

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ЗА РАХУНОК
ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Пояснювальна записка і розрахунки

до дипломного проекту

КРМ 100.066.00.00.00 ПЗ і Р

Розробив: студент групи 216-ЕМ-Д21
спеціальності 144 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

Потерайло Г.О.

Керівник: к.т.н., доц.

Василенко О.В.

Рецензент: к.т.н., доц.

Сумцов А.Л.

2025 рік

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет: механіко-енергетичний

Кафедра: «Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент»

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»

Освітня програма: «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

к.т.н., доц.

_____ О.В. Василенко

“ ____ ” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА РОБОТУ МАГІСТРА

Потерайлу Глібу Олександровичу

1. Тема проекту (роботи): «Підвищення енергоефективності будівлі за рахунок вдосконалення інженерних мереж», керівник проекту (роботи): Василенко Олег Вадимович, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» лютого 2025 року № 15.
2. Строк подання студентом закінченого проекту (роботи): 07.01.2026 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи): Місце розташування об'єкта дослідження – м. Суми. Визначити оптимальне джерело ГВП та теплопостачання

і транспортування в будівлі. Мінімальний клас енергоефективності будівлі повинен бути не менше «С» при прийнятті технічних рішень. Джерело генерації повинно забезпечити необхідну комфортну температуру для споживачів.

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

- Вступ;
- опис конструкції будівлі;
- прийняті технічні рішення щодо конструкції;
- системи охолодження, кондиціювання, вентиляції;
- визначення термічних та геометричних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій теплового контуру будівлі;
- дослідження впливу джерела генерації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація в програмному продукті Microsoft PowerPoint (15 слайдів).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

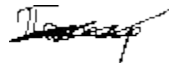
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Онищенко А.В., асист.		

7. Дата видачі завдання: 07 червня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів	Примітка
1	Опис конструкції будівлі	12.09.25 - 14.09.25	
2	Теплотехнічні характеристики приміщення	15.09.25 - 23.09.25	
3	Теплотехнічні характеристики приміщення	24.09.25 - 03.10.25	
4	Вплив джерела генерування теплової енергії на клас енергетичної ефективності	04.10.25 - 10.10.25	
5	Презентація в Microsoft PowerPoint	11.11.25 - 3.12.25	
6			

Студент


(підпис)

Потерайло Г.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Василенко О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Потерайло Г. О. Підвищення енергоефективності будівлі за рахунок вдосконалення інженерних мереж. Магістерська робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». – Український державний університет залізничного транспорту. Механіко-енергетичний факультет. Кафедра «Теплотехніка, теплові двигуни та енергетичний менеджмент». – Харків, 2025. – 110 с., 30 табл., 10 рис., список використаних джерел із 9 найменувань, 31 розд.

Магістерська робота присвячена дослідженню шляхів підвищення енергоефективності громадської будівлі спортивно-оздоровчого призначення. Об'єктом дослідження є двоповерховий корпус готельного типу з опалювальним підвалом загальною площею 1049,1 м².

У роботі виконано розрахунок теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій з урахуванням утеплення мінеральною ватою товщиною 200 мм та впливу світлопрозорих конструкцій. Складено енергетичний сертифікат будівлі, визначено базовий клас енергоефективності «В» із питомим енергоспоживанням 27,64 кВт·год/м². Проведено порівняльний аналіз систем теплозабезпечення на базі природного газу, твердого та рідкого палива, який показав їхню недостатню ефективність (класи «С», «D», «E») порівняно з електричним та централізованим опаленням.

Окрема увага приділена модернізації інженерних систем. Обґрунтовано доцільність впровадження індивідуального теплового пункту (ІТП) з погодним регулюванням, що дозволяє досягти ефективності системи 96% та забезпечити цільовий клас енергоефективності.

Ключові слова: Енергоефективність, енергетичний сертифікат, теплотехнічний розрахунок, ІТП, система опалення, спортивно-оздоровчий корпус.

Зміст

ВСТУП.....	11
1 ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА МЕТА РОЗРАХУНКУ	14
1.1 Розрахунок зроблено відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015, ДСТУ Б EN ISO 13790 та ДБН В 2.6-31:2016	14
1.2 Мета розрахунку.....	14
2 ОПИС БУДІВЛІ.....	14
2.1 Об'єкт розрахунку – нове будівництво спортивно-оздоровчого корпусу «Олімпієць»	14
2.2 Будівля корпусу.....	14
2.3 Об'ємно-планувальні показники будинку.....	16
3 ЗОНУВАННЯ БУДІВЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ	17
3.1 Принцип зонування.....	17
3.2 Кондиціонована площа будівлі.....	17
3.3 Кондиціонований об'єм будівлі.....	18
4 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСМІСІЙНОЇ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ.....	18
4.1 Приведений опір теплопередачі	18
4.2 Узагальнені коефіцієнти трансмісійної теплопередачі	18
4.3 Врахування нічної ізоляції.....	18
4.4 Узагальнений коефіцієнт теплопередачі до ґрунту	18
4.5 Коефіцієнти теплопередачі через некондиціоновані об'єми.....	18
4.6 Вплив теплопровідних включень	20
4.7 Загальний коефіцієнт трансмісійної теплопередачі (опалення).....	20
4.8 Загальний коефіцієнт трансмісійної теплопередачі (охолодження).....	21
4.9 Сумарна трансмісійна теплопередача.....	21

5	ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ ВЕНТИЛЯЦІЮ	21
5.1	Вимоги до системи вентиляції.....	21
5.2	Величина повітрообміну.....	22
5.3	Рециркуляція повітря.....	22
5.4	Рекуперація тепла.....	22
5.5	Загальний коефіцієнт теплопередачі через вентиляцію	22
5.6	Сумарна теплопередача через вентиляцію	22
5.7	Енергопотреба для попереднього підігріву.....	22
6	ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРІШНІХ ТЕПЛОАДХОДЖЕНЬ.....	23
6.1	Джерела та розрахунок внутрішніх теплонадходжень.....	23
6.2	Місячні значення внутрішніх теплонадходжень.....	23
7	ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОАДХОДЖЕНЬ.....	24
7.1	Розташування світлопрозорих конструкцій	24
7.2	Коефіцієнт пропускання сонячної радіації.....	24
7.3	Площа конструкцій за фасадами	24
7.4	Частка обрамлення.....	25
7.5	Рухомі засоби затінення	25
7.6	Затінення зовнішніми перешкодами	25
7.7	Еквівалентна площа інсоляції вікон.....	25
7.8	Непрозорі елементи, що піддаються інсоляції.....	26
7.9	Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів.....	26
7.10	Теплове випромінювання в атмосферу	26
7.11	Загальні сонячні теплонадходження	26
8	ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ	28
8.1	Сумарна теплопередача та теплонадходження.....	28
8.2	Часова константа та теплоємність будівлі.....	28

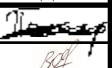
8.3 Безрозмірні коефіцієнти використання надходжень	28
9 ВНУТРІШНІ УМОВИ.....	29
9.1 Задана температура будівлі.....	29
10 ЕНЕРГОПОТРЕБИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ.....	29
10.1 Місячні енергопотребы.....	29
10.2 Річні енергопотребы.....	29
11 ТРИВАЛІСТЬ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПЕРІОДУ ТА ПЕРІОДУ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ДІЯЛЬНОСТІ СЕЗОНОЗАЛЕЖНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	29
11.1 Тривалість опалювального періоду.....	30
11.2 Тривалість періоду охолодження.....	30
12 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ ПІДСИСТЕМИ ТЕПЛОВІДДАЧІ ТА ВИДІЛЕННЯ.....	30
12.1 Система опалення та тепловіддачі.....	30
12.2 Загальні тепловтрати підсистеми	30
12.3 Додаткова енергія підсистеми тепловіддачі.....	31
12.4 Енергія входу підсистеми тепловіддачі.....	31
13 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ ПІДСИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ	31
13.1 Тепловтрати підсистеми розподілу	31
13.2 Характеристики трубопроводів.....	31
13.3 Лінійні коефіцієнти теплопередачі.....	32
13.4 Температурні режими.....	32
13.5 Визначення годин опалення.....	32
13.6 Утилізовані та неутілізовані тепловтрати.....	32
13.7 Енергія входу підсистеми розподілу.....	33
13.8 Додаткова енергія підсистеми розподілу.....	33

14 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ ПІДСИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТА ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛОТИ	33
14.1 Енергія виходу	33
14.2 Тепловтрати підсистеми	34
15 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ	34
15.1 Місячне енергоспоживання	34
15.2 Річне енергоспоживання	34
15.3 Річні результати	34
16 ДОДАТКОВА ЕНЕРГІЯ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ	34
16.1 Річна кількість додаткової енергії	34
16.2 Річні результати	34
17 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	35
17.1 Опис системи вентиляції	35
17.2 Електрична потужність вентиляторів	35
17.3 Енергоспоживання вентиляторами	35
18 ЗАГАЛЬНЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ	36
18.1 Опис системи охолодження	36
18.2 Енергія виходу	36
18.3 Загальні тепловитрати підсистеми	36
18.4 Загальне енергоспоживання	36
18.5 Річні результати	37
18.6 Додаткова енергія при охолодженні	37
19 ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ГВП	37
19.1 Джерело теплопостачання для ГВП	37
19.2 Питомі річні енергопотребы	37
19.3 Загальні енергопотребы на ГВП	38
20 ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ГВП	38

20.1	Опис системи ГВП.....	38
20.2	Складові тепловтрат.....	38
20.3	Тепловтрати розподільними трубопроводами.....	38
20.4	Тепловтрати циркуляційним контуром.....	39
20.4.1	Тепловтрати протягом періоду циркуляції (формула (121) [2]):.....	39
20.4.2	Тепловтрати за відсутності циркуляції (формула (122) [2]):.....	40
20.4.3	Загальні тепловтрати циркуляційним контуром (формула (120) [2]):	40
20.5	Тепловтрати використаної води.....	40
20.6	Річне енергоспоживання на ГВП.....	41
20.7	Додаткова енергія для системи ГВП.....	41
21	ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОСВІТЛЕННІ.....	41
21.1	Річний обсяг енергоспоживання.....	41
21.2	Енергія на штучне освітлення (WL).....	41
21.3	Паразитна енергія (WP).....	42
22	ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ.....	48
23	ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЛІ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ ДБН В.2.6-31	48
23.1	Нормативні вимоги до теплотехнічних показників.....	48
23.2	Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій.....	51
24	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНІХ СТІН.....	53
24.1	Зовнішні стіни типу Т-1.....	53
24.1.1	Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін	53
24.1.2	Приведений опір теплопередачі.....	59
24.1.3	Перевірка санітарно-гігієнічної вимоги (формула 5).....	60
24.1.4	Перевірка на недопущення конденсації (формула 6).....	61

24.2 Зовнішні стіни типу Т-2.....	62
24.2.1 Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін	62
24.2.2 Перевірка виконання вимоги формули (5) ДБН В.2.6-31	69
24.2.3 Перевірка виконання вимоги формули (6) ДБН В.2.6-31	70
24.3 Зовнішні стіни типу Т-3.....	71
24.3.1 Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін	71
24.3.2 Перевірка виконання вимоги формули (5) ДБН В.2.6-31	78
24.3.3 Перевірка виконання вимоги формули (6) ДБН В.2.6-31	79
25 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРИЩ.....	80
25.1 Перекриття холодного горища.....	80
25.1.1 Приведений опір теплопередачі перекриття горища.....	80
25.1.2 Перевірка виконання вимоги формули (5) ДБН В.2.6-31	82
25.1.3 Перевірка виконання вимоги формули (6) ДБН В.2.6-31	83
25.2 Розрахунок теплотехнічних характеристик горищ.....	84
25.2.1 Розрахунок теплотехнічних характеристик горищ.....	84
25.2.2 Перевірка виконання вимоги формули (5) ДБН В.2.6-31	86
25.2.3 Перевірка виконання вимоги формули (6) ДБН В.2.6-31	86
26 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДЛОГИ ПО ГРУНТУ	87
26.1 Розрахунок проводиться згідно з методикою ДСТУ Б А.2.2-12:2015 додаток Б.....	87
26.2 Основні вихідні дані	87
26.3 Розрахунок параметрів	88
27 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПІДВАЛУ	89
27.1 Розрахунок проводиться згідно з методикою ДСТУ Б А.2.2-12:2015, додаток Б.....	89
27.2 Основні вихідні дані	89

27.3 Розрахунок параметрів	90
27.4 Розрахунок опору теплопередачі стіни, що контактує з ґрунтом	91
28 ПРИВЕДЕНИЙ ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПРОЇЗДОМ (ЕРКЕРОМ).....	92
28.1 Перевірка виконання вимоги формули (5) ДБН В.2.6-31.....	94
28.2 Перевірка виконання вимоги формули (6) ДБН В.2.6-31.....	95
29 ПЕРЕВІРКА ВИКОНАННЯ ВИМОГ ФОРМУЛ (5) – (6) ДБН В.2.6-31 ДЛЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЛІ.....	96
30 ТЕПЛОВОЛОГІСНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ З ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ	98
30.1 Вихідні дані.....	99
30.2 Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря.....	99
31 ВПЛИВ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА КЛАС ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	104
31.1 Встановлення газового котла.....	104
ВИСНОВОК.....	107
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	109

					КРМ 100.066.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення енергоефективності будівлі за рахунок вдосконалення інженерних мереж	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Потерайло						
Перевір.		Василенко						
						УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Онищенко						
Затверд.		Василенко						

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.ДБН В.2.6-31-2016. "Теплова ізоляція будівель".
- 2.ДСТУ Б А.2.2-12:2015. "Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні".
- 3.ДСТУ Б В.2.6-189:2013. "Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель."
- 4.ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
- 5.ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. Зміна № 1
- 6.ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення.
- 7.ДБН В.2.5-67-2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- 8.ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.
9. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій.