

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ, РОЗТАШОВАНОЇ В
КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської роботи

КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 216-ЕМ-Д24
спеціальності 144 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

Строганов І. В.

Керівник: к.т.н., доц.
Каграманян А.О.

Рецензент: к.т.н., доц..
Рубльов В.І.

2025 рік

Український державний університет залізничного транспорту
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра «Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент»

Освітній рівень магістр

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.Т.Н., доц.

О.В. Василенко

2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА РОБОТУ МАГІСТРА

Строганову Ігорю Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Енергетичний аудит громадської будівлі, розташованої в Київській області»

керівник проекту (роботи) Каграманян Артур Олександрович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” лютого 2025 року № 15

2 Строк подання студентом закінченого проекту (роботи) 07.01.2026 р.

3 Вихідні дані до проекту (роботи) м. Київ, п'ятиповерхова адміністративна будівля, розрахункова температура зовнішнього повітря -22°C; середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{зовн} = -0,1^{\circ}\text{C}$, температура внутрішнього повітря в обстежуваних приміщеннях: +20 °C; тривалість опалювального сезону 176 діб.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ; Теоретичні та нормативні засади енергетичного аудиту громадських будівель;
Нормативно-правове регулювання енергоефективності в Україні та гармонізація з законодавством ЄС; Методологія проведення енергетичного аудиту адміністративних будівель; Огляд сучасних технологій та заходів для термомодернізації громадських будівель; Підвищення теплозахисних властивостей оболонки будівлі; Модернізація інженерних систем; Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ); Особливості впровадження енергоефективних заходів в умовах діючої адміністративної будівлі; Передумови проведення енергоаудиту; Перелік умовних позначень, символів та скорочень; Під час проведення енергоаудиту враховувалися наступні вимоги; Кліматичні дані; Інформація про об'єкт; Детальний енергетичний аудит; Визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі. Візуальне обстеження огорожувальних конструкцій; Результати термографічного обстеження фасадів будівлі; Повітропроникність огорожувальних конструкцій; Мікроклімат приміщень; Система теплопостачання будівлі; Система гарячого водопостачання будівлі; Система вентиляції будівлі;

Система охолодження будівлі; Система освітлення в будівлі; Система електропостачання будівлі. Споживачі електроенергії; Вимірювальні прилади, що застосовувались в ході проведення обстеження; Методика визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення; Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій; Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі; Розрахунок суміщеного покриття; Об'ємно-планувальні характеристики; Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі; Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією; Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі; Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією; Внутрішні теплонадходження будівлі; Сонячні теплонадходження; Загальні сонячні теплонадходження; Сонячні теплонадходження через елементи будівлі; Еквівалентна площа інсоляції засткляних елементів; Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі; Динамічні параметри; Внутрішні умови; Енергопотреби для опалення та охолодження; Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів; Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення); Загальне енергоспоживання при опаленні; Загальне енергоспоживання при охолодженні; Загальне енергоспоживання систем вентиляції; Енергопотреби ГВП; Енергоспоживання ГВП; Енергоспоживання при освітленні; Вимоги до показника енергоефективності; Енергоспоживання будівлі; Виміряне енергоспоживання; Базове енергоспоживання; Енергоспоживання після впровадження заходів; Клас енергоефективності будівлі; Енергоефективні заходи та економічне обґрунтування впроваджених енергоефективних заходів; Огорожувальні конструкції; Утеплення даху будівлі; Заміна вікон; Заміна дверних конструкцій; Інженерні системи будівлі; Встановлення індивідуального теплового пункту; Гідравлічне балансування системи опалення; Встановлення термостатичних регуляторів на радіатори системи опалення; Заміна трубопроводів та запірної арматури системи опалення; Влаштування заходів для нормалізації санітарних вимог; Монтаж та реконструкція систем вентиляції; Влаштування альтернативних джерел енергії; Влаштування альтернативного джерела електроенергії (СЕС); Впровадження енергетичного моніторингу; Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів; Екологічні вигоди; Енергетичний моніторинг: опис запропонованої системи енергомоніторингу; Висновки; Список використаних джерел; Додаток А..

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (30 слайдів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічні розрахунки	Василенко О.В., доц.		
Нормоконтроль	Онищенко А.В., асист.		

7 Дата видачі завдання 23 червня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

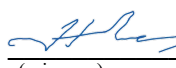
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Теплотехнічні розрахунки	06.10.25 - 23.10.25	
3	Техніко-економічний розрахунок	03.11.25 - 07.12.25	
5	Дослідницька частина	08.12.25 - 12.12.25	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	14.12.25 - 28.12.25	

Студент


(підпис)

Строганов І. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Каграманян А.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дана магістерська кваліфікаційна робота включає 30 слайдів презентації та 130 аркушів пояснювальної записки формату А4, що містить 7 рисунків, 46 таблиць та 23 літературних джерела. Пояснювальна записка подає результати детального енергетичного аудиту, розрахунки енергоспоживання будівлі згідно з вимогами ДСТУ 9190:2022, аналіз технічного стану огорожувальних конструкцій і інженерних систем, а також техніко-економічне обґрунтування комплексу енергоефективних заходів.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ГРОМАДСЬКА БУДІВЛЯ, АДМІНІСТРАТИВНА БУДІВЛЯ, ДЕРЖАВНА УСТАНОВА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.

Об'єкт дослідження: процеси тепломасообміну та енергоспоживання в адміністративній громадській будівлі державної установи, розташованій у м. Київ.

Предмет дослідження: методи та засоби підвищення енергетичної ефективності будівлі державної установи шляхом впровадження комплексу енергозберігаючих заходів на огорожувальних конструкціях та інженерних системах.

Мета роботи: розроблення та обґрунтування комплексу енергоефективних заходів для адміністративної будівлі державної установи на основі проведення детального енергетичного аудиту, моделювання енергетичного балансу будівлі за ДСТУ 9190:2022 та аналізу отриманих результатів.

Завдання роботи:

- проаналізувати сучасний стан нормативно-правової бази України у сфері енергоефективності будівель та гармонізацію національних стандартів з європейськими директивами;
- розглянути теоретичні основи та методологію проведення енергетичних аудитів громадських будівель відповідно до вимог ДСТУ, ДБН та міжнародних протоколів;
- охарактеризувати об'єкт дослідження – адміністративну будівлю в м. Київ, проаналізувати існуючий стан її огорожувальних конструкцій та інженерних мереж;
- виконати аналіз базового енергоспоживання будівлі, визначити структуру її енергетичного балансу та питомі показники енергоспоживання;
- розробити перелік енергоефективних заходів (утеплення огорожувальних конструкцій, модернізація індивідуального теплового пункту, гідравлічне балансування системи опалення, модернізація систем вентиляції та освітлення, впровадження сонячної електростанції);

- здійснити розрахунок очікуваної економії енергоресурсів, оцінити техніко-економічні показники запропонованих заходів (PP, DPP, NPV, IRR) та їх екологічний ефект, зокрема скорочення викидів CO₂;
- сформулювати пропозиції щодо впровадження системи енергетичного моніторингу та енергоменеджменту будівлі.

Під час підготовки та виконання роботи використано інформацію, включаючи тексти, методи розрахунків, методологію досліджень та конкретні характеристики і параметри, наведені у джерелах, що входять до списку використаних літературних джерел. Крім того, використано інформацію, отриману під час консультацій з керівником роботи, науково-педагогічними працівниками та іншими фахівцями, яка містить елементи неопублікованих авторських розробок (сучасної наукової та інноваційної інформації) і застосовується виключно для виконання цієї магістерської роботи.

Результати: проведено детальний енергетичний аудит адміністративної будівлі державної установи з оцінкою відповідності фактичних показників енергетичної ефективності вимогам національних нормативів. Визначено теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій, енергоспоживання будівлі на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, охолодження та освітлення, сформовано базовий та проектний енергетичні баланси. Оцінено енергозбережний потенціал будівлі й розроблено комплекс технічно та економічно обґрунтованих енергоефективних заходів, реалізація яких дозволяє орієнтовно на 60% знизити споживання теплової енергії на опалення та покращити параметри мікроклімату. Запропоновано впровадження індивідуального теплового пункту з погодним регулюванням, гідравлічного балансування системи опалення, модернізації систем вентиляції з рекуперацією тепла, підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та встановлення сонячної електростанції для часткового покриття електричних навантажень. Проведено техніко-економічну оцінку заходів, визначено їх показники окупності та екологічні вигоди, а також запропоновано концепцію системи енергетичного моніторингу будівлі. На основі розрахунків визначено клас енергоефективності будівлі після впровадження запропонованого комплексу заходів.

ABSTRACT

This master's qualification thesis includes 30 presentation slides and 130 pages of explanatory notes in A4 format, containing 7 figures, 46 tables, and 23 literature sources. The explanatory note presents the results of a detailed energy audit, calculations of the building's energy consumption in accordance with DSTU 9190:2022, an analysis of the technical condition of the building envelope and engineering systems, as well as a techno-economic justification of a package of energy efficiency measures.

Keywords: ENERGY AUDIT, PUBLIC BUILDING, ADMINISTRATIVE BUILDING, STATE INSTITUTION, ENERGY CONSUMPTION, ENERGY EFFICIENCY, THERMAL MODERNIZATION, BUILDING ENVELOPE, HEATING, VENTILATION, DOMESTIC HOT WATER, LIGHTING, RENEWABLE ENERGY SOURCES, PHOTOVOLTAIC POWER PLANT, ENERGY MONITORING, ENERGY EFFICIENCY CLASS.

Object of research: heat and mass transfer processes and energy consumption in an administrative public building of a state institution located in Kyiv.

Subject of research: methods and means of improving the energy efficiency of the building of a state institution by implementing a comprehensive set of energy saving measures applied to the building envelope and engineering systems.

Aim of the work: to develop and justify a package of energy efficiency measures for an administrative public building of a state institution based on a detailed energy audit, energy balance modelling according to DSTU 9190:2022, and analysis of the obtained results.

Tasks of the work:

- to analyse the current state of the Ukrainian legal and regulatory framework on building energy efficiency and its harmonization with EU directives;
- to review the theoretical foundations and methodology of energy audits of public buildings in accordance with national standards, building codes and international protocols;
- to describe the research object – an administrative building in Kyiv – and analyse the current condition of its building envelope and engineering networks;
- to perform an analysis of the building's baseline energy consumption, determine the structure of its energy balance and the specific energy consumption indicators;
- to develop a list of energy efficiency measures, including thermal modernization of the building envelope, modernization of the individual heating substation, hydraulic balancing of the heating system, modernization of ventilation and lighting systems, and installation of a photovoltaic power plant;
- to calculate the expected savings of energy resources and to assess the techno-economic performance of the proposed measures (PP, DPP, NPV, IRR) and their environmental effect, in particular the reduction of CO₂ emissions;

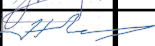
– to formulate proposals for the implementation of an energy monitoring and energy management system for the building.

During the preparation and implementation of the project, the author used information including texts, calculation methods, research methodology, and specific characteristics and parameters presented in the sources listed in the bibliography. In addition, the author is allowed to use information obtained during consultations with the project supervisor, academic staff, and other experts, which contains elements of unpublished developments (modern scientific and innovative information), exclusively for the purposes of this master's thesis.

Results: A detailed energy audit of the administrative building of a state institution was carried out, including an assessment of the compliance of the actual energy performance indicators with national regulatory requirements. The thermal characteristics of the building envelope were determined, as well as the building's energy consumption for heating, ventilation, domestic hot water, cooling and lighting. Baseline and projected energy balances were developed. The energy saving potential of the building was quantified and a comprehensive set of technically and economically justified energy efficiency measures was proposed, enabling an estimated 60% reduction in heat energy consumption for space heating and an improvement of indoor comfort conditions. The proposed measures include the installation of an individual heating substation with weather-compensated control, hydraulic balancing of the heating system, modernization of ventilation systems with heat recovery, enhancement of the thermal performance of the building envelope, and installation of a photovoltaic power plant to partially cover electrical loads. A techno-economic assessment of the measures was performed, their payback indicators and environmental benefits were determined, and a concept for the building's energy monitoring system was proposed. Based on the calculation results, the energy efficiency class of the building after implementation of the proposed measures was determined.

Зміст

Вступ.....	9
1 Теоретичні та нормативні засади енергетичного аудиту громадських будівель	12
1.1 Нормативно-правове регулювання енергоефективності в Україні та гармонізація з законодавством ЄС	12
1.2 Методологія проведення енергетичного аудиту адміністративних будівель	14
1.3 Огляд сучасних технологій та заходів для термомодернізації громадських будівель	15
1.3.1 Підвищення теплозахисних властивостей оболонки будівлі	16
1.3.2 Модернізація інженерних систем	16
1.3.3 Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)	17
1.4 Особливості впровадження енергоефективних заходів в умовах діючої адміністративної будівлі.....	18
2 Передумови проведення енергоаудиту	20
2.1 Перелік умовних позначень, символів та скорочень.....	21
2.2 Під час проведення енергоаудиту враховувалися наступні вимоги	22
3 Кліматичні дані.....	24
4 Інформація про об'єкт.....	25
5 Детальний енергетичний аудит	29
5.1 Визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі. Візуальне обстеження огорожувальних конструкцій.....	30
5.2 Результати термографічного обстеження фасадів будівлі.....	42

					КРМ 100.100.00.00.00. ПЗ і Р			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Строганов			Енергетичний аудит громадської будівлі, розташованої в Київській області	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Каграманян А. О.					5	130
Реценз.						гр. 216-ЕМ-Д24		
Н. Контр.		Онищенко А.В.						
Затверд.		Василенко О.В.						

5.3 Повітропроникність огорожувальних конструкцій.....	44
5.4 Мікроклімат приміщень	50
5.5 Система теплопостачання будівлі	55
5.6 Система гарячого водопостачання будівлі.....	65
5.7 Система вентиляції будівлі	67
5.8 Система охолодження будівлі	70
5.9 Система освітлення в будівлі.....	73
5.10 Система електропостачання будівлі. Споживачі електроенергії	75
6 Вимірювальні прилади, що застосовувались в ході проведення обстеження	77
7 Методика визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення.....	78
7.1 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	78
7.1.1 Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі	78
7.1.2 Розрахунок суміщеного покриття.....	78
7.2 Об'ємно-планувальні характеристики	79
7.3 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі	79
7.4 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	79
7.5 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі	80
7.6 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.....	81
7.7 Внутрішні теплонадходження будівлі	82
7.8 Сонячні теплонадходження.....	82
7.8.1 Загальні сонячні теплонадходження	82
7.8.2 Сонячні теплонадходження через елементи будівлі	83
7.8.3 Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів.....	84

7.8.4 Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі	85
7.9 Динамічні параметри	86
7.10 Внутрішні умови	86
7.11 Енергопотреби для опалення та охолодження	87
7.12 Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів	87
7.13 Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення)	87
7.14 Загальне енергоспоживання при опаленні.....	88
7.15 Загальне енергоспоживання при охолодженні.....	88
7.16 Загальне енергоспоживання систем вентиляції	88
7.17 Енергопотреби ГВП	89
7.18 Енергоспоживання ГВП	89
7.19 Енергоспоживання при освітленні	90
7.20 Вимоги до показника енергоефективності	92
8 Енергоспоживання будівлі	93
8.1 Виміряне енергоспоживання.....	94
8.2 Базове енергоспоживання.....	95
8.3 Енергоспоживання після впровадження заходів	97
8.4 Клас енергоефективності будівлі	98
9 Енергоефективні заходи та економічне обґрунтування впроваджених енергоефективних заходів	100
9.1 Огороджувальні конструкції.....	102
9.1.1 Утеплення даху будівлі	102
9.1.2 Заміна вікон	103

9.1.3	Заміна дверних конструкцій	104
9.2	Інженерні системи будівлі.....	105
9.2.1	Встановлення індивідуального теплового пункту	105
9.2.2.	Гідравлічне балансування системи опалення	106
9.2.3	Встановлення термостатичних регуляторів на радіатори системи опалення	107
9.2.4	Заміна трубопроводів та запірної арматури системи опалення	108
9.3	Влаштування заходів для нормалізації санітарних вимог	109
9.3.1	Монтаж та реконструкція систем вентиляції	109
10.4.	Влаштування альтернативних джерел енергії	110
10.4.1	Влаштування альтернативного джерела електроенергії (СЕС)	110
9.5	Впровадження енергетичного моніторингу	111
9.6	Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів	114
10	Екологічні вигоди	117
11	Енергетичний моніторинг: опис запропонованої системи енергомоніторингу ..	118
	Висновки	123
	Список використаних джерел	126
	Додаток А	128

Вступ

Актуальність теми. В умовах триваючої енергетичної кризи та стратегічного курсу України на інтеграцію до Європейського Союзу, питання підвищення енергетичної ефективності громадських будівель набуває статусу національної безпеки. Громадський сектор, до якого належать адміністративні будівлі органів державної влади, є одним із найбільших споживачів теплової та електричної енергії. Значна частина цього фонду була збудована у другій половині XX століття за застарілими будівельними нормами, що характеризуються низьким термічним опором огорожувальних конструкцій та неефективними інженерними системами. Це призводить до надмірного споживання енергоресурсів, значних бюджетних витрат на їх оплату та збільшення викидів парникових газів.

Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року, термомодернізація будівель центральних органів виконавчої влади є пріоритетним завданням, яке має виконувати демонстраційну роль (*exemplary role*) для всього суспільства. Держава повинна показувати приклад раціонального використання ресурсів. Саме тому енергетичний аудит та подальша модернізація таких знакових об'єктів, як будівля Міністерства енергетики України, є не лише технічним, а й політично важливим завданням.

Проведення якісного енергетичного аудиту дозволяє виявити джерела нераціональних втрат енергії, розробити технічно обґрунтовані заходи з енергозбереження та оцінити їх економічну доцільність. Впровадження комплексних заходів, таких як утеплення огорожувальних конструкцій, модернізація систем опалення та вентиляції, використання відновлюваних джерел енергії, здатне скоротити енергоспоживання на 40-60%, що є критично важливим в умовах дефіциту генеруючих потужностей в енергосистемі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота виконується в рамках наукового напрямку кафедри щодо дослідження енергетичної ефективності будівель та споруд, а також відповідає пріоритетам державної політики,

визначеним у розпорядженні КМУ «Про затвердження Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року». Основою для дослідження слугують матеріали реального енергетичного аудиту, виконаного в рамках Програми українсько-данського енергетичного партнерства (УДЕПП).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розроблення та обґрунтування комплексу енергоефективних заходів для адміністративної будівлі державної установи на основі проведення детального енергетичного аудиту та аналізу його результатів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан нормативно-правової бази України у сфері енергоефективності будівель та гармонізацію національних стандартів з європейськими директивами.
2. Розглянути теоретичні основи та методологію проведення енергетичних аудитів громадських будівель згідно з вимогами ДСТУ та міжнародних протоколів.
3. Охарактеризувати об'єкт дослідження – будівлі розташовані в м. Київ, та проаналізувати існуючий стан її огорожувальних конструкцій та інженерних мереж.
4. Виконати аналіз базового енергоспоживання та визначити структуру енергетичного балансу будівлі.
5. Розробити перелік енергоефективних заходів (ЕЕЗ), включаючи термомодернізацію оболонки, модернізацію ІТП, балансування системи опалення та встановлення сонячної електростанції.
6. Здійснити розрахунок економії енергоресурсів та оцінити техніко-економічні показники запропонованого проекту модернізації.

Об'єкт дослідження – процеси тепломасообміну та енергоспоживання в адміністративній громадській будівлі.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення енергетичної ефективності будівлі Міністерства енергетики України шляхом впровадження енергозберігаючих заходів.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний підхід, що включає:

- аналітичний метод – при огляді літературних джерел та нормативної бази;
- інструментальний метод – для вимірювання параметрів мікроклімату, температурних полів огорожувальних конструкцій (тепловізійна зйомка) та параметрів теплоносія;
- розрахунково-аналітичний метод – для визначення теплотехнічних характеристик, енергетичного балансу будівлі згідно з ДСТУ 9190:2022 та оцінки економії від впровадження заходів;
- методи інвестиційного аналізу – для визначення термінів окупності та чистої приведеної вартості проекту (NPV).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в уточненні енергетичного балансу історичної адміністративної будівлі в центрі Києва з урахуванням фактичних режимів експлуатації та розробці адаптованої моделі енергоспоживання, що враховує вплив впровадження системи рекуперації тепла та сонячної генерації в умовах щільної міської забудови.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи, зокрема розроблений план енергоефективних заходів, можуть бути використані для реалізації проекту термомодернізації будівлі державної установи. Запропоновані заходи дозволять скоротити споживання теплової енергії на опалення орієнтовно на 60% (з 732 МВт·год до 291 МВт·год на рік), покращити умови праці персоналу та зменшити експлуатаційні витрати державного бюджету. Матеріали аудиту також можуть бути використані при сертифікації енергетичної ефективності будівлі..

Список використаних джерел

- 1 ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель»;
- 2 ДСТУ Б В.2.2-19:2007 «Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натуральних умовах»;
- 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2016 «Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій»;
- 4 ДСТУ Б EN 13187:2011 «Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод»;
- 5 ДСТУ Б EN 15251:2011. «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики»;
- 6 ДБН В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;
- 7 ДСТУ Б А.9190 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»;
- 8 ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT)»;
- 9 ДСТУ Б EN 15217:2012 «Енергоефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель»;
- 10 ДСТУ Б EN 15316-1:2011 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергоспоживання та енергоефективності системи»;
- 11 ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація»;
- 12 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;
- 13 ДСТУ ISO 50002:2016 «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення»;
- 14 ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004:2014, IDT) «Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту»;

- 15 ДСТУ Б В.2.6-9191 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»;
- 16 ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 «Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей»;
- 17 ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель»;
- 18 ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT);
- 19 ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення;
- 20 ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій;
- 21 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»
- 22 ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT).
- 23 ДБН В.2.2-4:2018: Заклади дошкільної освіти»