

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЛІКАРНІ ПІСЛЯ  
ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до магістерської роботи

КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 217-ЕМ-Д23  
спеціальності 144 (роботу виконано  
самостійно, відповідно до принципів  
академічної доброчесності)  
Мандрика М. П.

Керівник: к.т.н., доцент  
Бабіченко Ю.А.

Рецензент: стар. викл., к.т.н.  
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**

Мандриці Миколі Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Дослідження енергоспоживання будівлі лікарні після впровадження енергоефективних заходів»

керівник проекту (роботи) Бабіченко Юлія Анатоліївна, к.т.н., доц  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “30” вересня 2024 року № 43

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

3 Вихідні дані до проекту (роботи) будівля закладу охорони здоров'я, яка розташована у Львівській області, розрахункова зимова температура зовнішнього повітря -19 °С, внутрішня температура приміщення 22°С, температурна зона I, поверховість – 9 поверхи, максимальна висота 37,930 м.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; енергоефективні заходи в будівництві; коротка характеристика об'єкту; архітектурно-планувальне рішення; технологічне рішення; загальні дані; структура об'єкта; розрахункове енергоспоживання будівлі; розрахункове енергоспоживання будівлі до впровадження енергоефективних заходів; енергоспоживання після впровадження енергоефективних заходів; розділ енергоефективності будівлі; характеристика земельної ділянки, будівлі та розташування об'єктів; системи опалення, вентиляції гарячого водопостачання та освітлення; опалення; система вентиляції; система охолодження; система гарячого водопостачання; освітлення і електропостачання; облік енергоресурсів; автоматизація інженерних систем; основні об'ємно-планувальні показники; розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри; визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій; розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі; розрахунок суміщеного покриття; розрахунок перекриття над проїздами та під еркерами; розрахунок опалювального підвалу; розрахунок підлоги на ґрунті; світлопрозорі огорожувальні конструкції; величини нормативних  $R_{g \min}$  та розрахункових  $R_{\Sigma \text{пр}}$  показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій; приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель; об'ємно-планувальні характеристики; визначення

показників теплостійкості; визначення показників теплосасвоєння поверхнею підлоги; визначення показників повітропроникності; визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, охолодження та освітлення; опис будівлі; зонування будівлі при розрахунку; сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі; узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією; сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі; узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією; усереднена за часом витрата повітря для вентиляції; внутрішні теплонадходження будівлі; сонячні теплонадходження; загальні сонячні теплонадходження; сонячні теплонадходження через елементи будівлі; еквівалентна площа інсоляції закслених елементів; 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; додаткова енергія для опалення; загальне енергоспоживання при охолодженні; загальне енергоспоживання систем вентиляції; енергопотреби гВП; енергоспоживання гВП; енергоспоживання при освітленні; розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів; вимоги до показника енергоефективності; зведені характеристики будівлі; техніко-економічний аналіз запроваджених енергоефективних заходів; утеплення суміщеного покриття; утеплення стін; механічна система вентиляції; заміна блоків віконних; показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів; дослідження оцінки вологісного режиму огорожувальних конструкцій; висновки; список використаних джерел

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (23 слайди)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 10 червня 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Теплотехнічні розрахунки	01.10.24 - 07.11.24	
3	Техніко-економічний розрахунок	11.11.24 - 09.12.24	
5	Дослідницька частина	10.12.24 - 16.12.24	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	17.12.24 - 30.12.24	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

Мандрика М. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_

( підпис )

Бабіченко Ю.А.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 23 слайди презентації, 115 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 15 рисунків, 36 таблиць, 29 літературних джерел.

Ключові слова: БУДІВЛЯ ЛЬВІВСЬКОГО ОБЛАСНОГО ГОСПІТАЛЮ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, МІКРОКЛІМАТ, ВИТРАТИ НА ЕНЕРГІЮ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, МІНІМАЛЬНІ ВИМОГИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, РЕКОМЕНДАЦІЇ, ОГРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ.

**Об'єктом дослідження** даної магістерської роботи є будівля Львівського обласного госпіталю, розташованого у м. Винники Львівської області.

**Предметом дослідження** є енергоспоживання цієї будівлі.

**Метою роботи** є покращення мікроклімату в приміщеннях, зменшення витрат на енергію та забезпечення ефективнішого управління та обслуговування будівлі та її технічного обладнання. Основною метою є оцінка енергоефективності будівлі, її відповідності мінімальним вимогам, визначення потенціалу енергозбереження та розробка рекомендацій щодо підвищення енергоефективності.

У роботі використано різноманітні інформаційні джерела, включаючи наукові тексти, методи розрахунків, методологію дослідження та конкретні дані з різних джерел. Також використано неопубліковані авторські розробки та інформацію, отриману під час консультацій з науковим керівником та іншими фахівцями.

Результатом дослідження стала оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі нормативним значенням, визначення потенціалу енергозбереження та розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення енергоефективності. На основі запропонованих заходів було проведено розрахунки теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення госпіталю, а також визначено клас енергоефективності будівлі.

## ABSTRACT

This qualification work includes 23 presentation slides and 115 pages of explanatory notes in A4 format, containing 15 figures, 36 tables, and 29 literature sources.

**Keywords:** LVIV REGIONAL HOSPITAL BUILDING, ENERGY CONSUMPTION, MICROCLIMATE, ENERGY COSTS, ENERGY EFFICIENCY, MINIMUM REQUIREMENTS, ENERGY SAVING, RECOMMENDATIONS, 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 Lviv Regional Hospital, located in Vynnyky, Lviv 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 more efficient management and maintenance of the building and its technical equipment. The main goal is to assess the building's energy efficiency, its compliance with minimum requirements, determine the energy saving potential, and develop recommendations for improving energy efficiency.

The work uses various information sources, including scientific texts, calculation methods, research methodology, and specific data from various sources. Unpublished author's developments and information obtained during consultations with the research supervisor and other specialists were also used.

The result of the research is an assessment of the compliance of the calculated energy efficiency indicators of the building with regulatory values, determination of the energy saving potential, and the development of technically and economically sound recommendations for increasing energy efficiency. Based on the proposed measures, calculations of the thermotechnical indicators of enclosing structures, energy consumption for heating, ventilation, hot water supply, and lighting of the hospital were carried out, and the building's energy efficiency class was also determined.

## АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного плагіату.

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism кваліфікаційна робота «ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЛІКАРНІ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ»,

Автора: Мандрика М.П.

(ПІБ автора повністю)

містить 10,26 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні

Перевірку виконав  
доцент кафедри теплотехніки  
теплових двигунів та  
енергетичного менеджменту \_\_\_\_\_

Олег ВАСИЛЕНКО

(підпис)

27.12.2024 р.

## Зміст

Вступ.....	9
1 Енергоефективні заходи в будівництві.....	11
2 Коротка характеристика об'єкту .....	14
3 Архітектурно-планувальне рішення.....	18
4 Технологічне рішення.....	26
4.1 Загальні дані.....	26
4.2 Структура об'єкта .....	26
5 Розрахункове енергоспоживання будівлі .....	33
5.1 Розрахункове енергоспоживання будівлі до впровадження енергоефективних заходів.....	33
5.2 Енергоспоживання після впровадження енергоефективних заходів.....	34
6 Розділ енергоефективності будівлі.....	36
6.1 Характеристика земельної ділянки, будівлі та розташування об'єктів.....	36
6.2.1. Системи опалення, вентиляції гарячого водопостачання та освітлення... ..	37
6.2.1.1 Опалення .....	37
6.2.1.2 Система вентиляції.....	40
6.2.1.3 Система охолодження.....	43
6.2.1.4 Система гарячого водопостачання .....	44
6.2.1.5 Освітлення і електропостачання.....	45
6.2.1.7 Облік енергоресурсів .....	45
6.2.1.8. Автоматизація інженерних систем.....	45

					КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Дослідження енергоспоживання будівлі лікарні після впровадження енергоефективних заходів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Мандрика						
<i>Перевір.</i>		Бабіченко Ю.А.					5	115
<i>Реценз.</i>						217-ЕМ-Д23		
<i>Н. Контр.</i>		Онищенко А.В.						
<i>Затверд.</i>		Василенко О.В.						



6.3 Основні об'ємно-планувальні показники .....	46
6.4 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри .....	47
7 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	49
7.1 Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі .....	49
7.2 Розрахунок суміщеного покриття .....	55
7.4 Розрахунок перекриття над проїздами та під еркерами.....	58
7.4 Розрахунок опалювального підвалу .....	60
7.5 Розрахунок підлоги на ґрунті.....	63
7.6 Світлопрозорі огорожувальні конструкції .....	65
7.7 Величини нормативних $R_{g \min}$ та розрахункових $R_{\Sigma пр}$ показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій .....	67
7.8 Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель	67
7.9 Об'ємно-планувальні характеристики .....	68
7.10 Визначення показників теплостійкості.....	68
7.11 Визначення показників теплосвоєння поверхнею підлоги .....	69
7.12 Визначення показників повітропроникності.....	71
8 Визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, охолодження та освітлення .....	74
8.1 Опис будівлі.....	74
8.2 Зонування будівлі при розрахунку .....	74
8.3.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі.....	75
8.3.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	76
8.4.1. Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі .....	77
8.4.2. Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією .....	78
8.4.3 Усереднена за часом витрата повітря для вентиляції.....	79

8.5 Внутрішні теплонадходження будівлі .....	80
8.5 Сонячні теплонадходження.....	81
8.5.1. Загальні сонячні теплонадходження .....	81
8.5.2 Сонячні теплонадходження через елементи будівлі .....	81
8.5.3. Еквівалентна площа інсоляції застелених елементів.....	82
8.6 Динамічні параметри .....	84
8.7 Внутрішні умови .....	85
8.8 Енергопотреби для опалення та охолодження.....	85
8.9 Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів.....	87
8.10 Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення).....	87
8.11 Загальне енергоспоживання при опаленні .....	87
8.12 Додаткова енергія для опалення.....	87
8.13 Загальне енергоспоживання при охолодженні.....	88
8.14 Загальне енергоспоживання систем вентиляції .....	88
8.15 Енергопотреби ГВП .....	89
8.16 Енергоспоживання ГВП .....	89
8.17 Енергоспоживання при освітленні .....	91
8.18 Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів .....	93
8.19 Вимоги до показника енергоефективності .....	96
9 Зведені характеристик будівлі .....	97
10 Техніко-економічний аналіз запроваджених енергоефективних заходів ...	101
Захід №1 : Утеплення суміщеного покриття.....	101
Захід №2 : Утеплення стін.....	103

Захід №3 : Механічна система вентиляції .....	104
Захід №4 : Заміна блоків віконних .....	106
10.1 Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів	107
11 Дослідження оцінки вологісного режиму огорожувальних конструкцій ..	109
Висновки .....	112
Список використаних джерел .....	113

## Вступ

Енергозбереження є надзвичайно важливим питанням як для Європи, так і для України, хоча причини та масштаби проблеми дещо відрізняються.

В Європі актуальність енергозбереження зумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, Європейський Союз ставить перед собою амбітні цілі щодо скорочення споживання енергії та викидів парникових газів, що є важливим кроком у боротьбі зі зміною клімату та покращенні екологічної ситуації. Енергоефективність розглядається як один з найважливіших інструментів для досягнення цих стратегічних цілей. По-друге, енергозбереження сприяє зменшенню залежності європейських країн від імпорту енергоресурсів, що зміцнює їхню економічну та енергетичну безпеку. Зменшення споживання енергії знижує потребу в імпорті, роблячи економіку більш стійкою до зовнішніх енергетичних криз. По-третє, енергоефективність має значні економічні переваги. Зменшення споживання енергії призводить до зниження витрат на паливо та енергію, що особливо актуально в умовах зростання цін на енергоносії. Крім того, розвиток та впровадження енергоефективних технологій стимулює створення нових робочих місць та відкриває нові можливості для бізнесу в секторі відновлюваної енергетики.

В Україні проблема енергозбереження стоїть ще гостріше, ніж у країнах ЄС. Це пов'язано з низкою чинників, серед яких: низька ефективність та застарілість енергетичної інфраструктури, значна залежність від імпортованих енергоносіїв, недостатня обізнаність населення щодо ефективного споживання енергії та інші фактори. Ці проблеми призводять до значних втрат в енергетичній системі, збільшення витрат на імпорт палива, негативного впливу на довкілля та зниження конкурентоспроможності української економіки. Для вирішення цих проблем необхідно комплексно впроваджувати енергоефективні технології, проводити інформаційно-просвітницьку роботу серед населення, створювати умови для розвитку альтернативних джерел енергії та підтримувати державні програми з енергоефективності.

З метою вирішення цих проблем в Україні 23 липня 2018 року набув чинності Закон «Про енергетичну ефективність будівель». Цей закон встановлює вимоги щодо проведення енергоаудиту та отримання енергетичного сертифіката для будівель. Уряд планує поступово підвищувати мінімальні стандарти енергоефективності та розробити довгострокову стратегію модернізації існуючого будівельного фонду. З 1 липня 2019 року обов'язкова сертифікація енергетичної ефективності будівель стала обов'язковою.

**Об'єктом дослідження** даної магістерської роботи є будівля Львівського обласного госпіталю, розташованого у м. Винники Львівської області.

**Предметом дослідження** є енергоспоживання цієї будівлі.

**Метою роботи** є покращення мікроклімату в приміщеннях, зменшення витрат на енергію та забезпечення ефективнішого управління та обслуговування будівлі та її технічного обладнання. Основною метою є оцінка енергоефективності будівлі, її відповідності мінімальним вимогам, визначення потенціалу енергозбереження та розробка рекомендацій щодо підвищення енергоефективності.

У роботі використано різноманітні інформаційні джерела, включаючи наукові тексти, методи розрахунків, методологію дослідження та конкретні дані з різних джерел. Також використано неопубліковані авторські розробки та інформацію, отриману під час консультацій з науковим керівником та іншими фахівцями.

Результатом дослідження стала оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі нормативним значенням, визначення потенціалу енергозбереження та розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення енергоефективності. На основі запропонованих заходів було проведено розрахунки теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення госпіталю, а також визначено клас енергоефективності будівлі.

## Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
2. ДБН В.1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення
4. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
5. ДБН В.2.6-220-2017 Покриття будинків і споруд
6. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією
7. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів
8. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання
9. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель
10. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія
11. ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах
12. ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010 Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення
13. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Будинки і споруди. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель
14. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі
15. ДСТУ Б В.2.6-34-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги
16. ДСТУ Б В.2.6-35-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням

індустріальними елементами з вентиляваним прошарком. Загальні технічні умови

17. ДСТУ Б В.2.6-36-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови
18. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
19. ДСТУ- Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та тепло засвоєння огорожувальних конструкцій
20. ДСТУ- Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій
21. ДСТУ- Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій
22. ДСТУ Б В.2.7-182-2009 Будівельні матеріали Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах
23. ДСТУ Б В.2.7-276-2011 Матеріали полімерні рулонні і плиткові для підлог. Метод визначення показника тепло засвоєння (ГОСТ 25609-83, MOD)
24. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007,IDT)
25. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура енергетичної оцінки систем будівель (EN 15459:2007,IDT)
26. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2007,IDT)
27. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO

13790:2008, IDT)

28. Каталог виробів ROCKWOOL

29. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура енергетичної оцінки систем будівель (EN 15459:2007, IDT)