

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ БУДІВЛІ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО
ЗАКЛАДУ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської роботи

КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 216-ЕМ-323
спеціальності 144 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

Кулібаніч О. М.

Керівник: к.т.н., доц.

Каграманян А.О.

Рецензент: к.т.н., доц..

Рубльов В.І.

2024 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
“ _____ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА РОБОТУ МАГІСТРА**

Кулібаніча Олександра Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Енергетичний аудит будівлі дошкільного навчального закладу»

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 “30” вересня 2024 року № 10/24

2 Строк подання студентом закінченого проекту (роботи) 04.01.2025 р.

3 Вихідні дані до проекту (роботи) Закарпатська область, двоповерхова будівля опорного ліцею, вологість – 72%; швидкість вітру – 2,4 м/с, температура внутрішнього повітря в обстежуваних приміщеннях: +22 °С.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; Теоретичні основи енергоаудиту; Передумови проведення енергоаудиту; Перелік умовних позначень, символів та скорочень; Кліматичні дані; Інформація про об'єкт; Детальний енергетичний аудит; Визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі. Візуальне обстеження огорожувальних конструкцій; Система тепlopостачання будівлі; Система вентиляції будівлі; Система охолодження будівлі; Система освітлення в будівлі; Вимірювальні прилади, що застосовувались в ході проведення обстеження; Методика визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водopостачання 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 закслених 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; Клас енергоефективності будівлі; Енергоефективні заходи та економічне обґрунтування впроваджених енергоефективних заходів; Огороджувальні конструкції; Утеплення зовнішніх стін; Утеплення перекриття горища будівлі; Заміна вікон; Заміна дверних конструкцій; Система теплопостачання; Модернізація системи розподілу та подачі тепла; Заміна джерела теплопостачання; Влаштування заходів для нормалізації санітарних вимог; Влаштування системи освітлення будівлі; Модернізація системи вентиляції; Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів; Екологічні вигоди; Енергетичний моніторинг: опис запропонованої системи енергомоніторингу; Висновки; Список використаних джерел.

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

Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (21 слайду)

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 10 червня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Теплотехнічні розрахунки	09.10.24 - 28.10.24	
3	Техніко-економічний розрахунок	03.11.24 - 07.12.24	
5	Дослідницька частина	08.12.24 - 10.12.24	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	11.12.24 - 30.12.24	

Студент _____
(підпис)

Кулібаніч О. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Каграманян А.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 21 слайд презентації, 79 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 2 рисунки, 32 таблиці, 23 літературних джерела.

Ключові слова: БУДІВЛЯ ТЕРЕБЛЯНСЬКОГО ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ВНУТРІШНІЙ МІКРОКЛІМАТ, ВИТРАТИ НА ЕНЕРГІЮ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОАУДИТ, ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, РЕКОМЕНДАЦІЇ, ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ..

Об'єктом дослідження в даній магістерській роботі є будівля тереблянського дошкільного навчального закладу, яка розташована в Закарпатській області.

Предметом дослідження є енергоспоживання цієї будівлі.

Мета роботи полягає у покращенні внутрішнього мікроклімату, зменшенні витрат на енергію та забезпеченні ефективного управління будівлею та її технічним обладнанням.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- Провести енергоаудит огороджувальних конструкцій та інженерних систем будівлі.
- Визначити фактичне енергоспоживання, ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів та порівняти їх з нормативними значеннями.
- Визначити потенціал енергозбереження.
- Розробити технічно та економічно обґрунтовані рекомендації щодо підвищення енергоефективності будівлі.

У процесі роботи було використано різноманітні джерела інформації, включаючи наукові тексти, методи розрахунків та дослідження. Проводились консультації з науковим керівником та іншими фахівцями.

Основними досягненнями роботи є: проведення енергетичної оцінки будівлі, визначення фактичного енергоспоживання та ефективності використання ресурсів, виявлення потенціалу енергозбереження, розробка рекомендацій щодо підвищення енергоефективності, розрахунки теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій, визначення витрат енергії на різні потреби (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, освітлення), встановлення класу енергоефективності будівлі та створення енергетичного сертифіката.

ABSTRACT

This qualification work includes 21 presentation slides and 79 pages of explanatory notes in A4 format, containing 2 figures, 32 tables, and 23 literature sources.

Keywords: BUILDING OF TEREPLYA PRESCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTION, ENERGY CONSUMPTION, INDOOR MICROCLIMATE, ENERGY COSTS, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY AUDIT, FUEL AND ENERGY RESOURCES, ENERGY SAVING, RECOMMENDATIONS, THERMOTECHNICAL INDICATORS, ENCLOSING STRUCTURES, HEATING, VENTILATION, HOT WATER SUPPLY, LIGHTING, ENERGY EFFICIENCY CLASS, ENERGY CERTIFICATE.

The object of research in this master's thesis is the building of the Tereblya preschool educational institution, located in the Zakarpattia region.

The subject of research is the energy consumption of this building.

The aim of the work is to improve the indoor microclimate, reduce energy costs, and ensure efficient management of the building and its technical equipment.

To achieve this goal, it is necessary to:

Conduct an energy audit of the building's enclosing structures and engineering systems.

Determine the actual energy consumption, the efficiency of fuel and energy resources use, and compare them with regulatory values.

Determine the energy saving potential.

Develop technically and economically sound recommendations for increasing the building's energy efficiency.

In the course of the work, various sources of information were used, including scientific texts, calculation methods, and research. Consultations were held with the research supervisor and other specialists.

The main achievements of the work are: conducting an energy assessment of the building, determining actual energy consumption and resource use efficiency, identifying energy saving potential, developing recommendations for increasing energy efficiency, calculating the thermotechnical indicators of enclosing structures, determining energy consumption for various needs (heating, ventilation, hot water supply, lighting), establishing the building's energy efficiency class, and creating an energy certificate.

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного плагіату.

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism кваліфікаційна робота «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ БУДІВЛІ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ»,

Автора: Кулібаніч О.М.

(ПІБ автора повністю)

містить 8,36 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні

Перевірку виконав
доцент кафедри теплотехніки
теплових двигунів та
енергетичного менеджменту _____

Олег ВАСИЛЕНКО

(підпис)

26.12.2024 р.

Зміст

Вступ.....	8
1 Теоретичні основи енергоаудиту.....	11
2 Передумови проведення енергоаудиту.....	16
2.1 Перелік умовних позначень, символів та скорочень.....	17
3 Кліматичні дані.....	20
4 Інформація про об'єкт.....	21
5 Детальний енергетичний аудит	25
5.1 Визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі. Візуальне обстеження огорожувальних конструкцій.....	26
5.3 Система теплопостачання будівлі	32
6.5 Система вентиляції будівлі	35
5.6 Система охолодження будівлі	36
5.7 Система освітлення в будівлі.....	36
6 Вимірювальні прилади, що застосовувались в ході проведення обстеження	38
7 Методика визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення.....	39
7.1 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	39
7.1.1 Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі	39
7.1.2 Розрахунок суміщеного покриття.....	39
7.2 Об'ємно-планувальні характеристики	40
7.3 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі	40
7.4 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	40
7.5 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі	41
7.6 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.....	42

					КРМ 100.100.00.00.00. ПЗ і Р			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Кулібаніч				Енергетичний аудит будівлі дошкільного навчального закладу	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Каграманян А. О.						5	79
Реценз.						гр. 216-ЕМ-323		
Н. Контр.	Онищенко А.В.							
Затверд.	Василенко О.В..							

7.7	Внутрішні теплонадходження будівлі	43
7.8	Сонячні теплонадходження.....	43
7.8.1	Загальні сонячні теплонадходження	43
7.8.2	Сонячні теплонадходження через елементи будівлі	44
7.8.3	Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів.....	45
7.8.4	Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі	46
7.9	Динамічні параметри	47
7.10	Внутрішні умови	47
7.11	Енергопотреби для опалення та охолодження.....	48
7.12	Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів	48
7.13	Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення)	48
7.14	Загальне енергоспоживання при опаленні.....	49
7.15	Загальне енергоспоживання при охолодженні.....	49
7.16	Загальне енергоспоживання систем вентиляції	49
7.17	Енергопотреби ГВП	50
7.18	Енергоспоживання ГВП	50
7.19	Енергоспоживання при освітленні	51
7.20	Вимоги до показника енергоефективності	53
8	Енергоспоживання будівлі	54
8.1	Клас енергоефективності будівлі	56
9	Енергоефективні заходи та економічне обґрунтування впроваджених енергоефективних заходів	57
9.1	Огороджувальні конструкції.....	58
9.1.1	Утеплення зовнішніх стін	58
9.1.2	Утеплення перекриття горища будівлі	60
9.1.3	Заміна вікон	61
9.1.4	Заміна дверних конструкцій	62
9.2	Система теплопостачання.	63

9.2.1 Модернізація системи розподілу та подачі тепла.....	63
9.3 Заміна джерела тепlopостачання	64
9.4 Влаштування заходів для нормалізації санітарних вимог	66
9.4.1 Влаштування системи освітлення будівлі	66
9.5 Модернізація системи вентиляції.....	67
9.6 Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів	68
10 Екологічні вигоди.....	70
11 Енергетичний моніторинг: опис запропонованої системи енергомоніторингу	71
Висновки	76
Список використаних джерел	78

Вступ

Світовий попит на енергію зростає під впливом кількох ключових факторів. Збільшення чисельності населення призводить до зростання кількості споживачів енергії. Економічне зростання, особливо в країнах, що розвиваються, стимулює розвиток енергоємних галузей промисловості, транспорту та підвищує побутові потреби в енергії. Технологічний прогрес, зокрема розвиток електроніки, інформаційних технологій, автомобілебудування та промисловості, також сприяє зростанню енергоспоживання, оскільки нові пристрої та технології часто потребують додаткової енергії для функціонування. Крім того, перехід від традиційних джерел енергії, таких як вугілля, до відновлюваних джерел (сонячна, вітрова) вимагає значних інвестицій в нову інфраструктуру. Ці фактори зумовлюють подальше зростання попиту на енергію, що ставить перед суспільством завдання щодо підвищення енергоефективності, забезпечення стабільного енергопостачання та пошуку екологічно чистих джерел енергії.

Існує багато способів заощадження енергії в різних сферах життя. Ось декілька основних рекомендацій:

- **Енергоефективні прилади:** Використовуйте побутову техніку та освітлювальні прилади з високим класом енергоефективності (A++, A+++). Вони споживають менше електроенергії, зберігаючи при цьому свою функціональність.
- **Енергозберігаюче освітлення:** Замініть звичайні лампи розжарювання на світлодіодні (LED) лампи, які є значно економічнішими та мають довший термін служби.
- **Теплоізоляція:** Забезпечте якісну теплоізоляцію будинку. Це допоможе зберігати тепло взимку та прохолоду влітку, зменшуючи витрати на опалення та кондиціонування.
- **Вимикання приладів:** Вимикайте електроприлади з розетки, коли вони не використовуються, а не залишайте їх у режимі очікування, який також споживає енергію.

- Природне освітлення: Максимально використовуйте природне денне світло та вимикайте штучне освітлення в кімнатах, де воно не потрібне.
- Раціональне використання води та газу: Встановіть водо- та газозберігаючі пристрої та регулюйте температуру опалення та гарячої води відповідно до потреб.
- Захист від сонця та холоду: Використовуйте штори, жалюзі або ролети для захисту від надмірного сонячного тепла влітку та збереження тепла взимку.
- Енергоефективний термостат: Встановіть термостат з функцією програмування, щоб автоматично регулювати температуру в приміщенні залежно від часу доби та потреб.
- Спільні зусилля: Заохочуйте всіх членів родини або колективу до свідомого споживання енергії.

Енергоаудит – це комплексний аналіз енергоефективності будівлі, підприємства або процесу з метою виявлення можливостей для скорочення енергоспоживання та оптимізації витрат. Він дозволяє ідентифікувати неефективні процеси, втрати енергії та розробити конкретні заходи для їх усунення. Результати енергоаудиту допомагають приймати обґрунтовані рішення щодо впровадження енергозберігаючих технологій та модернізації систем освітлення, опалення, вентиляції та інших енергозалежних процесів.

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», що набув чинності 23 липня 2018 року, запроваджує обов'язкову сертифікацію енергетичної ефективності для певних типів будівель:

- Новобудови, реконструкції та капітальні ремонти, що належать до середнього (СС2) та значного (СС3) класів наслідків.
- Будівлі державної власності з опалювальною площею понад 250 м², які відвідують громадяни, та будівлі органів державної влади.
- Будівлі з опалювальною площею понад 250 м², в яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі термомодернізації).

- Будівлі, що підлягають термомодернізації та претендують на державну підтримку, повинні відповідати або перевищувати мінімальні вимоги до енергоефективності.

Об'єктом дослідження в даній магістерській роботі є будівля тереблянського дошкільного навчального закладу, яка розташована в Закарпатській області.

Предметом дослідження є енергоспоживання цієї будівлі.

Мета роботи полягає у покращенні внутрішнього мікроклімату, зменшенні витрат на енергію та забезпеченні ефективного управління будівлею та її технічним обладнанням.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- Провести енергоаудит огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі.
- Визначити фактичне енергоспоживання, ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів та порівняти їх з нормативними значеннями.
- Визначити потенціал енергозбереження.
- Розробити технічно та економічно обґрунтовані рекомендації щодо підвищення енергоефективності будівлі.

У процесі роботи було використано різноманітні джерела інформації, включаючи наукові тексти, методи розрахунків та дослідження. Проводились консультації з науковим керівником та іншими фахівцями.

Основними досягненнями роботи є: проведення енергетичної оцінки будівлі, визначення фактичного енергоспоживання та ефективності використання ресурсів, виявлення потенціалу енергозбереження, розробка рекомендацій щодо підвищення енергоефективності, розрахунки теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, визначення витрат енергії на різні потреби (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, освітлення), встановлення класу енергоефективності будівлі та створення енергетичного сертифіката.

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»