

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО
ЗАКЛАДУ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської роботи

КРМ 100.100.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 218-ЕМ-Д23
спеціальності 144 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)
Скрицький М. В.

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

Рецензент: стар. викл., к.т.н.
Рубльов В.І.

2024 рік

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

Скрицькому Мирославу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема проекту (роботи) «Розробка енергоефективних заходів будівлі навчального закладу в Харківській області»

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 навчального закладу, яка розташована в Харківській області, розрахункова зимова температура зовнішнього повітря -23 °С, внутрішня температура приміщення 20°С, температурна зона I, поверховість – 3 поверхи, максимальна висота 17,770 м.

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

Вступ; теоретичні засади енергозбереження 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 суміщеного покриття; розрахунок перекриття над техпідпіллям; 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 неопалювального горища; утеплення суміщеного покриття; 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 (24 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	03.10.24 - 06.11.24	
2	Охорона праці	07.11.24 - 09.11.24	
3	Техніко-економічний розрахунок	10.11.24 - 08.12.24	
5	Дослідницька частина	11.12.24 - 15.12.24	
6	Презентація в Microsoft PowerPoint	18.12.24 - 30.12.24	

Студент

_____ Скрицький М. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Бабіченко Ю.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 24 слайди презентації, 93 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 18 рисунків, 34 таблиці, 29 літературних джерел.

Ключові слова: БУДІВЛЯ ДЕРГАЧІВСЬКОГО ЛІЦЕЮ №1, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, МІКРОКЛІМАТ, ВИТРАТИ НА ЕНЕРГІЮ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, РЕКОМЕНДАЦІЇ, НОРМАТИВНІ ЗНАЧЕННЯ, ОГРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є будівля Дергачівського ліцею №1 Харківського району, міста Дергачі Харківської 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.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: оцінити відповідність розрахункових показників енергоефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам, визначити потенціал енергозбереження та розробити технічно та економічно обґрунтовані рекомендації щодо підвищення рівня енергоефективності будівлі.

У процесі дослідження було використано різноманітні джерела інформації, включаючи наукові тексти, методи розрахунків, методології досліджень, а також результати консультацій з науковим керівником та іншими фахівцями, які є неопублікованими авторськими розробками та дозволені для використання в даній роботі.

Результатом роботи 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 огороджувальних конструкцій та енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення ліцею. Також було визначено клас енергоефективності будівлі.

ABSTRACT

This qualification work includes 24 presentation slides and 93 pages of explanatory notes in A4 format, containing 18 figures, 34 tables, and 29 literature sources.

Keywords: BUILDING OF DERGACHY LYCEUM №1, ENERGY CONSUMPTION, MICROCLIMATE, ENERGY COSTS, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, RECOMMENDATIONS, REGULATORY VALUES, ENCLOSING STRUCTURES, HEATING, VENTILATION, HOT WATER SUPPLY, LIGHTING, ENERGY EFFICIENCY CLASS.

The object of research of this master's thesis is the building of Dergachy Lyceum №1 in Dergachy, Kharkiv district, Kharkiv 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.

To achieve this goal, the following tasks must be completed: to assess the compliance of the calculated energy efficiency indicators of the building with the established minimum requirements, to determine the energy saving potential, and to develop technically and economically sound recommendations for increasing the building's energy efficiency.

In the course of the research, various sources of information were used, including scientific texts, calculation methods, research methodologies, as well as the results of consultations with the research supervisor and other specialists, which are unpublished author's developments and are permitted for use in this work.

The result of the work 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 and energy consumption for heating, ventilation, hot water supply, and lighting of the lyceum were carried out. 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 «РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ»,

Автора: Скрицький М.В.

(ПІБ автора повністю)

містить 17,81 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні

Перевірку виконав
доцент кафедри теплотехніки
теплових двигунів та
енергетичного менеджменту _____

Олег ВАСИЛЕНКО

(підпис)

26.12.2024 р.

Зміст

Вступ.....	9
1 Теоретичні засади енергозбереження 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.....	19
3.2.1.3 Система охолодження.....	20
3.2.1.4 Система гарячого водопостачання	21
3.2.1.5 Освітлення і електропостачання.....	21
3.2.1.6 Облік енергоресурсів	21
3.2.1.7. Автоматизація інженерних систем.....	21
3.3. Основні об’ємно-планувальні показники	23
3.4 Розрахункові кліматичні та теплоенергетичні параметри	23
4 Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.....	25
4.1 Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі	25
4.2. Розрахунок перекриття неопалювального горища	31
4.3 Розрахунок суміщеного покриття	34

					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>		Скрицький			Розробка енергоефективних заходів будівлі навчального закладу в Харківській області	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Бабіченко Ю.А.					5	93
<i>Реценз.</i>						218-ЕМ-Д23		
<i>Н. Контр.</i>		Онищенко А.В.						
<i>Затверд.</i>		Василенко О.В.						

4.4 Розрахунок перекриття над техпідпіллям.....	36
4.5 Розрахунок підлоги на ґрунті.....	38
4.6 Світлопрозорі огорожувальні конструкції	40
4.7 Величини нормативних $R_{g \min}$ та розрахункових $R_{\Sigma пр}$ показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій	41
4.8 Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель.....	42
4.9 Об'ємно-планувальні характеристики	42
4.10 Визначення показників теплостійкості.....	43
4.11. Визначення показників теплосвоєння поверхнею підлоги	43
4.12 Визначення показників повітропроникності.....	43
5 Визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, охолодження та освітлення	47
5.1 Опис будівлі.....	47
5.2 Зонування будівлі при розрахунку	48
5.3.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі.....	48
5.3.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	49
5.4.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі	50
5.4.2. Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.....	51
5.4.3 Усереднена за часом витрата повітря для вентиляції.....	52
5.4.4. Усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації	53
5.5 Внутрішні теплонадходження будівлі	54
5.6. Сонячні теплонадходження.....	55
5.6.1. Загальні сонячні теплонадходження	55
5.6.2. Сонячні теплонадходження через елементи будівлі	55
5.6.3. Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів.....	56

5.7	Динамічні параметри	57
5.8	Внутрішні умови	59
5.9	Енергопотреби для опалення та охолодження	59
5.10	Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів	60
5.11	Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення).....	60
5.12	Загальне енергоспоживання при опаленні	61
5.13	Додаткова енергія для опалення.....	61
5.14.	Загальне енергоспоживання при охолодженні.....	61
5.15	Загальне енергоспоживання систем вентиляції	62
5.16	Енергопотреби ГВП	63
5.17	Енергоспоживання ГВП	63
5.18	Енергоспоживання при освітленні	64
5.19	Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів	67
5.20	Вимоги до показника енергоефективності	69
6	Зведені характеристик будівлі	71
7	Техніко-економічний аналіз запроваджених енергоефективних заходів	75
Захід №1	: Комплекс робіт з модернізації та облаштування системи вентиляції з рекуперацією	75
Захід №2	: Утеплення перекриття неопалювального горища	77
Захід №3	: Утеплення суміщеного покриття.....	78
Захід №4	: Утеплення стін.....	80
Захід №5	: Заміна блоків віконних	81
Захід №6	: Заміна зовнішніх дверей	83

7.2 Показники рентабельності від впровадження енергоефективних заходів....	84
8 Розрахункове дослідження оцінки вологісного режиму огороджувальних конструкцій	86
Висновки	91
Список використаних джерел	92

Вступ

Світовий попит на енергію постійно зростає, що в умовах нестабільного енергетичного ринку та зростання цін створює значну напругу. Невизначеність у країнах-експортерах та транзитерах енергоносіїв викликає серйозне занепокоєння, а збільшення використання викопного палива призводить до прискорення кліматичних змін. Розширення джерел енергопостачання є складним та дорогим процесом. Натомість, підвищення енергоефективності є дієвим інструментом для стримування цін на енергію, створення нових робочих місць, зменшення залежності від імпорту енергоресурсів, пом'якшення геополітичної напруги в енергетичній сфері та скорочення викидів парникових газів.

Досвід Європейського Союзу демонструє значні успіхи у сфері енергоефективності. Завдяки впровадженню заходів, рівень споживання енергії в ЄС залишається на рівні 2000 року, незважаючи на зростання економіки приблизно на 30%. Фактично, за останні чотири десятиліття енергоефективність зробила більший внесок у забезпечення енергетичних потреб ЄС, ніж сумарно нафта, газ та атомна енергія.

В Україні з 23 липня 2018 року діє Закон «Про енергетичну ефективність будівель», який зобов'язує власників та замовників будівництва проводити енергоаудит та отримувати енергетичний сертифікат для своїх будівель. Уряд планує поступово підвищувати мінімальні стандарти енергоефективності та розробити довгострокову стратегію модернізації існуючого житлового фонду. З 1 липня 2019 року обов'язкова сертифікація енергетичної ефективності поширюється на такі об'єкти:

Нове будівництво, реконструкція та капітальний ремонт об'єктів, що належать до середнього (СС2) та значного (СС3) класів наслідків згідно із Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Будівлі державної власності з опалювальною площею понад 250 м², які відвідуються громадянами, та будівлі органів державної влади.

Будівлі з опалювальною площею понад 250 м², в яких розміщені органи місцевого самоврядування (у разі термомодернізації).

Будівлі, що підлягають термомодернізації з державною підтримкою, та досягають класу енергоефективності не нижче встановлених мінімальних вимог.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є будівля Дергачівського ліцею №1 Харківського району, міста Дергачі Харківської 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.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: оцінити відповідність розрахункових показників енергоефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам, визначити потенціал енергозбереження та розробити технічно та економічно обґрунтовані рекомендації щодо підвищення рівня енергоефективності будівлі.

У процесі дослідження було використано різноманітні джерела інформації, включаючи наукові тексти, методи розрахунків, методології досліджень, а також результати консультацій з науковим керівником та іншими фахівцями, які є неопублікованими авторськими розробками та дозволені для використання в даній роботі.

Результатом роботи 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 та енерговитрат на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення ліцею. Також було 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)