

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ НА  
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

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)

Казміренко А. В.

Керівник: стар. викл.

Рукавішников П.В.

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**

Казміренку Андрію Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Дослідження впливу термомодернізації на енергоспоживання будівлі навчального закладу»

керівник проекту (роботи) Рукавішников Павло Володимирович, ст. викладач

(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) адміністративна будівля розташована в Івано-Франківській області, розрахункова зимова температура зовнішнього повітря  $-20^{\circ}\text{C}$ , внутрішня температура приміщення  $20^{\circ}\text{C}$ , температурна зона I, поверховість – 3 поверхи, максимальна висота 17,000 м.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; теоретичні основи термомодернізації в будівництві; розрахункове енергоспоживання будівлі; розрахункове енергоспоживання будівлі до впровадження енергоефективних заходів; енергоспоживання після впровадження енергоефективних заходів; розділ енергоефективності будівлі ліцею; 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 перекриття неопалювального горища; розрахунок перекриття над проїздами; 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 теплосвоєння 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; усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації; внутрішні теплонадходження будівлі; сонячні теплонадходження; загальні сонячні теплонадходження; сонячні теплонадходження через елементи будівлі; еквівалентна площа інсоляції застаклених 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; комплекс робіт з модернізації та облаштування системи вентиляції з рекуперацією; утеплення перекриття над проїздом; утеплення перекриття неопалювального горища; утеплення стін; заміна блоків віконних; заміна зовнішніх дверей; показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів; розрахункове дослідження оцінки вологісного режиму огороджувальних 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)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Теплотехнічні розрахунки	01.10.24 - 07.11.24	
2	Охорона праці	08.11.24 - 10.11.24	
3	Техніко-економічний розрахунок	11.11.24 - 07.12.24	
5	Дослідницька частина	12.12.24 - 16.12.24	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	17.12.24 - 29.12.24	

Студент

\_\_\_\_\_ Казміренко А. В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Рукавішников П.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 23 слайди презентації, 94 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 15 рисунків, 31 таблиця, 29 літературних джерел.

Ключові слова: БУДІВЛЯ ЛІЦЕЮ СЕЛА СТАРИЙ КОСІВ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ВНУТРІШНІЙ МІКРОКЛІМАТ, ВИТРАТИ НА ЕНЕРГІЮ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, РЕКОМЕНДАЦІЇ, НОРМАТИВНІ ЗНАЧЕННЯ, ОГРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.

**Об'єкт дослідження:** Будівля ліцею села Старий Косів Івано-Франківської області.

**Предмет дослідження:** Енергоспоживання будівлі.

**Мета роботи:** Покращення внутрішнього мікроклімату, зниження витрат на енергію, забезпечення більш ефективного управління та обслуговування будівлі і технічного обладнання. Завдання роботи: Оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам, визначення потенціалу енергозбереження, розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій для підвищення рівня енергоефективності будівлі.

Під час підготовки та виконання проекту автор використовував інформацію, включаючи тексти, методи розрахунків, методологію дослідження та конкретні характеристики і параметри, знайдені в джерелах [1-29], цитованих у літературі. Крім того, автору дозволяється використовувати інформацію, отриману під час консультацій з керівником проекту, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка складається з неопублікованих авторських розробок (сучасної наукової та інноваційної інформації), виключно для виконання цієї роботи.

**Результати:** Оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі нормативним значенням, визначення потенціалу енергозбереження та розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення енергоефективності будівлі. Проведено розрахунки теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення ліцею. Визначено клас енергоефективності будівлі.

## ABSTRACT

This qualification work includes 23 presentation slides and 94 pages of explanatory notes in A4 format, containing 15 figures, 31 tables, and 29 literature sources.

**Keywords:** BUILDING OF STARYI KOSIV LYCEUM, ENERGY CONSUMPTION, INDOOR MICROCLIMATE, ENERGY COSTS, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, RECOMMENDATIONS, REGULATORY VALUES, ENCLOSING STRUCTURES, HEATING, VENTILATION, HOT WATER SUPPLY, LIGHTING, ENERGY EFFICIENCY CLASS.

**Object of research:** Building of the Saryi Kosiv Lyceum, Ivano-Frankivsk region.

**Subject of research:** Building's energy consumption.

**Aim of the work:** Improving the indoor microclimate, reducing energy costs, ensuring more efficient management and maintenance of the building and technical equipment. **Tasks of the work:** Assessing the compliance of the calculated energy efficiency indicators of the building with the established minimum requirements, determining the energy saving potential, developing technically and economically sound recommendations for increasing the building's energy efficiency.

During the preparation and implementation of the project, the author used information, including texts, calculation methods, research methodology, and specific characteristics and parameters found in sources [1-29] cited in the literature. In addition, the author is allowed to use information obtained during consultations with the project manager, research and teaching staff, and other persons, which consists of unpublished author's developments (modern scientific and innovative information), exclusively for the performance of this work.

**Results:** Assessment of the compliance of the calculated energy efficiency indicators of the building with regulatory values, determination of the energy saving potential, and development of technically and economically sound recommendations for increasing the building's energy efficiency. Calculations of the thermotechnical indicators of enclosing structures, energy consumption for heating, ventilation, hot water supply, and lighting of the lyceum were carried out. The building's energy efficiency class was determined.

## АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного плагіату.

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism кваліфікаційна робота «ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ»,  
Автора: Казміренко А.В.

(ПІБ автора повністю)

містить 29,69 % 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 Теоретичні основи термомодернізації в будівництві .....	11
2 Розрахункове енергоспоживання будівлі .....	14
2.1 Розрахункове енергоспоживання будівлі до впровадження енергоефективних заходів.....	14
2.2 Енергоспоживання після впровадження енергоефективних заходів.....	15
3 Розділ енергоефективності будівлі ліцею.....	17
3.2.1 Системи опалення, вентиляції гарячого водопостачання та освітлення....	18
3.2.1.1 Опалення .....	18
3.2.1.2 Система вентиляції.....	20
3.2.1.3 Система охолодження.....	22
3.2.1.4 Система гарячого водопостачання .....	22
3.2.1.5 Освітлення і електропостачання.....	22
3.2.1.6 Облік енергоресурсів .....	23
3.2.1.7. Автоматизація інженерних систем.....	23
3.3. Основні об’ємно-планувальні показники .....	24
3.4 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри .....	25
4 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	27
4.1 Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі .....	27
4.2. Розрахунок перекриття неопалювального горища .....	33
4.3 Розрахунок перекриття над проїздами.....	35

					КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Казміренко			Дослідження впливу термомодернізації на енергоспоживання будівлі навчального закладу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Рукавішников П.В.					5	94
<i>Реценз.</i>						217-ЕМ-Д23		
<i>Н. Контр.</i>		Онищенко А.В.						
<i>Затверд.</i>		Василенко О.В.						



4.4 Розрахунок опалювального підвалу .....	37
4.5 Розрахунок підлоги на ґрунті.....	39
4.6 Світлопрозорі огорожувальні конструкції .....	41
4.7 Величини нормативних $R_{g \min}$ та розрахункових $R_{\Sigma пр}$ показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій .....	42
4.8 Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель	43
4.9 Об'ємно-планувальні характеристики .....	43
4.10 Визначення показників теплостійкості.....	44
4.11. Визначення показників теплосвоєння поверхнею підлоги .....	44
4.12 Визначення показників повітропроникності.....	46
5 Визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, охолодження та освітлення .....	50
5.1 Опис будівлі.....	50
5.2 Зонування будівлі при розрахунку .....	51
5.3.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі.....	51
5.3.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	52
5.4.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі .....	53
5.4.2. Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.....	54
5.4.3 Усереднена за часом витрата повітря для вентиляції.....	55
5.4.4. Усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації .....	56
5.5 Внутрішні теплонадходження будівлі .....	57
5.6. Сонячні теплонадходження.....	58
5.6.1. Загальні сонячні теплонадходження .....	58
5.6.2. Сонячні теплонадходження через елементи будівлі .....	58
5.6.3. Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів.....	59

5.7	Динамічні параметри .....	60
5.8	Внутрішні умови .....	62
5.9	Енергопотреби для опалення та охолодження .....	62
5.10	Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів .....	63
5.11	Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення).....	63
5.12	Загальне енергоспоживання при опаленні .....	64
5.13	Додаткова енергія для опалення.....	64
5.14.	Загальне енергоспоживання при охолодженні.....	64
5.15	Загальне енергоспоживання систем вентиляції .....	65
5.16	Енергопотреби ГВП .....	66
5.17	Енергоспоживання ГВП .....	66
5.18	Енергоспоживання при освітленні .....	67
5.19	Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів .....	70
5.20	Вимоги до показника енергоефективності .....	72
6	Зведені характеристик будівлі .....	74
7	Техніко-економічний аналіз запроваджених енергоефективних заходів .....	78
Захід №1	: Комплекс робіт з модернізації та облаштування системи вентиляції з рекуперацією .....	78
Захід №2	: Утеплення перекриття над проїздом .....	80
Захід №2	: Утеплення перекриття неопалювального горища .....	81
Захід №3	: Утеплення стін.....	83
Захід №5	: Заміна блоків віконних .....	84
Захід №6	: Заміна зовнішніх дверей .....	86

7.2 Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів....	87
8 Розрахункове дослідження оцінки вологісного режиму огорожувальних конструкцій .....	89
Висновки .....	92
Список використаних джерел .....	93

## Вступ

Енергоефективність та енергозбереження в навчальних закладах: по-перше, сприяє зниженню енергоспоживання, що зменшує викиди парникових газів та негативний вплив на навколишнє середовище. По-друге, енергоефективні заходи дозволяють суттєво зменшити енергетичні витрати шкіл та університетів, що є важливим в умовах обмеженого бюджету. Крім того, впровадження таких заходів покращує умови для навчання, підвищуючи якість внутрішнього мікроклімату та зменшуючи вплив шкідливих речовин на здоров'я учнів та викладачів. Це позитивно позначається на їхній розумовій працездатності, здоров'ї та успішності.

Також, навчання про енергоефективність та енергозбереження в навчальних закладах підвищує екологічну свідомість учнів, надаючи їм знання про відповідальне використання ресурсів та активну участь у вирішенні екологічних проблем. З урахуванням всіх цих переваг, впровадження енергоефективних заходів у існуючі будівлі навчальних закладів є важливим завданням, що сприяє зменшенню енергетичної залежності, охороні навколишнього середовища та поліпшенню умов навчання.

**Об'єкт дослідження:** Будівля ліцею села Старий Косів Івано-Франківської області.

**Предмет дослідження:** Енергоспоживання будівлі.

**Мета роботи:** Покращення внутрішнього мікроклімату, зниження витрат на енергію, забезпечення більш ефективного управління та обслуговування будівлі і технічного обладнання. Завдання роботи: Оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам, визначення потенціалу енергозбереження, розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій для підвищення рівня енергоефективності будівлі.

Під час підготовки та виконання проекту автор використовував інформацію, включаючи тексти, методи розрахунків, методологію дослідження та конкретні характеристики і параметри, знайдені в джерелах [1-29], цитованих у літературі. Крім того, автору дозволяється використовувати інформацію, отриману під час

консультацій з керівником проекту, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка складається з неопублікованих авторських розробок (сучасної наукової та інноваційної інформації), виключно для виконання цієї роботи.

Результати: Оцінка відповідності розрахункових показників енергоефективності будівлі нормативним значенням, визначення потенціалу енергозбереження та розробка технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення енергоефективності будівлі. Проведено розрахунки теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій, енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення ліцею. 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 індустриальними елементами з вентильованим 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)