таблиці В.3

Година	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Жовтень	Листопад	Грудень
16	-3,5	-2,6	2,6	12,9	10,8	3	-1,7
17	-3,6	-2,7	2,4	12,6	10,6	2,8	-1,8
18	-3,9	-3	2,1	12,1	10,2	2,6	-2
19	-4,2	-3,4	1,7	11,5	9,8	2,3	-2,3
20	-4,6	-3,8	1,2	10,7	9,2	2	-2,6
21	-5,1	-4,4	0,6	9,8	8,6	1,6	-3
22	-5,6	-5	0	8,8	7,8	1,1	-3,5
23	-6,2	-5,6	-0,7	7,9	7,1	0,6	-3,9
24	-6,7	-6,2	-1,4	6,9	6,3	0,2	-4,4

Таблиця В.4 – Середньомісячна сумарна сонячна радіація, що надходить на вертикальні поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності, Вт/м², для м. Суми [7]

Місяць	Пн	Сх	Пд	Зх
Січень	12	19	46	13
Лютий	22	40	71	24
Березень	33	60	97	41
Квітень	39	80	97	53
Жовтень	17	39	63	20
Листопад	9	17	31	10
Грудень	8	14	29	8