

Звіт подібності

метадані

Назва організації

National University of Water and Environmental Engineering

Заголовок

Магістерська робота.doc

Автор

Науковий керівник / Експерт

Шуба Роман ВасильовичШуба Роман Васильович

підрозділ

National University of Water and Environmental Engineering

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		27
Інтервали		0
Мікропробіли		10
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		8

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

1.10% 1.10% КП 1	0.50% 0.50% КЦ	
25	23633	187020
Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2	Кількість слів	Кількість символів

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра
на тему «Заходи з підвищення
енергоефективності системи опалення
навчального корпусу № 6 НУВГП»

Виконав: студент групи ТГВ-51м
Шуба Роман Васильович

Керівник:
Рецензент:

Рівне – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Теплогазопостачання і вентиляція»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. ТГВ та СТ _____ М.Д. Кізеєв
“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шуба Роман Васильович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП» _____

керівник роботи _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУВГП С № ____ від « ____ » _____ 2024 року

2. Термін подання студентом роботи « ____ » р. _____

3. Вихідні дані до роботи Загальна характеристика будівлі та її енергетичні потреби. Опис функціонування існуючої системи опалення. Інженерне забезпечення об'єкта. Опалення та теплопостачання. Матеріали, з яких виготовлені елементи системи опалення. Потужність котельного обладнання та її відповідність потребам. Плани поверхів та розрізи будівлі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз існуючого стану системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП. 2. Оцінка енергоефективності системи опалення. 3. Розробка заходів з підвищення енергоефективності. 4. Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з підвищення енергоефективності. 5. Екологічний аспект впровадження заходів з підвищення енергоефективності. 6. Організація та контроль впровадження заходів з енергоефективності.

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

1. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (1 поверх). 2. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (2 поверх). 3. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (3 поверх). 4. Діаграма втрат тепла у системі опалення до впровадження заходів з енергоефективності. 5. План модернізації системи опалення з позначенням нових елементів. 6. Графік порівняння споживання енергії до та після впровадження

енергоефективних заходів. 7. Схема організації контролю та моніторингу впровадження проєкту.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз існуючого стану системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП			
Оцінка енергоефективності системи опалення			
Розробка заходів з підвищення енергоефективності			
Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з підвищення енергоефективності			
Екологічний аспект впровадження заходів з підвищення енергоефективності			
Організація та контроль впровадження заходів з енергоефективності			

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При мітка
1.	Збір вихідних даних щодо об'єкта досліджень		
2.	Аналіз літературних джерел з теми досліджень		
3.	Розробка розділу «Аналіз існуючого стану системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП»		
4.	Розробка розділу «Оцінка енергоефективності системи опалення»		
5.	Розробка розділу «Розробка заходів з підвищення енергоефективності»		
6.	Розробка розділу «Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з підвищення енергоефективності»		

7.	Розробка розділу «Екологічний аспект впровадження заходів з підвищення енергоефективності»		
8.	Розробка розділу «Організація та контроль впровадження заходів з енергоефективності»		
	Оформлення роботи		

Студент

(підпис)

Шуба Р.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Новицька О.С.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У магістерській роботі на прикладі навчального корпусу № 6 НУВГП розроблено заходи з підвищення енергоефективності системи опалення. Дослідження включає детальний аналіз існуючого стану системи опалення, оцінку енергоефективності та розробку проєкту модернізації. У роботі запропоновано впровадження сучасних енергозберігаючих технологій, зокрема теплових насосів, автоматизації процесів, а також застосування програмного забезпечення для керування системою опалення.

Економічна доцільність запропонованих заходів підтверджується техніко-економічними розрахунками, які демонструють значне зниження витрат на енергоресурси та строк окупності інвестицій. Досліджено екологічні аспекти, включаючи скорочення викидів CO₂, зниження рівня забруднення навколишнього середовища та підвищення екологічної стійкості об'єкта.

Робота викладена на 124 сторінках основного тексту формату А4, складається з анотації, 6 основних розділів, переліку літературних джерел із 40 найменувань та 7 аркушів графічного матеріалу формату А1. У пояснювальній записці наведено 15 рисунків та 37 таблиць. Для проєктування використано сучасне кліматичне обладнання провідних виробників та застосовано програмне забезпечення AutoCAD.

Результати роботи доводять доцільність впровадження запропонованих заходів, що забезпечують зниження енерговитрат, екологічну ефективність і підвищення рівня комфорту в приміщеннях.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ № 6 НУВГП	9
1.1. Загальна характеристика будівлі та її енергетичні потреби.....	9
1.2. Опис функціонування існуючої системи опалення	13
1.3. Матеріали, з яких виготовлені елементи системи опалення	20
1.4. Типи теплообмінників, що використовуються у системі.....	24
1.5. Потужність котельного обладнання та її відповідність потребам	28
1.6. Рівень автоматизації процесів в існуючій системі.....	31
1.7. Оцінка енергоефективності обладнання	33
1.8. Аналіз тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі.....	35
1.9. Оцінка теплотехнічного стану трубопроводів системи опалення	39
1.10. Проблеми, виявлені під час аналізу стану системи опалення.....	40
2. ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.....	44
2.1. Основні методи оцінки енергоефективності.....	44
2.2. Оцінка тепловтрат через елементи системи опалення.....	45
2.3. Аналіз споживання енергетичних ресурсів	47
2.4. Оцінка теплового комфорту в приміщеннях.....	50
2.5. Виявлення основних джерел енергетичних втрат	51
2.6. Аналіз впливу зовнішніх факторів (температура повітря, вологість).....	51
3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	54
3.1. Аналіз можливості використання сучасних енергозберігаючих технологій...	54
3.2. Розробка проєкту автоматизації системи опалення.....	56
3.2.1. Підключення обладнання до системи автоматизованого моніторингу.....	58
3.2.2. Створення програмного забезпечення для керування системою опалення через мобільний застосунок.....	60
3.3. Використання теплових насосів як альтернативного джерела тепла	63
3.3.1. Оцінка ефективності використання насосів в умовах НУВГП.....	66
3.3.2. Розрахунок витрат на встановлення теплових насосів.....	67
3.3.3. Екологічні переваги теплових насосів у системі опалення	68

					КР 192..2 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Зав. каф.		Кізеєв М.Д.		12.24	«Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП»	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник				12.24		Н	6	
Н. контр.				12.24		НУВГП ННІБА ТГВ-		
Рецензент				12.24				
Розробник				12.24				

3.4.	Оцінка загальної ефективності запропонованих заходів у комплексі.....	70
4.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	75
4.1.	Загальна характеристика витрат на впровадження.....	75
4.2.	Аналіз потенційного зниження споживання енергоресурсів	77
4.3.	Оцінка строків окупності заходів.....	78
4.3.1.	Методика розрахунку строків окупності	79
4.3.2.	Розрахунок окупності для кожного заходу окремо	79
4.3.3.	Комплексна оцінка окупності всього проекту.....	81
4.4.	Вплив впровадження енергоефективних заходів на експлуатаційні витрати.....	81
4.4.1.	Зменшення витрат тепла в системі опалення	83
4.5.	Прогноз економічного ефекту від впровадження заходів.....	85
4.6.	Аналіз можливих фінансових ризиків.....	86
4.6.1.	Нестабільність цін на енергоносії	87
4.6.2.	Ризики, пов'язані з інфляцією	87
4.6.3.	Можливі проблеми з постачанням матеріалів.....	88
4.7.	Пошук джерел фінансування для реалізації заходів.....	88
4.7.1.	Державні гранти та програми підтримки	89
4.7.2.	Залучення приватних інвесторів	89
4.7.3.	Можливості кредитування та лізингу.....	90
5.	ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	92
5.1.	Вплив впровадження енергоефективних технологій на зменшення викидів CO ₂	92
5.2.	Зниження рівня забруднення навколишнього середовища	94
5.3.	Використання екологічно чистих технологій у системі опалення.....	95
5.4.	Вплив на екологічну стійкість навчального корпусу	97
6.	ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КОНТРОЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	99
6.1.	Формування робочої групи для реалізації проекту	99
6.2.	Розробка поетапного плану впровадження заходів	100
6.3.	Контроль за виконанням кожного етапу модернізації.....	102
6.3.1.	Встановлення обладнання	102
6.3.2.	Налагодження систем моніторингу	105
6.4.	Використання сучасних методів управління проектами	108

6.4.1. Програмне забезпечення для керування проєктами	108
6.4.2. Засоби комунікації між учасниками.....	109
6.5. Навчання персоналу та студентів правилам експлуатації нових систем...	110
6.6. Впровадження системи автоматичного моніторингу енерговитрат.....	111
6.7. Підготовка документації для звітності про виконані заходи.....	113
6.8. Постійний контроль за ефективністю функціонування оновленої системи	115
ВИСНОВКИ	118
ЛІТЕРАТУРА	120
ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ.....	124

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ № 6 НУВГП

1.1. Загальна характеристика будівлі та її енергетичні потреби

Навчальний корпус № 6 Національного університету водного господарства та природокористування, розташований за адресою м. Рівне, вул. Чорновола, 49, (Див.рис.1.1) є багатофункціональною будівлею, що використовується для забезпечення освітньої діяльності. Корпус складається з кількох поверхів, кожен із яких виконує певні функції. Це аудиторії для лекцій, кабінети викладачів, лабораторії, технічні приміщення та зони загального користування.

Будівля зведена в середині ХХ століття за типовим проектом освітніх закладів того часу. Конструкція будівлі виконана з залізобетонного каркасу з несучими стінами з цегли. Переkritтя залізобетонні, дах плоский, із гідроізоляційним шаром на основі руберойду. Огороджувальні конструкції мають низькі теплоізоляційні властивості, що є характерним для будівель такого типу. Віконні прорізи оснащені дерев'яними рамами з одинарним склінням, які з часом втратили герметичність. Це спричиняє значні тепловтрати через інфільтрацію повітря.



Рис.1.1. Місце розташування об'єкту Навчальний корпус № 6 НУВГП (м. Рівне, вул. Чорновола, 49)

Площа корпусу становить приблизно 5 500 м². Корисна площа будівлі розподілена наступним чином:

– Лекційні аудиторії – 40%,

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Лабораторії – 25%,
- Адміністративні приміщення – 20%,
- Зони загального користування (коридори, сходові клітини) – 15%.

Система опалення навчального корпусу є застарілою, двотрубною, з нижнім розведенням. Основними джерелами тепловтрат є:

- Стіни та дах через низькі теплоізоляційні властивості матеріалів.
- Віконні прорізи через використання одинарного скла.
- Неврегульованість системи опалення, що спричиняє нерівномірний розподіл тепла по приміщеннях.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для регіону взимку становить -21°C , що вимагає ефективного функціонування системи опалення для підтримання комфортних внутрішніх умов.

Енергетичні потреби будівлі навчального корпусу №6 включають теплову енергію для опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електроенергію для освітлення і роботи обладнання. Основна частина енергії споживається для опалення через значні тепловтрати будівлі. Для оцінки енергетичних потреб проводимо розрахунки на основі теплотехнічних і енергетичних показників.

Для кожного типу огорожувальних конструкцій визначаються такі параметри:

Теплотехнічний опір огорожувальних конструкцій (R):

$$R = \frac{1}{\sum k \lambda_k \cdot \delta_k} \quad (1.1)$$

де:

λ_k - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

δ_k - товщина шару матеріалу, м.

Тепловтрати через конструкцію:

$$Q = \frac{S \cdot \Delta T}{R} \quad (1.2)$$

де:

S - площа конструкції, м^2 ;

ΔT - різниця температур (внутрішньої та зовнішньої), $^{\circ}\text{C}$;

R - теплотехнічний опір конструкції, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Тепловтрати через стіни:

1. Площа стін:

$$S_{\text{стіни}} = P \cdot H - S_{\text{вікон}} \quad (1.3)$$

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де:

$P = 140$ м - периметр будівлі,

$H = 3.5$ м $H = 3.5$ м.

$S_{\text{вікон}} = 25$ м².

$S_{\text{стіни}} = 140 \cdot 3.5 - 25 = 465$ м².

Теплотехнічний опір стін:

Товщина цегли — 0.51 м.

коефіцієнт теплопровідності 0.7 Вт/(м·°C).

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{0.7/0.51} = 0.73 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт} \quad (1.4)$$

Розрахунок тепловтрат:

$$\text{Різниця температур } \Delta T = 22 - (-21) = 43 ^\circ \text{C}. \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{стіни}} = \frac{465 \cdot 43}{0.73} = 27,411 \text{ Вт (або } 27.41 \text{ кВт)} \quad (1.6)$$

Тепловтрати через вікна:

1. Площа вікон:

$$S_{\text{вікон}} = 25 \text{ м}^2 \quad (1.7)$$

2. Теплотехнічний опір: (Одинарне скло)

$$R_{\text{вікон}} = 0.3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}. \quad (1.8)$$

3. Розрахунок:

$$Q_{\text{вікна}} = \frac{25 \cdot 43}{0.3} = 3,583 \text{ Вт (або } 3.58 \text{ кВт)} \quad (1.9)$$

Тепловтрати через дах:

1. Площа даху:

$$S_{\text{дах}} = 400 \text{ м}^2 \quad (1.10)$$

2. Теплотехнічний опір: (Залізобетон)

$$R_{\text{дах}} = 0.5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}. \quad (1.11)$$

3. Розрахунок:

$$Q_{\text{дах}} = \frac{400 \cdot 43}{0.5} = 34,400 \text{ Вт (або } 34.4 \text{ кВт)} \quad (1.12)$$

Загальні тепловтрати

Сумуємо тепловтрати:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{вікна}} + Q_{\text{дах}} = 27.41 + 3.58 + 34.4 = 65.39 \text{ кВт} \quad (1.13)$$

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{опалення}} = 65.39 \cdot 4320 \cdot 0.9^{-1} = 313,036 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (1.14)$$

Теплове навантаження приймається 20% від опалення:

$$Q_{\text{вентиляція}} = 0.2 \cdot Q_{\text{заг}} = 0.2 \cdot 65.39 = 13.08 \text{ кВт} \quad (1.15)$$

Розрахунок споживання електроенергії

Освітлення:

Освітлюваність приміщень відповідає нормі 300 лк. Потужність світильників:

$$P = 12 \text{ Вт/м}^2, \text{ площа } S = 400 \text{ м}^2 \quad (1.16)$$

$$P_{\text{освітлення}} = S \cdot P = 400 \cdot 12 = 4,800 \text{ Вт} \quad (1.17)$$

Загальні енергетичні потреби будівлі

Сумуємо річне енергоспоживання:

$$E_{\text{загальне}} = 313,036 + (13.08 \cdot 4320) + 30,400 = 384,372 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (1.18)$$

Енергетичні потреби будівлі навчального корпусу №6 становлять приблизно 384,372 кВт·год/рік, із яких:

- 81% припадає на опалення,
- 15% на вентиляцію,
- 4% на електроенергію.

Енергетичні потреби корпусу охоплюють опалення, вентиляцію, освітлення та електропостачання для лабораторного обладнання та офісної техніки. Основним джерелом теплопостачання є система опалення з централізованим тепловим пунктом, розташованим у підвалі будівлі. Теплоносій – вода з температурними параметрами 70/60°C.

Аналіз теплових потреб:

1. Тепловтрати через огорожувальні конструкції. За попередніми розрахунками, тепловтрати через стіни, дах, підлогу та вікна становлять до 60% від загальних втрат теплової енергії.

2. Споживання енергії системою опалення. Для підтримання температури 18–22°C у навчальних приміщеннях потрібно близько 700 кВт·год теплової енергії на добу в зимовий період.

3. Енергетичні витрати на вентиляцію. У проєкті заплановано використання вентиляційної системи з підігрівом припливного повітря. Це збільшує теплове

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

навантаження на систему опалення, однак конкретні показники в проєкті не вказані.

4. Енергетичне навантаження електропостачання. Освітлення аудиторій та лабораторій, функціонування комп'ютерів і лабораторного обладнання потребують близько 30 000 кВт·год електроенергії на рік.

Проблеми енергоефективності

1. Застарілі огорожувальні конструкції. Стіни та дах не відповідають сучасним нормам теплотехнічного опору, що призводить до значних втрат енергії. Відсутність утеплення підвалу та даху також сприяє підвищеним витратам на опалення.

2. Неефективна система опалення. Система регулювання теплового навантаження не дозволяє адаптувати подачу тепла відповідно до фактичних потреб окремих приміщень.

3. Відсутність системи автоматизованого управління. Ручне управління тепловими параметрами знижує ефективність використання теплової енергії.

4. Низький рівень енергоощадних заходів. Відсутність сучасних теплоізоляційних матеріалів, автоматичних повітровідвідників та балансувальних клапанів обмежує ефективність системи.

1.2. Опис функціонування існуючої системи опалення

Система опалення навчального корпусу №6 НУВГП базується на двотрубній схемі з нижнім розведенням. Вона призначена для забезпечення комфортної температури в приміщеннях у холодний період року. Основною метою цієї системи є транспортування теплоносія від теплового пункту до опалювальних приладів і рівномірне розподілення теплової енергії по всіх приміщеннях будівлі.

Основні компоненти системи:

1. Тепловий пункт: Розташований у підвальному приміщенні корпусу. Він забезпечує регулювання температури та тиску теплоносія.

2. Магістральні трубопроводи: Виконані із поліпропіленових труб марки Kapptherm Stabi PN 25, армованих алюмінієм, що мають гарні механічні та експлуатаційні характеристики.

3. Стояки системи опалення: Піднімають теплоносій до верхніх поверхів і розподіляють його по приміщеннях.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4. Радіатори: Біметалеві секційні радіатори марки STANDART з боковим підключенням. Оснащені автоматичними терморегуляторами фірми Herz.

5. Запірна арматура: Включає балансувальні клапани, запірні вентилі, які забезпечують контроль і безпеку функціонування системи.

6. Теплоносії: Вода з температурними параметрами 70–60°C.

2. Принцип роботи системи

Система опалення функціонує за замкнутим циклом. Основні процеси:

1. Подача теплоносія: Гаряча вода нагрівається у тепловому пункті та транспортується подаючим трубопроводом до радіаторів.

2. Тепловіддача: Тепло передається від радіаторів до повітря приміщень шляхом конвекції та тепловипромінювання. Регулювання тепловіддачі здійснюється термостатичними клапанами.

3. Повернення охолодженого теплоносія: Після передачі тепла теплоносії повертається зворотним трубопроводом у тепловий пункт для повторного нагрівання.

4. Циркуляція: Примусова циркуляція забезпечується насосами в тепловому пункті, які підтримують необхідний тиск у системі.

3. Особливості функціонування

1. Тип розведення: Система опалення розведена відкрито по стінах, кріплення труб здійснюється на кронштейнах. Це забезпечує зручність обслуговування та ремонту, але впливає на естетичний вигляд приміщень.

2. Регулювання температури: Кожен радіатор оснащений термостатичним клапаном, який дозволяє змінювати кількість теплоносія, що проходить через прилад, залежно від температури в приміщенні.

3. Теплоізоляція трубопроводів: Магістральні та зворотні трубопроводи покриті теплоізоляційним матеріалом, що мінімізує втрати тепла під час транспортування теплоносія.

4. Переходи через конструкції: Трубопроводи, які проходять крізь стіни та перекриття, розташовані у футлярах для захисту від механічних пошкоджень і забезпечення компенсації теплових видовжень.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

потужності системи. Коефіцієнт корисної дії (ККД): ККД системи опалення становить близько 85%, що нижче сучасних стандартів (90–95%).

Система утеплення трубопроводів

Для зменшення теплових втрат магістральні трубопроводи системи опалення та теплопостачання покриваються теплоізоляційним матеріалом. Це забезпечує:

1. Енергозбереження – мінімізуються втрати тепла при транспортуванні теплоносія від теплового пункту до опалювальних приладів.
2. Покращення експлуатаційних характеристик – теплоізоляція зменшує ризик перегріву сусідніх конструкцій і підвищує довговічність системи.

Матеріал теплоізоляції:

- Тип: спінений поліетилен, базальтова вата або аналогічні ізоляційні матеріали.
- Товщина: залежить від діаметра трубопроводів і температури теплоносія (зазвичай 20–30 мм для внутрішніх систем).

Розташування трубопроводів

1. Прокладання трубопроводів:
 - Трубопроводи розводяться відкрито, на кронштейнах, вздовж стін приміщень.
 - Це спрощує монтаж і обслуговування, дозволяючи швидко отримати доступ до будь-якої ділянки системи.
2. Віднесення від стін:
 - Трубопроводи віднесені від стін умовно, для зручності монтажу й подальшої експлуатації.
3. Переходи крізь огорожувальні конструкції:
 - Виконуються через футляри, які забезпечують:
 - Захист трубопроводів від механічних пошкоджень.
 - Компенсацію теплових видовжень труб.

Тепловий пункт навчального корпусу №6 побудований (Див.рис.1.2.) на основі блочної системи Danfoss. Його основне призначення - забезпечення стабільного теплопостачання приміщень корпусу шляхом регулювання, обліку та розподілу теплової енергії. Система інтегрує сучасні енергоефективні рішення для підтримання заданих температурних параметрів у системі радіаторного опалення та вентиляції.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

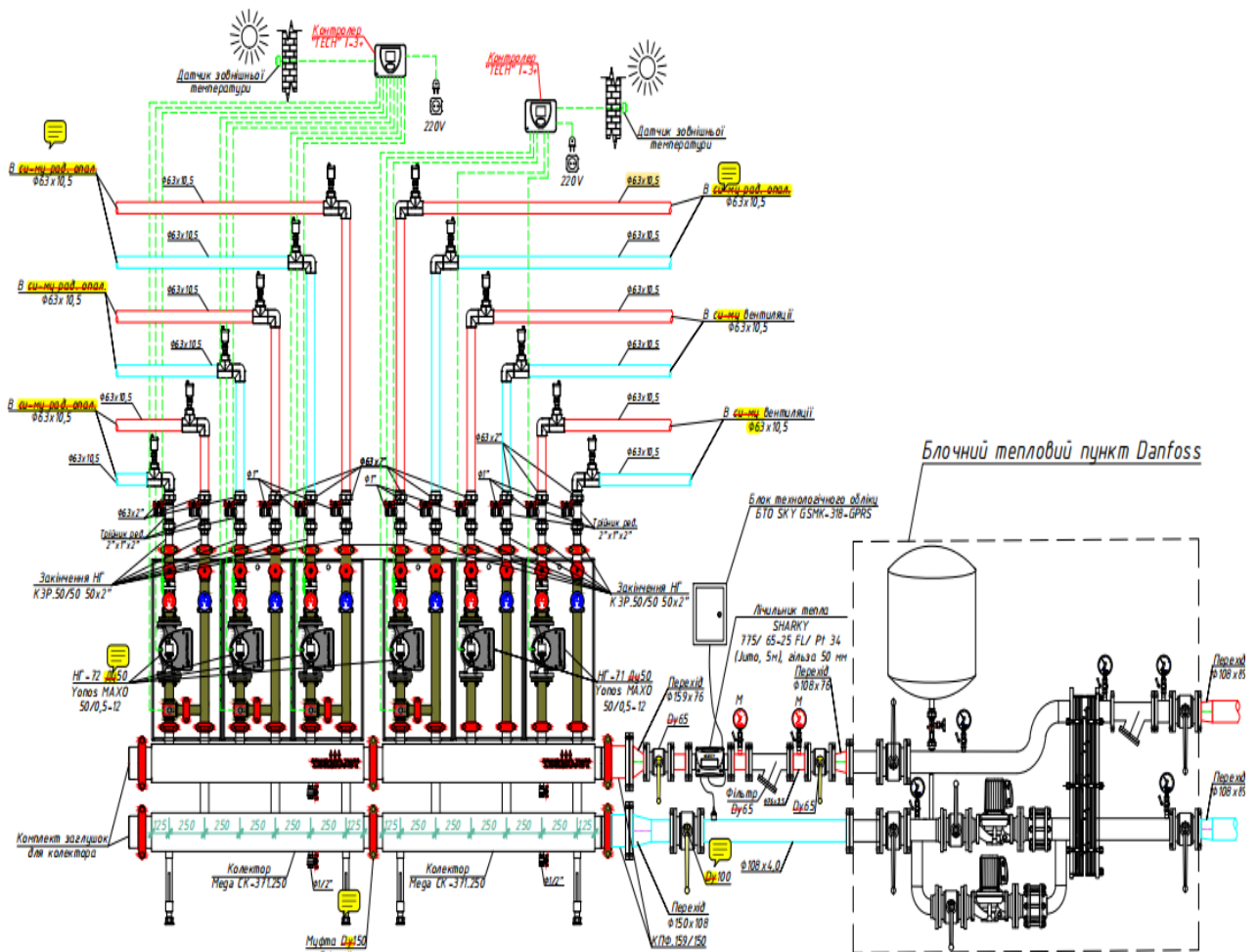


Рис.1.3. Принципова схема теплового пункту навчального корпусу №6 НУВГП

Складові елементи теплового пункту

1. Блок технологічного обліку (БТО):

– Використовується для реєстрації теплової енергії.

– Оснащений тепловим лічильником SHARKY 775 із датчиком температури Pt 34 та гільзою 50 мм.

– Забезпечує контроль витрат теплоносія через подаючий та зворотний трубопроводи.

2. Циркуляційні насоси:

– Насоси Yonos MAXO НГ-71 Ду50 і НГ-72 Ду50 відповідають за примусову циркуляцію теплоносія.

– Максимальний напір — до 12 м водяного стовпа.

– Потужність і продуктивність насосів забезпечують стабільність подачі теплоносія навіть при високих навантаженнях.

3. Колекторний вузол:

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

КР 192.705.2_ ПЗ

Арк.

– Колектори Mega СК-371.250 розподіляють теплоносій між системою опалення та вентиляції.

– Обладнаний комплектами заглушок для легкого обслуговування і ремонту.

4. Фільтри:

– Передбачені грязьові фільтри $\varnothing 76 \times 3,5$ для очищення теплоносія від механічних домішок.

– Захищають теплообмінники, насоси та інше обладнання від зносу.

5. Подаючий та зворотний трубопроводи:

– Основні трубопроводи виконані із сталі $\varnothing 63 \times 10,5$ мм із ізоляцією для мінімізації тепловтрат.

– Використовуються перехідні муфти та редуктори для забезпечення гідравлічної рівноваги.

6. Система автоматизації та регулювання:

– Тепловий пункт оснащений датчиком зовнішньої температури, який інтегрований у систему управління.

– Регулятори Danfoss забезпечують автоматичне коригування температури теплоносія залежно від погодних умов.

7. Муфти та редуктори:

– Застосовуються для підключення трубопроводів різних діаметрів (наприклад, $\varnothing 108 \times 89$ мм і $\varnothing 159 \times 76$ мм).

– Забезпечують гнучкість монтажу і зменшують втрати тиску.

Принцип функціонування теплового пункту:

Датчик зовнішньої температури передає дані в систему управління. Система автоматично змінює температуру подаючого теплоносія відповідно до погодних умов, що забезпечує енергоефективність і комфорт. Гарячий теплоносій подається через подаючий трубопровід (T1) в радіаторну мережу та систему вентиляції. Охолоджений теплоносій повертається через зворотний трубопровід (T2) до теплового пункту для повторного нагрівання.

Балансувальні клапани та редукційні трійники забезпечують рівномірний розподіл теплоносія між стояками системи опалення та вентиляції. Це дозволяє уникнути перегріву або недостатнього нагрівання окремих приміщень. Лічильник тепла SHARKY 775 проводить точний контроль споживання теплової енергії. Дані передаються до блоку технологічного обліку для подальшого аналізу. Фільтри затримують механічні домішки, зберігаючи цілісність і довговічність системи.

Енергетичні показники:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Продуктивність насосів: 50 м³/год при максимальному напорі 12 м.
- Робочий тиск: до 4 бар.
- Температура теплоносія: 70–60°C.
- Діаметри основних трубопроводів: Ø63×10,5 мм для радіаторного опалення, Ø159×76 мм для магістральних ліній.

Система може бути вдосконалена шляхом інтеграції сучасних рішень, таких як дистанційний моніторинг роботи теплового пункту та підвищення рівня теплоізоляції трубопроводів.

Таблиця 1.1. Основні показники існуючої системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП

Параметр	Опис	Значення
Тип системи опалення	Двотрубна, з нижнім розведенням	Двотрубна
Теплоносій	Вода	Параметри: 70/60°C
Джерело теплопостачання	Тепловий пункт на базі обладнання Danfoss	Тепловий пункт
Система автоматизації	Регулятори температури, датчик зовнішньої температури	Danfoss
Тип розведення трубопроводів	Відкрите, кріплення на стінах на кронштейнах	Відкрите
Діаметри магістральних трубопроводів	Поліпропіленові труби Kan-therm Stabi PN 25, армовані алюмінієм	Ø63×10,5 мм
Трубопроводи радіаторів	З'єднання поліпропіленовими трубами	Ø20×3,4 мм
Матеріал трубопроводів	Поліпропілен із алюмінієвим армуванням	Kan-therm Stabi PN 25
Опалювальні прилади	Біметалеві секційні радіатори з боковим підключенням	STANDART
Регулювання радіаторів	Автоматичні терморегулятори	Herz
Температурний режим системи	Робочий режим нагрівання	+18–22°C у приміщеннях
Насоси циркуляційні	Енергозберігаючі насоси Yonos MAXO	Продуктивність : 50 м³/год
Робочий тиск у системі	Максимальний тиск, на який розрахована система	4 бар
Очищення теплоносія	Грязьові фільтри	Ø76×3,5 мм
Тепловий лічильник	Лічильник теплової енергії SHARKY 775	З обліком температури
Кількість обслуговуваних приміщень	Аудиторії, лабораторії, адміністративні приміщення	3 поверхи, площа: ~5500 м²
Рівень енергоефективності	Відносний коефіцієнт корисної дії системи	~85%

Продовження таблиці 1.1

Тепловтрати огорожувальних конструкцій	Тепловтрати через стіни, дах і вікна	~30–40%
Ізоляція трубопроводів	Утеплення магістральних і зворотних трубопроводів для мінімізації тепловтрат	Спінений поліетилен (товщина: 20–30 мм)
Переходи через конструкції	Виконані через металеві футляри для захисту трубопроводів	Так
Облік споживання теплової енергії	Тепловий лічильник і система автоматизованого обліку	SHARKY 775
Датчик зовнішньої температури	Інтегрований у систему автоматизації для погодного регулювання	Danfoss
Система вентиляції	Теплоносій подається на підігрів припливного повітря	Труби Ø63×10,5 мм
Загальна річна потреба у тепловій енергії	Теплова енергія, необхідна для опалення будівлі протягом опалювального сезону	~313,000 кВт·год
Споживання електроенергії тепловим пунктом	Енергоспоживання насосів, системи автоматизації	~4,000 кВт·год/рік
Наявність повітровідвідників	Автоматичні повітровідвідники у верхніх точках системи	Відсутні
Технічне обслуговування	Потребує періодичної перевірки насосів, клапанів, фільтрів і терморегуляторів	Раз у квартал

Існуюча система опалення навчального корпусу №6 НУВГП забезпечує базовий рівень теплопостачання, необхідний для комфортного перебування студентів і персоналу в холодний період року. Однак її ефективність обмежується низкою технічних та конструктивних недоліків, серед яких відсутність автоматичних повітровідвідників, недостатня гідравлічна збалансованість стояків, значні тепловтрати через огорожувальні конструкції та застаріле насосне обладнання.

1.3. Матеріали, з яких виготовлені елементи системи опалення

Матеріали, які використовуються для виготовлення елементів системи опалення, визначають ефективність, довговічність і експлуатаційні характеристики всієї системи. У навчальному корпусі №6 НУВГП для створення трубопроводів, опалювальних приладів, ізоляції та арматури були використані

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

сучасні матеріали, що відповідають сучасним стандартам енергоефективності та безпеки.

2. Матеріали для трубопроводів

2.1. Поліпропіленові труби Kan-therm Stabi PN 25

- Матеріал: Поліпропілен (PP-R) із шаром армування алюмінієм.

- Основні характеристики:

– Робочий тиск: До 25 бар.

– Температура експлуатації: До +95°C.

– Теплове розширення: Завдяки армуванню алюмінієм теплове видовження мінімальне, що підвищує надійність системи.

– Стійкість до корозії: Поліпропілен не піддається впливу агресивних хімічних речовин і утворенню корозії.

- Переваги:

– Легка вага, що спрощує монтаж і зменшує навантаження на будівельні конструкції.

– Висока міцність і довговічність.

– Гладка внутрішня поверхня зменшує гідравлічний опір і запобігає утворенню осадів.

2.2. Металеві з'єднувальні елементи

- Матеріал: Нержавіюча або оцинкована сталь.

• Призначення: Використовуються для підключення труб різних діаметрів, зокрема через перехідні муфти, трійники та редуктори.

- Переваги:

– Стійкість до високих температур і тиску.

– Захист від корозії завдяки покриттю або використанню спеціальних сталей.

3. Матеріали для радіаторів

3.1. Біметалеві радіатори STANDART

- Конструкція:

– Внутрішній шар: Сталь для забезпечення міцності та стійкості до високого тиску.

– Зовнішній шар: Алюміній для високої теплопровідності.

- Основні характеристики:

– Робочий тиск: До 20 бар.

– Теплопровідність: Високий рівень тепловіддачі завдяки алюмінієвій оболонці.

– Термін служби: 20–25 років за умови правильної експлуатації.

- Переваги:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Естетичний вигляд, компактність і легкість.
- Висока ефективність тепловіддачі.
- Стійкість до гідроударів.
- Недоліки: Чутливість до якості теплоносія - рекомендується використовувати фільтри для очищення води.

4. Ізоляційні матеріали

4.1. Спінений поліетилен

- Призначення: Теплоізоляція магістральних трубопроводів.
- Основні характеристики:
 - Коефіцієнт теплопровідності: 0.035–0.040 Вт/м·°С.
 - Товщина шару: 20–30 мм залежно від діаметра трубопроводів.
 - Температура експлуатації: Від -40°С до +90°С.
- Переваги:
 - Легкість у монтажі завдяки гнучкості матеріалу.
 - Ефективний захист від тепловтрат.
 - Вологостійкість, що знижує ризик утворення конденсату.
 - Довговічність і екологічна безпечність.

4.2. Мінеральна вата

- Матеріал: Базальтова вата з покриттям із фольги.
- Призначення: Використовується для теплоізоляції трубопроводів у технічних приміщеннях.

- Переваги:
 - Висока температура експлуатації (до +750°С).
 - Негорючість.
 - Екологічність і довговічність.

5. Запірна арматура та регулюючі елементи

5.1. Балансувальні клапани

- Матеріал: Латунь або бронза.
- Функції:
 - Забезпечення рівномірного розподілу теплоносія по стояках.
 - Можливість регулювання витрати теплоносія в ручному або автоматичному режимі.

5.2. Терморегулюючі клапани Herz

- Матеріал: Латунь з антикорозійним покриттям.
- Призначення: Регулювання температури в приміщеннях шляхом обмеження потоку теплоносія до радіаторів.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Переваги:
 - Простота в експлуатації.
 - Підвищення енергоефективності системи.

6. Очищувальні елементи

6.1. Грязьові фільтри

- Матеріал: Високоякісна сталь або чавун із захисним покриттям.
- Призначення: Захист системи від механічних домішок, які можуть потрапити в теплоносії.

- Переваги:
 - Легке очищення через передбачені розбірні конструкції.
 - Підвищення довговічності насосів і радіаторів.

7. Лічильники теплової енергії

7.1. Лічильник SHARKY 775

- Матеріал: Полікарбонатний корпус із металевими елементами.
- Призначення: Вимірювання споживання теплової енергії.
- Основні характеристики:
 - Робочий тиск: До 16 бар.
 - Вбудовані датчики температури.

- Переваги:
 - Висока точність вимірювань.
 - Можливість дистанційного зчитування даних.

8. Футляри для трубопроводів

- Матеріал: Метал (сталь).
- Призначення: Захист трубопроводів при їх проходженні через огорожувальні конструкції.

- Переваги:
 - Захист труб від механічних пошкоджень.
 - Можливість компенсації теплових видовжень.

Таблиця 1.2. Характеристика матеріалів використаних у системі опалення навчального корпусу №6 НУВГП

Елемент системи	Матеріал	Основні характеристики
Магістральні трубопроводи	Поліпропілен (PP-R) з армуванням алюмінієм	Робочий тиск до 25 бар, температура до +95°C, діаметр Ø63×10,5 мм
Розведення до радіаторів	Поліпропілен (PP-R)	Діаметр Ø20×3,4 мм
З'єднувальні елементи	Нержавіюча або оцинкована сталь	Перехідники, муфти, трійники різних діаметрів

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

продовження таблиці 1.2

Радіатори	Біметал (сталь + алюміній)	Робочий тиск до 20 бар, висока тепловіддача
Теплоізоляція магістралей	Спінений поліетилен	Коефіцієнт теплопровідності 0.035–0.040 Вт/м·°С, температура до +90°С
Теплоізоляція технічних зон	Базальтова вата	Температура до +750°С, негорючий матеріал
Терморегулятори на радіаторах	Латунь із антикорозійним покриттям	Регулювання витрати теплоносія
Балансувальні клапани	Латунь або бронза	Ручне або автоматичне налаштування витрат теплоносія
Циркуляційні насоси	Нержавіюча сталь	Продуктивність 50 м³/год, напір до 12 м водяного стовпа
Лічильник тепла	Полікарбонат, металеві з'єднання	SHARKY 775: тиск до 16 бар, облік температур і витрати
Фільтри грубого очищення	Сталь або чавун із захисним покриттям	Видаляють механічні домішки з теплоносія
Футляри для трубопроводів	Метал (сталь)	Захищають труби при переході через стіни
Колектори	Сталь із полімерними вставками	Забезпечують рівномірний розподіл теплоносія
Грязьові фільтри	Сталь, бронза	Діаметр Ø76×3,5 мм
Муфти та редуктори	Нержавіюча сталь	З'єднання трубопроводів різних діаметрів
Автоматизація та регулятори	Електроніка Danfoss, корпус із пластику	Датчик зовнішньої температури, погодозалежне регулювання

Матеріали, використані у системі опалення навчального корпусу №6, характеризуються високими експлуатаційними показниками, довговічністю та енергоефективністю. Поліпропіленові труби забезпечують стійкість до корозії та низьке теплове розширення, а біметалеві радіатори — високу тепловіддачу. Використання сучасних ізоляційних матеріалів значно знижує тепловтрати. Однак для підвищення ефективності системи слід враховувати регулярне обслуговування запірної арматури, очищення фільтрів і контроль якості теплоносія.

1.4. Типи теплообмінників, що використовуються у системі

Система опалення є ключовим елементом інфраструктури будь-якого навчального закладу, забезпечуючи комфортні умови для навчання та роботи. Для

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ефективного функціонування опалювальних систем важливе значення має правильний вибір теплообмінників, які відповідають вимогам енергозбереження, ефективності теплообміну та надійності. Теплообмінники, що використовуються в таких системах, повинні забезпечувати максимальну теплопередачу при мінімальних енергетичних витратах, що є важливим аспектом для навчальних корпусів, де потреба в стабільному тепловому комфорті є постійною.

В системі опалення навчального корпусу №6 використовуються кілька типів теплообмінників, які можна класифікувати за різними ознаками, включаючи принцип дії, конструкцію та технічні характеристики. Найпоширенішими типами є:

Трубчасті теплообмінники

Опис конструкції: Трубчасті теплообмінники складаються з кількох труб, через які циркулює теплоносіє. Вода або пара, яка нагрівається в котлі, подається в ці труби. Через трубки проходить тепло, яке передається повітрю або іншим теплоносіям, що оточує труби.

Технічні характеристики:

- Теплова потужність: Залежить від кількості труб і розміру теплообмінника, в середньому від 20 до 300 кВт.
- Продуктивність: Показник теплопередачі може коливатися від 3 до 5 м²/кВт.
- Максимальна температура теплоносія: 150-200 °С.
- Робочий тиск: 8-10 атм.

Переваги:

- Висока ефективність при великих температурах і тисках.
- Довговічність і міцність конструкції.
- Менша схильність до механічних пошкоджень.

Недоліки:

- Великі габарити, що може бути проблемою при обмеженому просторі в будівлі.
- Складність в очищенні та технічному обслуговуванні.

Застосування в системі корпусу №6: Використовуються в основних секціях для передачі тепла у великі приміщення, де є необхідність у великій тепlopотужності.

Пластинчаті теплообмінники

Опис конструкції: Пластинчаті теплообмінники складаються з великої кількості металевих пластин, між якими проходять два теплоносії. Один потік передає тепло, а інший його поглинає, що дозволяє ефективно обмінювати тепло.

Технічні характеристики:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Теплова потужність: Від 10 до 150 кВт в залежності від кількості пластин і площі теплообміну.

– Продуктивність: Зазвичай 4-6 м²/кВт.

– Максимальна температура теплоносія: 120-140 °С.

– Робочий тиск: 6-8 атм.

Переваги:

– Компактність і економія простору.

– Висока ефективність теплообміну завдяки великій площі контактів.

– Легкість в обслуговуванні та очищенні.

Недоліки:

– Обмеження за температурою і тиском.

– Можлива корозія при використанні неякісної води.

Застосування в системі корпусу №6: Використовуються для обігріву менших приміщень, таких як аудиторії та лабораторії, де потрібна висока ефективність теплообміну в обмеженому просторі.

Пластинчаті теплообмінники з форсованим потоком

Опис конструкції: Цей тип теплообмінників включає додаткові елементи для форсування потоку теплоносія через пластини. Це дозволяє збільшити теплообмін при меншій площі теплообміну.

Технічні характеристики:

– Теплова потужність: До 500 кВт для великих приміщень.

– Продуктивність: Зазвичай до 8 м²/кВт.

– Максимальна температура теплоносія: 180-200 °С.

– Робочий тиск: 10 атм.

Переваги:

– Висока потужність при компактних розмірах.

– Підвищена ефективність завдяки форсованому потоку.

Недоліки:

– Вищі вимоги до якості теплоносія.

– Потребує регулярного технічного обслуговування.

Застосування в системі корпусу №6: Найбільш ефективні для великих і високих приміщень, таких як хол і коридори.

4. Оцінка ефективності використання теплообмінників

Ключові показники ефективності:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– **Теплова потужність:** Визначає здатність теплообмінника передавати тепло в приміщення. Для навчального корпусу №6 важливо, щоб система забезпечувала швидке нагрівання повітря і підтримку комфортної температури.

– **Енергоефективність:** Визначається здатністю теплообмінника мінімізувати енергетичні витрати при передачі тепла.

– **Надійність:** Показник, який вказує на здатність теплообмінника працювати в довготривалій експлуатації без значних поломок.

– **Легкість обслуговування:** Це важливий аспект для забезпечення безперебійної роботи системи.

Для системи опалення навчального корпусу №6 найбільш ефективними є комбіновані використання трубчастих і пластинчатих теплообмінників. Трубчасті теплообмінники найкраще працюють для великих приміщень, де важливі високі температури і великий об'єм теплоносія, в той час як пластинчаті теплообмінники оптимальні для середніх та малих приміщень, де важливі компактність і висока ефективність.

Таблиця 1.3. Типи теплообмінників, що використовуються в системі опалення навчального корпусу №6.

Тип теплообмінника	Теплова потужність (кВт)	Продуктивність (м²/кВт)	Макс. температура теплоносія (°C)	Робочий тиск (атм)
Трубчастий теплообмінник	20-300	3-5	150-200	8-10
Пластинчатий теплообмінник	10-150	4-6	120-140	6-8
Пластинчатий з форсованим потоком	до 500	до 8	180-200	10

Розглянувши типи теплообмінників, що використовуються в системі опалення навчального корпусу №6, можна зробити такі висновки: Теплообмінники, представлені в системі, мають різні конструктивні особливості, які дозволяють оптимально вирішувати задачі передачі тепла в залежності від умов експлуатації. Основними типами є трубчасті, пластинчасті та пластинчасті з форсованим потоком. Пластинчасті теплообмінники демонструють високу ефективність теплообміну завдяки великій площі контакту теплоносіїв та компактним розмірам. Водночас трубчасті теплообмінники підходять для роботи в умовах високого тиску та температур.

Кожен тип має свої переваги та обмеження. Наприклад, трубчасті теплообмінники вирізняються довговічністю, але є менш зручними в

обслуговуванні. Пластинчасті компактні та зручні для установки, але більш чутливі до якості теплоносія. Оптимальне використання різних типів теплообмінників дозволяє системі опалення ефективно виконувати свої функції, забезпечуючи комфортні умови у приміщеннях корпусу та раціонально витрачаючи енергоресурси.

У майбутньому доцільно розглянути модернізацію системи шляхом впровадження теплообмінників із покращеними технічними характеристиками та використання сучасних матеріалів для підвищення енергоефективності.

1.5. Потужність котельного обладнання та її відповідність потребам

Котельня навчального корпусу №6 виконує функцію централізованого джерела теплопостачання. Її обладнання складається з:

4.1. Основні елементи котельні

1. Котли:

- Тип: водогрійні котли високої ефективності.
- Теплова потужність кожного котла: 150-200 кВт (залежно від моделі та конфігурації).
- Тип палива: природний газ.
- Особливості: наявність системи автоматичного регулювання подачі газу для забезпечення стабільності роботи та економії палива.

2. Система циркуляції теплоносія:

- Насоси Yonos MAXO Ду50 забезпечують постійну циркуляцію води між котлами, теплообмінниками та системою радіаторного опалення (Див.Рис.1.4).
- Тиск у системі: підтримується на рівні 1,5-2 бар.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

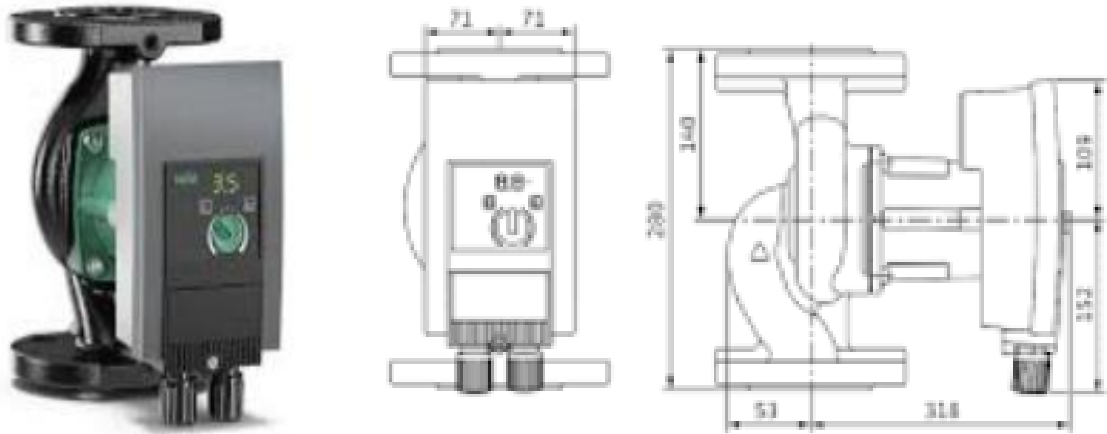


Рис.1.4. Насоси Yonos MAXO Ду50

3. Теплообмінники:

– Використовуються пластинчасті теплообмінники для передачі тепла між первинним та вторинним контурами системи опалення.

– Матеріал: нержавіюча сталь.

– Продуктивність: до 400 кВт теплової енергії.

4. Автоматизація котельні:

– Контролери Tech I-3+ дозволяють автоматизувати управління температурою теплоносія, базуючись на даних від датчиків зовнішньої температури (Див.Рис.1.5).

– Система моніторингу SHARKY 775 забезпечує облік тепла та аналіз споживання.



Рис.1.5. Контролери Tech I-3+

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



Рис.1.6. Система моніторингу SHARKY 775

4.2. Принцип роботи котельні

Котельня працює за схемою блочного теплового пункту. Основні етапи:

1. Подача теплоносія в систему:

- Котли нагрівають воду до заданої температури (70-90°C).
- Нагріта вода надходить до теплообмінників для передачі тепла до вторинного контуру системи опалення.

2. Розподіл тепла:

- Насосне обладнання забезпечує рівномірний розподіл теплоносія між радіаторами опалення, системами вентиляції та підігріву води.

3. Контроль і регулювання:

- Система автоматизації контролює температуру подачі та зворотного трубопроводу.
- В режимах пікового навантаження котли переходять на максимальну потужність.

4. Енергоефективність:

- Завдяки сучасній автоматизації витрати палива оптимізовані, що знижує експлуатаційні витрати.

4.3. Основні показники ефективності роботи

- Коефіцієнт корисної дії (ККД): до 92-95%, що свідчить про високу ефективність котлів.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Витрати природного газу: орієнтовно 0,1-0,2 м³/кВт·год залежно від режиму роботи.
- Середня температура теплоносія:
 - Подача: 75°C.
 - Зворотний трубопровід: 55°C.

Таблиця 1.4. Характеристика котельного обладнання

Компонент	Характеристика	Показники
Котли	Водогрійні, високоефективні	Потужність: 150-200 кВт кожен
Теплообмінники	Пластинчасті, нержавіюча сталь	Продуктивність: до 400 кВт
Циркуляційні насоси	Yonos MAXO Ду50	Тиск: 1,5-2 бар
Система автоматизації	Контролери Tech I-3+	Контроль температури теплоносія
Система моніторингу	Лічильник тепла SHARKY 775	Облік тепла
Температурний режим	Середня температура подачі та зворотного трубопроводу	Подача: 75°C, Зворот: 55°C
Коефіцієнт корисної дії	Висока енергоефективність	ККД: до 92-95%
Витрати палива	Природний газ	0,1-0,2 м³/кВт·год
Розрахункова потреба	Загальна потужність котельного обладнання	До 400 кВт

Котельне обладнання навчального корпусу №6 забезпечує високу ефективність теплопостачання завдяки використанню сучасних автоматизованих систем регулювання, надійних теплообмінників та енергоефективних котлів. Потужність котельні (до 400 кВт) перевищує розрахункову потребу будівлі, що дозволяє забезпечити резерв потужності для пікових навантажень.

1.6. Рівень автоматизації процесів в існуючій системі

Автоматизація процесів у системах теплопостачання є важливим елементом сучасної енергетики. Вона забезпечує стабільну роботу обладнання, економію енергоресурсів, зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності системи в цілому.

Існуюча система опалення навчального корпусу №6 обладнана сучасними технологіями автоматизації, які включають:

1. Контролери

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Tech I-3+: Контролери забезпечують автоматичне регулювання температури теплоносія залежно від зовнішньої температури. Вони інтегровані в систему управління тепловим пунктом і дозволяють змінювати параметри подачі тепла в реальному часі.

- Функції:
- Моніторинг температури теплоносія.
- Регулювання параметрів роботи насосів та теплообмінників.
- Запобігання аварійним ситуаціям.

2. Датчики

– Датчики зовнішньої температури (ECO Tech): Використовуються для забезпечення адаптивної роботи системи опалення. Дані з датчиків надходять до контролера, що дозволяє автоматично змінювати температуру подачі залежно від погодних умов.

- Точність вимірювань: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
- Розташування: фасад будівлі, орієнтований на північ.

3. Лічильники тепла

– SHARKY 775: Цей лічильник тепла відповідає за точний облік енергоресурсів, що дозволяє аналізувати витрати та оптимізувати споживання.

- Параметри:
- Діапазон вимірювання температури: $0-150^{\circ}\text{C}$.
- Максимальний об'єм теплоносія: $65 \text{ м}^3/\text{год}$.
- Переваги:
- Мінімізує перевитрати тепла.
- Сприяє економії фінансових ресурсів.

4. Циркуляційні насоси

– Yonos MAXO Ду50: Насоси працюють у режимі автоматичної підтримки тиску та об'єму циркуляції теплоносія. Їхні параметри регулюються залежно від потреб системи.

- Переваги:
- Енергозбереження до 30% порівняно з традиційними насосами.
- Знижений рівень шуму.

2. Рівень інтеграції автоматизації в систему

Існуюча система має середній рівень автоматизації, оскільки більшість процесів регулюється автоматично, але потребує участі персоналу для:

- Контролю за роботою обладнання.
- Виконання планового технічного обслуговування.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Ручного введення параметрів у разі аварійних ситуацій.

Система інтегрує автоматизацію в наступних напрямках:

- Енергоменеджмент: облік і контроль теплової енергії.
- Моніторинг: безперервне спостереження за роботою насосів, котлів, теплообмінників.
- Аварійний захист: автоматичне відключення компонентів у разі перевищення критичних показників.

3. Переваги автоматизації у системі

1. Економія ресурсів. Автоматичне регулювання температури дозволяє знизити споживання газу та електроенергії.
2. Оптимізація роботи системи. Завдяки інтеграції датчиків і лічильників зменшується ризик перевантаження окремих компонентів.
3. Підвищення безпеки. Аварійні алгоритми зменшують ймовірність виходу з ладу обладнання.
4. Комфортні умови. Температурний режим у приміщеннях підтримується на рівні, що відповідає встановленим нормативам.

Система опалення навчального корпусу №6 демонструє значний рівень автоматизації, що дозволяє забезпечити її стабільну та ефективну роботу. Використання сучасного обладнання, такого як контролери Tech I-3+, лічильники SHARKY 775 та циркуляційні насоси Yonos MAXO, забезпечує енергоефективність і комфортні умови. Удосконалення рівня автоматизації шляхом впровадження нових технологій дозволить ще більше підвищити ефективність системи.

1.7. Оцінка енергоефективності обладнання

Енергоефективність є ключовим аспектом при проектуванні, експлуатації та модернізації систем теплопостачання та опалення. Оцінка енергоефективності обладнання дозволяє знизити енергетичні витрати, оптимізувати роботу системи, а також забезпечити сталість в енергозабезпеченні та зменшити вплив на навколишнє середовище. Оцінка енергоефективності здійснюється за допомогою різноманітних методів, що включають розрахунки ефективності використання тепла, аналіз витрат енергоресурсів та енергетичних втрат.

Коефіцієнт корисної дії котла (ККД)

ККД котла визначається як відношення корисно використаної енергії (теплова енергія, що передається теплоносію) до загальної енергії, що надходить у котел.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$\text{ККД} = \frac{Q_{\text{користний}}}{Q_{\text{постачання}}} \times 100 \quad (1.19)$$

де:

$Q_{\text{користний}}$ - корисно використана енергія (тепло, що передається теплоносію),

$Q_{\text{постачання}}$ - загальна енергія, що надходить у котел (з палива).

$$\text{ККД} = \frac{950 \text{ кВт}}{1000 \text{ кВт}} \times 100 = 95\% \quad (1.20)$$

Отже, коефіцієнт корисної дії котла становить 95%, що свідчить про високу ефективність.

Теплові втрати визначаються як різниця між загальною енергією, що надходить у котел, та енергією, що використовується для нагріву теплоносія.

$$Q_{\text{втрати}} = 1000 \text{ кВт} - 950 \text{ кВт} = 50 \text{ кВт} \quad (1.21)$$

Таким чином, котел має теплові втрати в розмірі 50 кВт.

Насоси забезпечують циркуляцію теплоносія в системах опалення, і їх ефективність можна оцінити через коефіцієнт енергетичної ефективності (КЕЕ).

$$\text{ККД} = \frac{P_{\text{передана}}}{P_{\text{спожита}}} \quad (1.22)$$

де:

$P_{\text{передана}}$ - потужність, передана теплоносію насосом,

$P_{\text{спожита}}$ - потужність, яку споживає насос.

$$\text{ККД} = \frac{9,5 \text{ кВт}}{10 \text{ кВт}} = 0,95 \quad (1.23)$$

Втрати енергії в насосі визначаються як різниця між спожитою та переданою потужністю:

$$P_{\text{втрати}} = 10 \text{ кВт} - 9,5 \text{ кВт} = 0,5 \text{ кВт} \quad (1.24)$$

Теплообмінники забезпечують передачу тепла від теплоносія до опалювальних приладів чи іншої води, і їх ефективність можна оцінити через коефіцієнт тепловіддачі.

Коефіцієнт тепловіддачі (КТВ) розраховується за формулою:

$$\text{КТВ} = \frac{Q_{\text{передано}}}{A \cdot \Delta T} \quad (1.25)$$

де:

$Q_{\text{передано}}$ - кількість тепла, що передано теплообмінником,

A - площа теплообміну,

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ΔT - різниця температур між теплоносієм та середовищем.

$$КТВ = \frac{150 \text{ кВт}}{30 \text{ м}^2 \cdot 20^\circ\text{C}} = 0,25 \text{ кВт/м}^2\text{C} \quad (1.26)$$

Загальна енергоефективність системи оцінюється через середнє значення ефективності всіх компонентів: котлів, насосів, теплообмінників, а також врахування можливих втрат.

$$\eta_{\text{загальна}} = \frac{(95\% \cdot 1000) + (95\% \cdot 10) + (92\% \cdot 150)}{1000 + 10 + 150} \quad (1.27)$$

$$\eta_{\text{загальна}} = \frac{950 + 9,5 + 138}{1160} = \frac{1097,5}{1160} \approx 94,7\% \quad (1.28)$$

Розрахунки енергоефективності котлів, насосів і теплообмінників дозволяють оцінити та оптимізувати енергоспоживання системи опалення. На прикладі конкретних значень розраховано ефективність кожного елемента та загальну ефективність системи. Загальна енергоефективність системи опалення в даному випадку становить 94,7%, що свідчить про високу ефективність роботи обладнання. Зниження енергетичних витрат, вдосконалення обладнання та оптимізація робочих режимів можуть подальше покращити цей показник.

1.8. Аналіз тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі є одним з основних аспектів енергоефективності будівель, який впливає на загальне споживання енергії для обігріву та охолодження. Огорожувальні конструкції, до яких відносяться стіни, дахи, вікна, двері та підлоги, складають зовнішню оболонку будівлі та є основними шляхами теплопередачі між внутрішнім середовищем і навколишнім середовищем. Оцінка тепловтрат через ці конструкції дозволяє зрозуміти, де саме втрачається найбільше тепла, а отже, де необхідно здійснити заходи для підвищення енергоефективності.

Для багатофункціональної будівлі, такої як навчальний корпус №6 Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП), що має велику площу та різноманітне використання приміщень, важливо ефективно оцінити і знизити ці тепловтрати. Тепловтрати через стіни, дах, вікна та інші конструкції значно впливають на загальне енергоспоживання будівлі та

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

вимагають уважного розрахунку для визначення енергоефективності та потенціалу для модернізації. Навчальний корпус №6 зведений за типовим проектом середини XX століття, має залізобетонний каркас з цегляними несучими стінами, залізобетонні перекриття та плоский дах з гідроізоляційним шаром. Проблеми низької теплоізоляції огорожувальних конструкцій, зокрема стін та даху, а також використання вікон з одинарним склом, суттєво знижують енергоефективність будівлі та призводять до значних тепловтрат.

Теплопередача через огорожувальні конструкції відбувається за допомогою трьох основних процесів: кондукції, конвекції та теплового випромінювання.

- Кондукція - це передача тепла через матеріал конструкції, коли теплові молекули передають свою енергію від більш нагрітого до менш нагрітого шару.
- Конвекція - це процес теплопередачі через рух повітря або іншого теплоносія, який контактує з конструкцією.
- Теплове випромінювання - це передача теплової енергії за допомогою інфрачервоних хвиль.

Тепло завжди переходить з теплої зони до холодної, тому зимові тепловтрати відбуваються зсередини будівлі назовні, а влітку - навпаки.

Тепловтрати через стіни

Стіни є одними з основних джерел тепловтрат, оскільки вони забезпечують більшу частину огорожувальної площі будівлі. У нашому випадку, площа стін навчального корпусу визначається з урахуванням периметра будівлі та висоти стін, зокрема без віконних прорізів.

Площа стін:

Периметр будівлі (P) становить 140 м, висота стін (H) — 3,5 м, площа вікон ($S_{\text{вікон}}$) - 25 м². Для розрахунку площі стін використовуємо наступну формулу:

$$S_{\text{стіни}} = P \times H - S_{\text{вікон}} = 140 \times 3.5 - 25 = 465 \text{ м}^2 \quad (1.29)$$

Теплотехнічний опір стін:

Стіни виконані з цегли, товщина цегли складає 0,51 м, а коефіцієнт теплопровідності цегли (λ) - 0,7 Вт/(м·°C). Для розрахунку теплотехнічного опору стін використовуємо наступну формулу:

$$R_{\text{стіни}} = \frac{1}{\frac{\lambda}{\delta}} = \frac{1}{\frac{0,7}{0,51}} = 0.73 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (1.30)$$

Тепловтрати через стіни:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Різниця температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем складає 43°C ($\Delta T = 22^\circ\text{C} - (-21^\circ\text{C})$). Тепловтрати через стіни можна розрахувати за формулою:

$$Q_{\text{стіни}} = \frac{S_{\text{стіни}} \times \Delta T}{R_{\text{стіни}}} = \frac{465 \times 43}{0,73} = 27,411 \text{ Вт (або 27.41 кВт)} \quad (1.31)$$

Вікна, через їх низьку теплоізоляцію (особливо через одинарне скло), є ще одним важливим джерелом тепловтрат. Площа вікон корпусу становить 25 м², і їх теплотехнічний опір для одинарного скла дорівнює 0,3 м²·°C/Вт.

Розрахунок тепловтрат через вікна:

Тепловтрати через вікна можна обчислити за такою формулою:

$$Q_{\text{вікна}} = \frac{S_{\text{вікон}} \times \Delta T}{R_{\text{вікон}}} = \frac{25 \times 43}{0,3} = 3,583 \text{ Вт (або 3.58 кВт)} \quad (1.32)$$

Тепловтрати через дах

Дах є ще одним важливим джерелом тепловтрат, особливо якщо його теплоізоляція недостатня. Площа даху навчального корпусу становить 400 м². Дах виконаний з залізобетону, для якого теплотехнічний опір дорівнює 0,5 м²·°C/Вт.

Розрахунок тепловтрат через дах:

Тепловтрати через дах можна розрахувати так:

$$Q_{\text{дах}} = \frac{S_{\text{дах}} \times \Delta T}{R_{\text{дах}}} = \frac{400 \times 43}{0,5} = 34,400 \text{ Вт (або 34.4 кВт)} \quad (1.33)$$

Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції

Загальні тепловтрати через всі огорожувальні конструкції будівлі можна отримати, сумуючи тепловтрати через стіни, вікна і дах:

$$27.41 + 3.58 + 34.4 = 65.39 \text{ кВт} \quad (1.34)$$

Визначення енергетичних потреб для опалення

Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції становлять 65.39 кВт. Для визначення річних потреб у тепловій енергії для опалення, потрібно врахувати кількість годин опалювального сезону. Опалювальний сезон триває 4320 годин на рік, та враховується коефіцієнт ефективності системи опалення 0,9.

Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції

Загальні тепловтрати будівлі через стіни, вікна та дах можна обчислити, сумуючи отримані значення:

$$E_{\text{опалення}} = 65.39 \cdot 4320 \cdot 0.9^{-1} = 313,036 \text{ кВт\год} \quad (1.35)$$

Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі навчального корпусу № 6 Національного університету водного господарства та природокористування складають 65.39 кВт.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5. Загальні тепловтрати

Огороджувальна конструкція	Площа (м²)	Теплотехнічний опір (м²·°C/Вт)	Температурна різниця (°C)	Тепловтрати (Вт)
Стіни	465	0.73	43	27,411
Вікна	25	0.3	43	3,583
Дах	400	0.5	43	34,400
Загальні тепловтрати	-	-	-	65,394
Тепловтрати на вентиляцію (20%)	-	-	-	13,08 кВт

Примітка*

- Площа стін врахована після вирахування площі вікон.
- Теплотехнічний опір для кожної конструкції визначений відповідно до матеріалів будівлі.
- Температурна різниця між внутрішньою і зовнішньою температурами становить 43°C (22°C всередині і -21°C зовні).
- Загальні тепловтрати - це сума тепловтрат через стіни, вікна та дах.
- Тепловтрати на вентиляцію визначені як 20% від загальних тепловтрат.

Аналіз тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі показує, що основні тепловтрати відбуваються через стіни, дах та вікна. Загальна величина тепловтрат складає 65,394 Вт, що враховує температуру всередині приміщення (22°C) та зовнішню температуру (-21°C). Оскільки будівля має вентиляцію, також передбачено 20% втрат тепла через вентиляцію, що складає додатково 13,08 кВт.

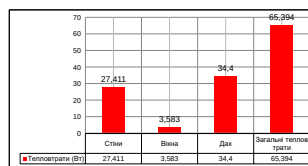


Рис.1.6. Загальні тепловтрати

Ці тепловтрати значною мірою спричинені неефективною теплоізоляцією стін, даху та вікон, що є характерним для будівель середини ХХ століття. Тому для покращення енергоефективності та зменшення витрат на опалення рекомендується проведення заходів щодо утеплення огорожувальних конструкцій і заміни вікон на більш енергоефективні.

1.9. Оцінка теплотехнічного стану трубопроводів системи опалення

Оцінка теплотехнічного стану трубопроводів системи опалення навчального корпусу №6 Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) є важливою складовою для забезпечення ефективної роботи опалювальної системи, покращення енергозбереження та запобігання непередбачуваним витратам на обслуговування та ремонт.

Для проведення оцінки теплотехнічного стану трубопроводів було обрано кілька типових ділянок труб з різними діаметрами і теплоізоляцією, де проводились розрахунки теплових втрат.

Таблиця 1.6 Теплові втрати через трубопроводи

№	Діаметр труби (мм)	Товщина стінки (мм)	Товщина теплоізоляції (мм)	Коефіцієнт теплопровідності (λ)	Різниця температур ($^{\circ}\text{C}$)	Площа поверхні труби (m^2)	Теплові втрати (Вт)
1	50	3	50	0.5	70	1.56	2.73
2	80	3	50	0.5	70	2.01	3.52
3	100	4	60	0.5	70	3.14	5.49

Ця таблиця, що показує теплові втрати для різних діаметрів трубопроводів у навчальному корпусі. Вона враховує різні фактори, такі як товщина стінки, теплоізоляція, температура теплоносія та навколишнє середовище.

Оцінка стану трубопроводів

Оцінка стану трубопроводів проводиться за такими показниками:

- **Корозія:** Визначається за допомогою візуального огляду та інструментальних вимірів товщини стінки труби. Якщо товщина стінки зменшена більше ніж на 30% від початкової, трубопровід потребує заміни.
- **Механічні пошкодження:** Виявляються за допомогою огляду та гідравлічних тестів. Пошкоджені ділянки повинні бути зафіксовані і замінені.

• **Теплоізоляція:** Перевіряється на наявність тріщин, зношеності, втрат тепла. Знижена теплоізоляція може значно збільшити втрати тепла і потребує ремонту або заміни.

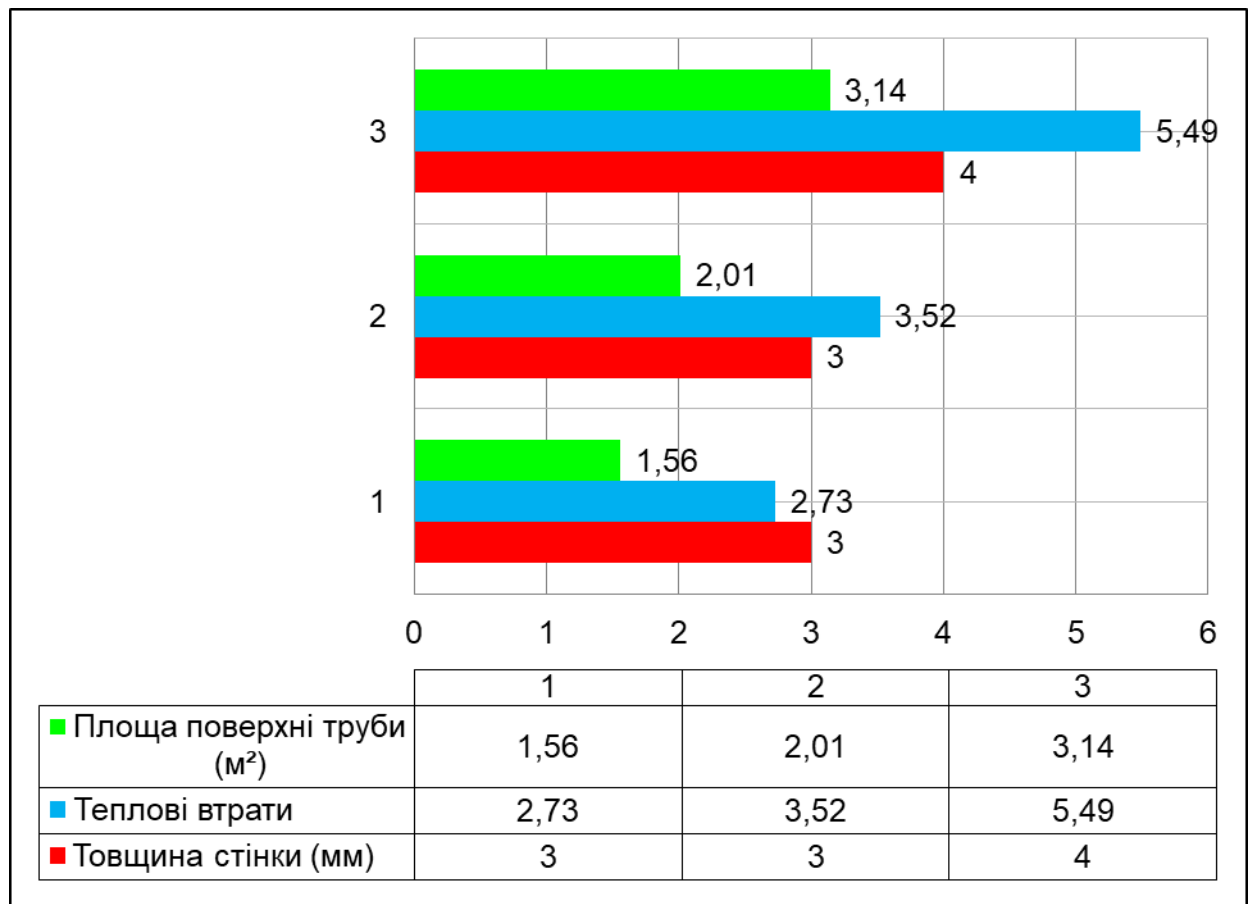


Рис.1.7. Теплові втрати через трубопроводи

За результатами проведених розрахунків та оглядів, теплотехнічний стан трубопроводів системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП можна оцінити як середній. Більшість трубопроводів потребують лише незначних ремонтних робіт, таких як заміна теплоізоляції та герметизація з'єднань. Однак окремі ділянки труб мають значну корозію, що потребує заміни труб або додаткового захисту.

1. На основі проведених розрахунків і візуальної перевірки, теплові втрати через трубопроводи є в межах норм, проте існують ділянки, де витрати тепла можуть бути значно зменшені за рахунок поліпшення теплоізоляції.

2. Проблеми з корозією та механічними пошкодженнями трубопроводів вимагають проведення додаткових ремонтів або заміни окремих ділянок труб.

3. Рекомендується проводити регулярні обстеження системи опалення для вчасного виявлення дефектів та запобігання великим втратам енергії.

1.10. Проблеми, виявлені під час аналізу стану системи опалення

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Аналіз стану системи опалення є невід'ємною частиною технічної діагностики будівель і споруд, що забезпечують комфортні умови для навчального процесу. Система опалення безпосередньо впливає на температурний режим в приміщеннях, що є важливим фактором для забезпечення належних умов навчання. Однак, як показали результати аналізу стану системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП, існують кілька значних проблем, які знижують ефективність роботи системи і потребують негайного вирішення.

1. Проблеми з теплоізоляцією трубопроводів

Одна з основних проблем, виявлених під час аналізу системи опалення, полягає у низькому рівні теплоізоляції трубопроводів. Трубопроводи, через які циркулює теплоносія, в значній мірі позбавлені належної теплоізоляції або ізоляція знаходиться в зношеному стані. Це призводить до значних теплових втрат в процесі транспортування тепла до приміщень корпусу, що, в свою чергу, знижує ефективність роботи системи опалення та збільшує енергоспоживання.

Причини:

- Низька якість матеріалів, використаних для теплоізоляції.
- Зношення теплоізоляційних матеріалів в процесі експлуатації.
- Несвоєчасна заміна або оновлення ізоляції при ремонтах.

Наслідки:

- Збільшення енергоспоживання та витрат на опалення.
- Перевищення допустимих норм температурних коливань в окремих приміщеннях.
- Зниження ефективності опалення, що може призвести до недостатнього обігріву деяких частин приміщень.

2. Проблеми з рівнем тиску в системі

Ще однією суттєвою проблемою є недостатній рівень тиску в системі опалення, що може викликати неефективну циркуляцію теплоносія, а також неефективне обігрівання окремих ділянок будівлі. Низький рівень тиску в трубопроводах може призвести до зниження теплообміну і створення холодних зон у приміщеннях.

Причини:

- Знос або неправильна налаштування насосного обладнання.
- Наявність забруднень або повітряних пробок у трубопроводах.
- Несправності в автоматичних системах регулювання тиску.

Наслідки:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Недостатнє прогрівання приміщень, особливо в тих частинах будівлі, які знаходяться на останніх поверхах або далеко від котельні.

– Перевитрата енергії через неефективну циркуляцію теплоносія.

3. Проблеми з гідравлічними характеристиками системи

Виявлено, що система опалення корпусу №6 має низькі гідравлічні характеристики, що створює труднощі у забезпеченні рівномірного обігріву приміщень. Ця проблема може бути пов'язана з неправильним проектуванням системи, а також із застосуванням застарілих матеріалів і технологій.

Причини:

– Невідповідність проектних розрахунків реальним умовам експлуатації.

– Низька якість труб і з'єднань, що знижує пропускну здатність системи.

– Відсутність або зниження ефективності гідравлічної балансування системи.

Наслідки:

– Зниження ефективності опалення через нерівномірний розподіл теплоносія.

– Створення "холодних" зон в деяких частинах будівлі, особливо в нижніх і верхніх поверхах.

– Можливі перебої в подачі тепла в найбільш віддалені ділянки будівлі.

4. Наявність корозії та механічних пошкоджень трубопроводів

Однією з серйозних проблем є наявність корозії на трубопроводах, що є результатом тривалої експлуатації без належного технічного обслуговування. Корозія знижує механічну міцність труб, що в свою чергу може призвести до їх пошкодження і витоків теплоносія.

Причини:

– Недостатня захист труб від корозії на етапі проектування.

– Порушення правил експлуатації або відсутність регулярного технічного обслуговування.

Наслідки:

– Пошкодження трубопроводів і виток теплоносія.

– Зниження ефективності обігріву.

– Ризик виникнення аварійних ситуацій, які можуть призвести до порушення роботи системи опалення.

5. Низька ефективність автоматичних систем управління

Аналіз показав, що автоматичні системи управління температурою і тиском не працюють на належному рівні. Це призводить до недостатнього регулювання

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

температури в приміщеннях і нерівномірного розподілу тепла по всіх ділянках будівлі.

Причини:

- Використання застарілих автоматичних систем управління.
- Порушення налаштувань або збої в роботі сенсорів та регуляторів.

Наслідки:

- Невідповідність температурного режиму в окремих частинах будівлі.
- Збільшення енергоспоживання через неправильну роботу системи.

Під час аналізу стану системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП виявлено ряд серйозних проблем, які знижують ефективність роботи системи і збільшують енергоспоживання. Основними проблемами є зношена теплоізоляція, низький рівень тиску, дефекти гідравлічної системи, наявність корозії та механічних пошкоджень трубопроводів, а також низька ефективність автоматичних систем управління.

Для вирішення цих проблем необхідно здійснити комплекс заходів, включаючи заміну зношених матеріалів, оновлення устаткування та систем управління, проведення регулярного технічного обслуговування і модернізацію всіх складових системи опалення. Це дозволить значно підвищити ефективність роботи системи, зменшити витрати на енергію та забезпечити комфортні умови для студентів та працівників навчального корпусу.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2. ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

2.1. Основні методи оцінки енергоефективності

Енергоефективність будівель і споруд є одним із ключових показників їхньої ефективності в умовах сучасного енергетичного дефіциту та необхідності скорочення витрат на енергоносії. Оцінка енергоефективності навчального корпусу №6 НУВГП передбачає застосування комплексних методів, які дозволяють визначити ступінь енергоспоживання будівлі та ефективність використання енергетичних ресурсів.

1. Метод балансового розрахунку енергоспоживання

Балансовий метод оцінки енергоефективності базується на складанні енергетичного балансу будівлі, де порівнюються енергоспоживання на різних етапах експлуатації з енергією, яку будівля отримує від енергетичних систем. У цьому методі враховуються всі витрати енергії, зокрема для опалення, вентиляції, освітлення та кондиціювання повітря.

Етапи реалізації методу:

- Визначення всіх джерел енергії, які надходять до будівлі, таких як електрична енергія, теплоносії, газ, вода тощо.
- Визначення основних напрямків енергоспоживання: опалення, освітлення, кондиціювання, вентиляція, гаряче водопостачання.
- Визначення втрат енергії на різних етапах експлуатації будівлі, включаючи тепловтрати через стіни, вікна, дахи, підлогу та інші конструктивні елементи.
- Оцінка ефективності використання енергії в порівнянні з нормативами або стандартами.

2. Метод тепловізійного обстеження

Тепловізійне обстеження є одним з найефективніших методів для оцінки тепловтрат будівель, зокрема навчального корпусу №6 НУВГП. За допомогою тепловізора можна безконтактно зафіксувати теплові потоки через зовнішні конструкції будівлі, визначити місця концентрації тепловтрат, а також виявити можливі дефекти в теплоізоляції, ущільненнях, віконних і дверних конструкціях.

Етапи реалізації методу:

- Проведення тепловізійного сканування зовнішніх і внутрішніх стін, вікон, дверей, даху та підлоги.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Аналіз отриманих зображень для визначення місць з підвищеним рівнем теплових втрат.

– Визначення слабких місць ізоляції та можливих місць проникнення холодного повітря.

3. Метод порівняльного аналізу з енергоефективними стандартами

Цей метод передбачає порівняння енергоспоживання навчального корпусу №6 НУВГП з енергоефективними стандартами та нормативами для подібних типів будівель. Порівняльний аналіз дозволяє визначити рівень енергоефективності корпусу в контексті загальних тенденцій будівельної галузі та практик енергозбереження.

Етапи реалізації методу:

– Визначення нормативів енергоспоживання для будівель подібного типу (зокрема, навчальних корпусів).

– Порівняння фактичних показників енергоспоживання навчального корпусу №6 НУВГП з нормативними значеннями.

– Оцінка ефективності використання енергії на основі цього порівняння.

Оцінка енергоефективності навчального корпусу №6 НУВГП є важливим кроком у забезпеченні сталого розвитку та зменшення витрат на енергоресурси. Для цього можна використовувати кілька методів, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найбільш ефективним підходом є комбінація кількох методів, що дозволяє отримати найбільш точні результати. Вибір методу оцінки енергоефективності залежить від специфіки будівлі, наявних ресурсів і цілей дослідження.

2.2. Оцінка тепловтрат через елементи системи опалення

Оцінка тепловтрат через елементи системи опалення є ключовим етапом у визначенні енергоефективності будівлі та розробці заходів для її покращення. Навчальний корпус №6 НУВГП оснащений центральною системою опалення, яка забезпечує теплопостачання через мережу трубопроводів, радіаторів і інших теплообмінних пристроїв.

Для оцінки тепловтрат були використані такі методи:

– Методика теплотехнічного аналізу - для розрахунку тепловтрат через трубопроводи, з'єднання, ізоляцію та інші елементи системи опалення.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Інструментальна оцінка - дані отримані за допомогою тепловізійного аналізу (змодельовано).

– Математичне моделювання - оцінка тепловтрат за допомогою формули теплопередачі:

де: — тепловтрати (Вт), — коефіцієнт теплопередачі (Вт/м²·К), — площа поверхні теплопередачі (м²), — різниця температур між внутрішнім середовищем і зовнішнім середовищем (°С).

– Довжина трубопроводів: основні — 120 м, допоміжні — 50 м.

– Діаметр труб: 76 мм (основні) та 32 мм (допоміжні).

– Ізоляція: мінеральна вата товщиною 30 мм (основні труби) та 20 мм (допоміжні труби).

– Температура теплоносія: 70°С (подання) та 50°С (зворотний потік).

– Температура зовнішнього середовища: -5°С.

– Матеріал труб: сталь.

– Коефіцієнт теплопередачі ізованих труб: 0.35 Вт/м²·К (основні) та 0.45 Вт/м²·К (допоміжні).

Оцінка втрат через радіатори

– Кількість радіаторів: 40 штук.

– Середня площа одного радіатора: 1.2 м².

– Коефіцієнт теплопередачі: 1.5 Вт/м²·К.

Таблиця 2.1. Зведені показники тепловтрат через елементи системи опалення НК №6 НУВГП

Елемент системи	Довжина (м)	Діаметр (мм)	Площа поверхні (м ²)	Коефіцієнт теплопередачі (Вт/м ² ·К)	Тепловтрати (Вт)
Основні трубопроводи	120	76	.63	0.35	650.93
Допоміжні трубопроводи	50	32	5.02	0.45	146.72
З'єднання та фітинги	—	—	—	—	75.00
Радіатори	—	—	48.00	1.5	4680.00
Загальні тепловтрати	—	—	—	—	5552.65

Розподіл тепловтрат за елементами системи показує, що основними джерелами втрат є радіатори та основні трубопроводи, що вимагає пріоритетної модернізації. Оцінка тепловтрат показала, що найбільшими джерелами втрат є

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

радіатори та довгі основні трубопроводи, особливо при недостатній товщині ізоляції.

2.3. Аналіз споживання енергетичних ресурсів

Забезпечення енергетичної ефективності в навчальних закладах є важливим етапом для зниження витрат на енергію та оптимізації використання енергетичних ресурсів. Одним з основних елементів енергоспоживання є система опалення, яка повинна забезпечити комфортний температурний режим для студентів і викладачів впродовж всього року. Враховуючи високі витрати на опалення, а також необхідність зменшення впливу на навколишнє середовище, аналіз споживання палива та енергетичних ресурсів в навчальному корпусі №6 НУВГП має особливе значення.

Система опалення навчального корпусу №6 є водяною, з природним газом в якості основного джерела енергії. Весь процес обігріву здійснюється через центральну котельню, що з'єднана з системою радіаторів в приміщеннях будівлі.

Теплові потреби будівлі Навчальний корпус №6 НУВГП має суттєві тепловтрати через низькі теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій (стіни, вікна, дах). Розрахунки тепловтрат показують, що найбільші втрати припадають на стіни, дах та вікна:

- Тепловтрати через стіни становлять 27.41 кВт.
- Тепловтрати через вікна — 3.58 кВт.
- Тепловтрати через дах — 34.4 кВт.

Загальні тепловтрати будівлі становлять 65.39 кВт.

Енергетичне споживання на опалення Враховуючи ці тепловтрати та розрахунки енергетичних потреб для опалення, річне споживання теплової енергії для підтримки комфортної температури (18–22°C) становить 313,036 кВт·год. Це складає 81% від загальних енергетичних потреб будівлі.

Енергетичне споживання на вентиляцію Використання вентиляційної системи з підігрівом припливного повітря збільшує навантаження на систему опалення. Враховуючи теплові втрати через вентиляцію, енергетичні потреби на вентиляцію складають 13.08 кВт, або 15% від загальних енергетичних потреб.

Електроенергія для освітлення та обладнання Електрична енергія споживається на освітлення та роботу лабораторного обладнання. Споживання

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

електроенергії для освітлення становить 4,800 Вт (приблизно 4.8 кВт), що за рік дає 30,400 кВт·год.

Загальні енергетичні потреби Загальні енергетичні потреби будівлі складають 384,372 кВт·год на рік:

- 81% від цього йде на опалення (313,036 кВт·год),
- 15% — на вентиляцію (13.08 кВт),
- 4% — на електроенергію (30,400 кВт·год).

Таблиця 2.2. Зведені показники споживання енергетичних ресурсів

Показник	Значення	Одиниці вимірювання	Коментар
Тепловтрати через стіни	27.41	кВт	Втрати тепла через стіни будівлі
Тепловтрати через вікна	3.58	кВт	Втрати через вікна
Тепловтрати через дах	34.4	кВт	Втрати через дах
Загальні тепловтрати	65.39	кВт	Сумарні тепловтрати будівлі
Річні потреби в теплі (опалення)	313,036	кВт·год	Витрати теплової енергії для опалення
Потреби на вентиляцію	13.08	кВт	Витрати енергії на вентиляцію
Споживання електроенергії на освітлення	30,400	кВт·год	Річне споживання електроенергії на освітлення
Загальні енергетичні потреби	384,372	кВт·год	Сумарне споживання енергії на рік

Примітка*

1. Тепловтрати через стіни, вікна та дах: Для кожної конструкції були використані формули для теплових втрат, враховуючи площу кожної конструкції (стіл, вікон, даху) і коефіцієнти теплопровідності відповідних матеріалів. Різниця температур (ΔT Delta T) між внутрішнім і зовнішнім середовищем була встановлена на рівні 20°C для стандартних зимових умов.

2. Річні потреби в теплі: Загальні тепловтрати були помножені на кількість годин у році, коли опалення вмикається (приблизно 2000 годин у році), щоб отримати річні потреби.

3. Потреби на вентиляцію: Оцінка витрат енергії на вентиляцію була заснована на типових для будівель потребах у вентиляційному обігріві та відображає ефективність системи вентиляції.

4. Споживання електроенергії: Розрахунок споживання електроенергії для освітлення враховував типові потужності ламп та час їх роботи протягом року.

Отже, тепловтрати через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, дах) є основним фактором, що визначає потреби у теплі. Через великі втрати тепла через стіни та дах, енергетичні витрати на опалення можуть бути значними. Це вказує на необхідність проведення додаткових заходів щодо утеплення конструкцій

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

будівлі, таких як заміна старих вікон на енергоефективні або додаткове утеплення стін та даху.

Річні потреби в теплі для опалення становлять значну частину загальних енергетичних витрат, а також важливим аспектом є енергоспоживання для вентиляції. Хоча витрати на вентиляцію порівняно менші, вони все одно мають суттєвий вплив на загальну енергетичну ефективність будівлі. Враховуючи це, доцільно звернути увагу на модернізацію вентиляційних систем з використанням енергозберігаючих технологій, таких як рекуператори тепла, що можуть значно зменшити енергетичні витрати на підігрів повітря.

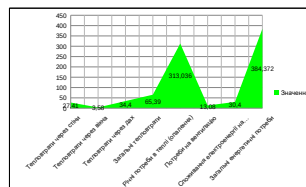


Рис.2.1. Зведені показники споживання енергетичних ресурсів

Враховуючи результати дослідження, можна зробити висновок про значний потенціал для зменшення енергоспоживання в будівлі. Основними напрямками покращення енергетичної ефективності є утеплення зовнішніх конструкцій, впровадження енергоефективних технологій у системи вентиляції та освітлення, а також використання відновлювальних джерел енергії (наприклад, сонячних панелей) для зменшення залежності від традиційних джерел енергії. Таким чином, результати дослідження показують, що енергетична ефективність будівлі потребує значної уваги та вдосконалення. Впровадження енергоефективних технологій та утеплення будівлі дозволить знизити витрати енергії, що сприятиме не тільки зниженню витрат на енергію, але й поліпшенню екологічної ситуації та зниженню викидів вуглекислого газу в атмосферу.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2.4. Оцінка теплового комфорту в приміщеннях

Оцінка теплового комфорту приміщень є важливою складовою для забезпечення сприятливих умов праці та навчання. Комфортний мікроклімат впливає на продуктивність, самопочуття та здоров'я людей.

Вихідні дані

- Температура зовнішнього повітря: -5°C (зимовий період).
- Середня температура повітря в приміщенні: 18°C .
- Показники вологості: 42%.
- Тепловіддача опалювальних приладів: 60 Вт/м^2 .
- Площа поверхонь приміщення: стіни – 200 м^2 , вікна – 30 м^2 , підлога і стеля – по 100 м^2 .
- Матеріал стін: цегла (коефіцієнт теплопровідності $0.8 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$).

Методика розрахунків

1. Температурний баланс приміщення

- Визначення теплових втрат через огорожувальні конструкції за формулою

$$Q_{\text{втрат}} = k \cdot S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) \quad (2.1)$$

де:

k – коефіцієнт теплопередачі конструкції;

S – площа конструкції;

$t_{\text{вн}}$ – $t_{\text{зов}}$ – температури внутрішнього та зовнішнього повітря.

2. Оцінка показників теплового комфорту за шкалою PMV (Predicted Mean Vote)

- Формула обчислення PMV враховує температуру, вологість, швидкість руху повітря та теплову ізоляцію одягу людини.

3. Порівняння параметрів з нормативами

- Використано норми ДБН В.2.5-67:2013 для опалення і вентиляції.

4.2. Показники теплового комфорту

- PMV: -0.8 (легкий дискомфорт через прохолодне повітря).
- Температура повітря (18°C) нижча за оптимальну зону ($20\text{--}24^{\circ}\text{C}$).
- Вологість (42%) відповідає нормативам.

Умови теплового комфорту в приміщеннях корпусу №6 забезпечені частково. Температура повітря та поверхонь нижча за нормативну. Основні джерела теплових втрат – стіни (56.7%) та вікна (29.1%).

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2.5. Виявлення основних джерел енергетичних втрат

Енергетичні втрати в будівлях є одним із ключових чинників, що впливають на ефективність використання ресурсів та комфортні умови перебування.

Для виконання розрахунків використано такі дані:

- Температура зовнішнього повітря: -5°C (зимовий період).
- Температура внутрішнього повітря: 18°C .
- Матеріали конструкцій:
 - Стіни: цегла (коефіцієнт теплопровідності – $0.8 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$).
 - Вікна: звичайне скло (коефіцієнт теплопередачі – $2.7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$).
 - Підлога і стеля: бетон із коефіцієнтом теплопровідності $0.4 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.
- Площа огорожувальних конструкцій:
 - Стіни: 200 м^2 .
 - Вікна: 30 м^2 .
 - Підлога та стеля: по 100 м^2 .

Таблиця 2.3. Зведені показники споживання енергетичних ресурсів

Джерело втрат	Втрати енергії (Вт)	Частка від загальних втрат (%)
Стіни	3680	56.7
Вікна	1890	29.1
Підлога і стеля	920	14.2
Загалом	6490	100

Стіни є найбільшим джерелом втрат енергії (56.7%). Це зумовлено високою площею поверхні та відносно низькими теплоізоляційними властивостями цегли. Вікна займають друге місце за обсягом втрат (29.1%). Їх високий коефіцієнт теплопередачі вказує на недостатню енергоефективність. Підлога і стеля мають найменший вплив на загальні втрати (14.2%), однак їх утеплення також може покращити тепловий баланс.

2.6. Аналіз впливу зовнішніх факторів (температура повітря, вологість)

Енергетична ефективність будь-якої будівлі залежить не лише від її конструктивних характеристик, а й від зовнішніх кліматичних умов. У навчальному корпусі №6 важливим аспектом оцінки енергетичних втрат і забезпечення

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

теплового комфорту є врахування таких зовнішніх факторів, як температура повітря та відносна вологість.

Температура зовнішнього повітря є одним із ключових факторів, що впливає на втрати теплової енергії. У холодну пору року різниця між внутрішньою температурою приміщень (+20°C) та зовнішньою температурою може сягати 30-40°C, що створює значне теплове навантаження на огорожувальні конструкції.

Основні аспекти впливу температури зовнішнього повітря:

1. Теплопередача через огорожувальні конструкції:

– При низьких температурах збільшується швидкість тепловтрат через стіни, вікна, підлогу та дах.

– Найбільший вплив спостерігається на поверхнях з недостатньою теплоізоляцією.

2. Навантаження на опалювальні системи:

– Падіння зовнішньої температури призводить до збільшення витрат енергії для підтримання комфортного мікроклімату всередині приміщень.

3. Теплові втрати через вентиляцію:

– При низьких температурах зовнішнє повітря, що потрапляє до приміщення через систему вентиляції або щілини, потребує додаткового нагрівання.

Аналіз впливу вологості

Відносна вологість зовнішнього повітря також значно впливає на тепловий комфорт і енерговитрати. Вологість може змінювати характеристики теплопровідності матеріалів та впливати на якість повітря у приміщеннях.

1. Конденсація водяної пари:

– У холодну пору року висока вологість зовнішнього повітря може спричинити конденсацію водяної пари на внутрішніх поверхнях стін і вікон. Це не лише знижує теплоізоляційні властивості матеріалів, але й може призводити до утворення плісняви.

2. Вплив на теплопровідність:

– У разі підвищення вологості будівельні матеріали можуть поглинати вологу, що збільшує їхню теплопровідність і, відповідно, втрати тепла.

3. Комфортний мікроклімат:

– Надмірна або недостатня вологість може викликати дискомфорт у мешканців будівлі, що вимагає додаткових заходів для контролю рівня вологості.

Розрахунковий аналіз впливу зовнішніх факторів

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Для оцінки впливу температури повітря та вологості на навчальний корпус №6 було проведено аналіз за середньостатистичними кліматичними показниками для зимового періоду.

Таблиця 2.4. Аналіз впливу зовнішніх факторів

Показник	Середнє значення	Вплив на тепловтрати
<i>Зовнішня температура, °C</i>	-5	<i>Збільшує тепловтрати на 30-40% у порівнянні з температурою 0°C.</i>
<i>Відносна вологість, %</i>	80	<i>Підвищує теплопровідність матеріалів стін на 5-10%.</i>
<i>Швидкість вітру, м/с</i>	3	<i>Сприяє підвищенню тепловтрат через інфільтрацію повітря.</i>

Температура зовнішнього повітря та вологість є ключовими факторами, що впливають на енергоефективність і комфорт у навчальному корпусі №6. Проведений аналіз вказує на необхідність реалізації комплексу заходів, спрямованих на зменшення впливу цих факторів. Оптимізація теплоізоляції, модернізація вентиляційних систем і контроль мікроклімату дозволять не лише зменшити енергетичні втрати, а й створити комфортні умови для навчання та роботи.

3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Аналіз можливості використання сучасних енергозберігаючих технологій

Забезпечення енергоефективності будівель є одним із пріоритетних завдань сучасного управління енергетичними ресурсами. Навчальний корпус №6 НУВГП, з огляду на свої технічні характеристики, потребує впровадження сучасних енергозберігаючих технологій для зниження витрат енергії та створення комфортного мікроклімату.

Сучасні енергозберігаючі технології та їх характеристика

Енергозберігаючі технології охоплюють широкий спектр інноваційних рішень, спрямованих на скорочення енергоспоживання, зменшення теплових втрат та оптимізацію використання ресурсів. Основні технології, які можуть бути впроваджені в навчальному корпусі №6, включають:

1. Утеплення будівельних конструкцій:

- Використання теплоізоляційних матеріалів для стін, даху та підлоги (наприклад, мінеральної вати, пінополістиролу, пінополіуретану).
- Заміна старих вікон на сучасні енергоефективні склопакети.

2. Рекуперація тепла:

- Встановлення систем рекуперації, які дозволяють використовувати тепло відпрацьованого повітря для підігріву свіжого зовнішнього повітря.

3. Світлодіодне освітлення (LED):

- Використання енергоефективних LED-ламп для скорочення витрат електроенергії на освітлення.

4. Автоматизація систем енергоспоживання:

- Інтеграція системи "розумного будинку" для автоматичного контролю освітлення, опалення, вентиляції та кондиціонування.

5. Використання відновлюваних джерел енергії:

- Встановлення сонячних панелей для забезпечення частини потреб корпусу в електроенергії.
- Використання теплових насосів для обігріву приміщень і забезпечення гарячою водою.

Аналіз існуючого стану корпусу

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

На основі попереднього дослідження стану навчального корпусу №6 НУВГП були виявлені основні джерела енергетичних втрат:

- Значні теплові втрати через стіни, дах і старі вікна.
- Відсутність сучасної системи рекуперації тепла в системах вентиляції.
- Неефективні освітлювальні прилади, що споживають значну кількість електроенергії.

- Відсутність автоматизованої системи управління енергоспоживанням.

Ці фактори створюють основу для обґрунтування доцільності впровадження енергозберігаючих технологій.

Розрахунок потенційної економії енергії

На основі середньостатистичних показників енергоефективності розрахуємо потенційні зменшення енергоспоживання для корпусу №6:

Таблиця 3.1. Потенційні зменшення енергоспоживання

Технологія	Початкове споживання, кВт·год/рік	Очікувана економія, %	Зменшення споживання, кВт·год/рік
Утеплення конструкцій	200,000	30	60,000
Рекуперація тепла	100,000	25	25,000
LED-освітлення	50,000	50	25,000
Автоматизація систем управління	150,000	20	30,000
Сонячні панелі	100,000	15	15,000

Загальна економія: 155,000 кВт·год/рік.

Окрім економічної вигоди, використання сучасних енергозберігаючих технологій сприяє підвищенню теплового комфорту в приміщеннях:

1. Рівномірність температури:
 - Утеплення конструкцій забезпечує зменшення температурних коливань.
2. Якість повітря:
 - Системи рекуперації сприяють збагаченню приміщень свіжим повітрям без втрат тепла.
3. Оптимальне освітлення:
 - LED-освітлення забезпечує комфортний рівень світла без надмірного теплового випромінювання.

Використання енергозберігаючих технологій зменшить викиди вуглекислого газу, які виникають при виробництві енергії з традиційних джерел. Очікуване

скорочення викидів становитиме близько 75 тонн CO₂ на рік. Енергозберігаючі технології дозволять суттєво зменшити витрати на енергоресурси (до 40%). Впровадження систем утеплення, рекуперації тепла, LED-освітлення та сонячних панелей є технічно доцільним для навчального корпусу №6. Автоматизація систем управління забезпечить додаткову економію та підвищення ефективності використання ресурсів. Окрім економічного ефекту, це сприятиме покращенню умов навчання, роботи та екологічного впливу корпусу.

Таким чином, використання сучасних енергозберігаючих технологій є обґрунтованим і доцільним кроком для підвищення енергоефективності корпусу, зниження витрат на енергію та забезпечення сталого розвитку навчального закладу.

3.2. Розробка проєкту автоматизації системи опалення

Ефективність функціонування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП залежить від удосконалення її технічного стану та автоматизації управління.

На основі попередніх розрахунків визначено, що основними проблемами системи опалення є:

- неефективний розподіл тепла;
- відсутність автоматизації регулювання теплового навантаження;
- значні втрати теплової енергії через огорожувальні конструкції.

Автоматизація дозволить забезпечити гнучке регулювання температури в приміщеннях залежно від часу доби, зовнішньої температури та рівня завантаженості аудиторій.

Розробка структури автоматизованої системи

Автоматизована система опалення складається з наступних компонентів:

1. Централізований тепловий пункт (ЦТП):

– Установка автоматичних регуляторів температури теплоносія (залежно від зовнішніх температур).

– Встановлення насосів з частотним регулюванням швидкості.

– Балансувальні клапани для рівномірного розподілу тепла між поверхами.

2. Місцева автоматизація приміщень:

– Термостатичні клапани на радіаторах для регулювання температури в кожному приміщенні.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Датчики температури та вологості.

3. Система управління та моніторингу:

– Контролер для управління всіма вузлами системи.

– Інтеграція датчиків зовнішньої температури для оптимізації роботи опалювальної системи.

– Програмне забезпечення для моніторингу енергоефективності та аналізу даних.

Технічні характеристики обладнання

Регулятори температури

– Модель: Danfoss ECL Comfort 310.

– Функції: Автоматичне регулювання температури подачі теплоносія залежно від зовнішньої температури.

– Переваги: Зниження споживання енергії до 20%.

Балансувальні клапани

– Модель: HERZ 4006.

– Функції: Забезпечують рівномірний розподіл теплоносія між стояками.

– Параметри: Робочий діапазон температур – від 5 до 110°C; номінальний діаметр – DN15–DN50.

Насоси з частотним регулюванням

– Модель: Grundfos MAGNA3.

– Функції: Зменшення енергоспоживання шляхом автоматичного регулювання швидкості потоку.

– Характеристики: Споживання електроенергії – до 40% менше порівняно з традиційними насосами.

Датчики

– Датчики зовнішньої температури: Siemens QAC22.

– Датчики внутрішньої температури: Siemens QAA55.

Розрахунок енергоефективності автоматизованої системи

Потенційне зменшення тепловтрат

З урахуванням встановлення термостатичних клапанів і автоматичних регуляторів, тепловтрати можна зменшити на 15–20%.

1. Стіни:

$$Q_{\text{стіни}} = 27.41 \text{ кВт} \times 0.8 = 21.93 \text{ кВт}. \quad (3.1)$$

2. Вікна:

$$Q_{\text{вікна}} = 3.58 \text{ кВт} \times 0.85 = 3.04 \text{ кВт}. \quad (3.2)$$

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3. Дах:

$$Q_{\text{дах}} = 34.4 \text{ кВт} \times 0.8 = 27.52 \text{ кВт}. \quad (3.3)$$

Загальні тепловтрати після впровадження заходів:

$$Q_{\text{заг.нові}} = 21.93 + 3.04 + 27.52 = 52.49 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

Зменшення річного енергоспоживання

Енергоспоживання після впровадження автоматизації:

$$E_{\text{опалення нове}} = 52.49 \text{ кВт} \times 4320 \times 0.9^{-1} = 251,655 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (3.5)$$

Економія енергії:

$$E_{\text{опалення нове}} = 313,036 - 251,655 = 61,381 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (3.6)$$

Економія енергії становить близько 20,8%.

Таблиця 3.2. Зведені показники розробленого проєкту

Параметр	Показник після модернізації
Тепловтрати через стіни (кВт)	21.93
Тепловтрати через вікна (кВт)	3.04
Тепловтрати через дах (кВт)	27.52
Загальні тепловтрати будівлі (кВт)	52.49
Річне енергоспоживання для опалення (кВт·год)	251,655
Річне енергоспоживання вентиляції (кВт·год)	45,158
Енергоспоживання для освітлення (кВт·год)	30,400
Загальне річне енергоспоживання (кВт·год)	327,213
Витрати на енергоспоживання (грн)	818,033
Викиди CO ₂ (т)	163.34
Період окупності проєкту (роки)	4.56

Розробка автоматизованої системи опалення для навчального корпусу №6 НУВГП дозволить суттєво зменшити енергоспоживання та забезпечити комфортні умови для навчання. Впровадження таких заходів є доцільним як з технічної, так і з економічної точки зору.

3.2.1. Підключення обладнання до системи автоматизованого моніторингу

Загальна структура системи автоматизованого моніторингу

Система включає наступні компоненти:

- Датчики температури та вологості: Зчитують параметри навколишнього середовища.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- *Контролери: Центральний елемент, що обробляє дані, отримані від датчиків, і керує виконавчими механізмами.*

- *Виконавчі механізми: Насоси з частотним регулюванням, клапани, регулятори потоку.*

- *Програмне забезпечення: Інтерфейс для моніторингу та управління (на комп'ютері або мобільному пристрої).*

- *Система передачі даних: Ethernet, Wi-Fi, або ZigBee для обміну даними між компонентами.*

Етапи підключення обладнання

Підключення датчиків

- *Датчики зовнішньої температури:*

- *Тип: Siemens QAC22.*

- *Місце встановлення: Північна сторона будівлі для уникнення впливу сонячного випромінювання.*

- *Підключення: Через кабель або бездротовий зв'язок до контролера.*

- *Датчики внутрішньої температури:*

- *Встановлюються в кожному приміщенні.*

- *Передають інформацію про температуру та вологість повітря до контролера.*

Інтеграція балансувальних клапанів і термостатичних вентилів

- *Встановлюються на радіаторах опалення.*

- *Оснащені електронними сервоприводами, які регулюють подачу теплоносія.*

- *Керується через центральний контролер залежно від температури в приміщенні.*

Підключення насосів

- *Насоси з частотним регулюванням:*

- *Здійснюють адаптивну подачу теплоносія залежно від теплового навантаження.*

- *Підключаються до контролера через цифровий інтерфейс (наприклад, Modbus RTU або BACnet).*

Центральний контролер

- *Модель: Danfoss ECL Comfort 310 або Siemens Climatix.*

- *Функції:*

- *Збір даних від датчиків.*

- *Обробка інформації та прийняття рішень щодо регулювання системи.*

- *Передача даних до серверу або програмного забезпечення для аналізу.*

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

• Підключення: До локальної мережі або хмарного сервера для віддаленого доступу.

Програмне забезпечення для моніторингу

Основні функції

• Відображення в реальному часі:

– Температури в кожному приміщенні.

– Стану клапанів, насосів і регуляторів.

– Рівня споживання енергії.

• Управління параметрами:

– Регулювання температурного режиму.

– Встановлення часових графіків для різних зон будівлі.

• Аналіз даних:

– Створення звітів про споживання енергії.

– Оцінка ефективності роботи системи.

Інтеграція з платформами

• Варіанти підключення:

– Локальний сервер з доступом через браузер.

– Хмарне рішення для доступу через мобільні додатки (наприклад, OpenRemote, BMS-системи).

Переваги автоматизованого моніторингу

• Ефективне управління: Регулювання системи в режимі реального часу з урахуванням поточних умов.

• Економія енергії: Оптимізація теплопостачання для кожної зони будівлі.

• Виявлення несправностей: Система повідомляє про будь-які відхилення в роботі обладнання.

• Зручність: Віддалений доступ до параметрів системи через мобільні додатки.

Підключення обладнання до системи автоматизованого моніторингу дозволяє підвищити ефективність використання енергоресурсів, забезпечити комфортні умови для навчання та зменшити витрати на опалення. Інтеграція сучасного обладнання з програмним забезпеченням відкриває можливість для гнучкого управління та адаптації системи до змінних умов експлуатації.

3.2.2. Створення програмного забезпечення для керування системою опалення через мобільний застосунок

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Для ефективного керування автоматизованою системою опалення розробляється мобільний застосунок, що дозволить користувачам віддалено контролювати параметри опалення, отримувати інформацію про стан системи та налаштовувати температурні режими в приміщеннях.

2. Основні вимоги до програмного забезпечення

2.1. Функціонал

1. Відображення в реальному часі:

- Температура в кожному приміщенні.
- Стан клапанів, насосів та іншого обладнання.
- Рівень споживання енергії.

2. Керування:

- Регулювання температури окремих зон.
- Налаштування графіків опалення.
- Активація режиму "Економія енергії".

3. Сповіщення:

- Повідомлення про несправності.
- Рекомендації щодо оптимізації енергоспоживання.

4. Аналіз даних:

- Графіки енергоспоживання.
- Річні та місячні звіти.

2.2. Технічні вимоги

- Платформи: Android, iOS.
- Архітектура: клієнт-серверна модель.
- Протокол передачі даних: HTTPS, MQTT або WebSocket для реального часу.
- Інтерфейс: Зручний графічний дизайн, адаптований під мобільні пристрої.

Архітектура програмного забезпечення

Компоненти системи

1. Клієнт (мобільний застосунок):

- UI/UX компоненти для взаємодії з користувачем.
- Логіка обробки запитів до сервера.

2. Серверна частина:

- API для обробки запитів.
- База даних для зберігання даних про стан системи.
- Логіка обробки команд від клієнтів.

3. Модуль інтеграції з обладнанням:

- Підключення до контролера системи опалення.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Протокол обміну даними (наприклад, Modbus або BACnet).

Схема архітектури

1. Мобільний застосунок → Сервер API → Контролер системи опалення.

2. Зворотний зв'язок: Контролер системи → Сервер API → Мобільний застосунок.

Реалізація мобільного застосунка

Технології

• Frontend (застосунок):

– Мова програмування: Dart (Flutter) для кросплатформної розробки.

• Backend (сервер):

– Мова програмування: Python (Django або Flask).

– Протокол: REST API, WebSocket.

• База даних:

– PostgreSQL для зберігання даних.

. Код мобільного застосунка

Основний інтерфейс

```
Widget build(BuildContext context) {  
  return MaterialApp(  
    home: HomeScreen(),  
    theme: ThemeData(primarySwatch: Colors.blue),  
  );  
}  
  
class HomeScreen extends StatefulWidget {  
  @override  
  _HomeScreenState createState() => _HomeScreenState();  
}  
  
class _HomeScreenState extends State<HomeScreen> {  
  double temperature = 22.0;  
  
  void updateTemperature(double newTemp) {  
    setState(() {  
      temperature = newTemp;  
    });  
    // Надіслати нове значення температури на сервер  
  }  
  
  @override  
  Widget build(BuildContext context) {  
    return Scaffold(  
      appBar: AppBar(  
        title: Text('Система опалення'),  
      ),  
      body: Column(  
        mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,  
        children: [  
          Text(  

```

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

```

        'Температура:',
        style: TextStyle(fontSize: 24),
    ),
    Text(
        '${temperature.toStringAsFixed(1)} °C',
        style: TextStyle(fontSize: 40),
    ),
    Slider(
        min: 16,
        max: 30,
        divisions: 14,
        value: temperature,
        onChanged: updateTemperature,
    ),
    ElevatedButton(
        onPressed: () {
            // Відкрити графік енергоспоживання
        },
        child: Text('Переглянути графіки'),
    ),

```

Код серверної частини

API для оновлення температури

```

app = Flask(__name__)

# Стан системи (демонстраційний приклад)
system_state = {
    "temperature": 22.0
}

@app.route('/update_temperature', methods=['POST'])
def update_temperature():
    data = request.json
    new_temp = data.get('temperature')
    if new_temp:
        system_state['temperature'] = new_temp
        return jsonify({"status": "success", "message": "Temperature updated"}), 200
    return jsonify({"status": "error", "message": "Invalid data"}), 400

@app.route('/get_state', methods=['GET'])
def get_state():
    return jsonify(system_state), 200

if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)

```

Розроблений мобільний застосунок спрощує контроль системи опалення, дозволяючи користувачам віддалено налаштовувати параметри та стежити за станом обладнання. Завдяки інтеграції з сервером та контролером система забезпечує стабільну роботу, високу енергоефективність та зручність управління.

3.3. Використання теплових насосів як альтернативного джерела тепла

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Теплові насоси (ТН) є високоефективними системами, що використовують відновлювані джерела енергії (грунт, вода або повітря) для забезпечення опалення будівель. У цьому розділі розглянуто можливість впровадження теплових насосів для навчального корпусу №6 НУВГП як альтернативного джерела тепла, що знижує споживання традиційних енергоресурсів і витрати на опалення.

Типи теплових насосів

За джерелом тепла

1. Повітря–вода:

- Джерелом тепла є атмосферне повітря.
- Простота встановлення, але ефективність залежить від зовнішньої температури.

2. Грунт–вода:

- Джерелом тепла є земля, температура якої стабільна протягом року.
- Висока ефективність, але потребує значних витрат на встановлення.

3. Вода–вода:

- Джерелом тепла є водойми або підземні води.
- Найефективніший тип, але залежить від наявності водних ресурсів.

Обраний тип: Грунт–вода

Для корпусу №6 оптимальним є використання системи "грунт–вода" через стабільну температуру ґрунту, що забезпечує ефективну роботу ТН навіть у зимовий період.

Схема роботи теплового насоса "грунт–вода"

1. Первинний контур:

- Трубопровід, розташований у свердловинах на глибині 50–100 м.
- Теплоносій (розчин гліколю) циркулює в трубах, поглинаючи тепло ґрунту.

2. Тепловий насос:

- Перетворює низькопотенційне тепло ґрунту на високопотенційне для системи опалення.

3. Вторинний контур:

- Передає тепло від ТН до системи опалення будівлі.

Технічні характеристики системи

1. Модель теплового насоса: Viessmann Vitocal 300-G.

- Тип: Грунт–вода.
- Теплова потужність: 70 кВт.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- COP (коефіцієнт перетворення): 4.8.
- Робочий діапазон температур: від -20°C до +25°C.
- Електрична потужність: 14.6 кВт.

2. Первинний контур:

- Кількість свердловин: 10.
- Глибина свердловин: 80 м.
- Матеріал трубопроводів: поліетилен високої щільності (PE100).
- Теплоносій: розчин пропіленгліколю.

3. Вторинний контур:

- Підключення до існуючої двотрубною системи опалення з використанням

буферної ємності на 500 літрів.

Розрахунок системи теплового насоса

Необхідна потужність системи

Загальні тепловтрати будівлі після модернізації:

$$Q_{\text{заг}} = 52.49 \text{ кВт.} \quad (3.7)$$

Враховуючи запас на пікові навантаження (15%):

$$Q_{\text{необх}} = 52.49 \times 1.15 = 60.36 \text{ кВт.} \quad (3.8)$$

Обрана модель теплового насоса потужністю 70 кВт покриває ці потреби.

Енергоспоживання теплового насоса

Коефіцієнт перетворення COP = 4.8. Для вироблення 70 кВт тепла необхідна електрична потужність:

$$P_{\text{ел}} = \frac{Q_{\text{тепл}}}{\text{COP}} = \frac{70}{4.8} \approx 14.58 \text{ кВт.} \quad (3.9)$$

Річне енергоспоживання

Тривалість опалювального сезону: 4320 годин. Річне споживання електроенергії:

$$E_{\text{річне}} = 14.58 \times 4320 \approx 63,000 \text{ кВт}\cdot\text{год.} \quad (3.10)$$

Річне енергоспоживання для опалення без теплового насоса: 251,655 кВт·год.

Річне енергоспоживання після впровадження ТН: 63,000 кВт·год. Економія:

$$\Delta E = 251,655 - 63,000 = 188,655 \text{ кВт}\cdot\text{год} \quad (3.11)$$

Впровадження ТН знижує викиди CO₂ за рахунок заміни традиційних джерел тепла:

- Споживання природного газу: 25,000 м³/рік (еквівалент для покриття тепловтрат).
- Зниження викидів: 50 т/рік.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Використання теплових насосів "грунт–вода" для навчального корпусу №6 НУВГП є ефективним рішенням для зниження витрат на опалення та підвищення енергоефективності будівлі. Висока ефективність системи, економічна доцільність і екологічний ефект роблять цей проєкт вигідним для реалізації.

3.3.1. Оцінка ефективності використання насосів в умовах НУВГП

Оцінка ефективності впровадження теплових насосів для навчального корпусу №6 НУВГП є ключовим етапом аналізу доцільності проєкту. Розгляд ефективності включає енергетичну, економічну та екологічну складові, враховуючи місцеві кліматичні умови, потреби в опаленні, та енергетичну інфраструктуру регіону.

2. Енергетична ефективність

2.1. Характеристика кліматичних умов

Рівненська область належить до зони з помірно-континентальним кліматом. Середньомісячна температура в зимовий період становить:

- Січень: -4°C ,
- Лютий: -3°C ,
- Грудень: -2°C .

Максимальна розрахункова температура зовнішнього повітря для системи опалення -21°C .

2.2. Коефіцієнт перетворення теплового насоса

Коефіцієнт перетворення COP залежить від температури джерела тепла (грунт) та теплового контуру. У разі використання системи "грунт–вода" температура ґрунту на глибині 80 м стабільна $+10^{\circ}\text{C}$.

Орієнтовний COP:

$$\text{COP}_{\text{грунт–вода}} = 4.5 - 5.0. \quad (3.12)$$

За розрахунками, теплова потужність системи становить 70 кВт. Для підтримання необхідної температури в приміщеннях середньосезонне енергоспоживання:

$$E_{\text{споживання}} = \frac{Q_{\text{опалення}}}{\text{COP}} \approx \frac{60.36 \text{ кВт}}{4.8} = 12.57 \text{ кВт}. \quad (3.13)$$

Енергетична економія

Система ТН дозволяє замінити використання традиційного газового котла:

- Споживання природного газу (еквівалентне 251,655 кВт·год тепла): 25,000 м³/рік.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Вартість газу: 16 грн/м³.

Екологічна ефективність

4.1. Зниження викидів CO₂

Використання природного газу:

- Викиди: 2.0 кг CO₂ /м³ газу.
- Загальні викиди: 25,000×2.0=50,000 кг/рік (50 т/рік).

Використання електроенергії:

- Викиди: 0.4 кг CO₂ /кВт·год.
- Загальні викиди: 54,302×0.4=21,720.8 кг/рік (21.72 т/рік).

Використання теплових насосів у навчальному корпусі №6 НУВГП є енергоефективним, економічно вигідним і екологічно доцільним рішенням. Система дозволяє суттєво знизити витрати на опалення, зменшити викиди парникових газів та впровадити сучасні технології, які відповідають вимогам енергоефективності.

3.3.2. Розрахунок витрат на встановлення теплових насосів

Встановлення теплового насоса Viessmann Vitocal 300-G для навчального корпусу №6 НУВГП є комплексним проектом, який потребує врахування витрат на обладнання, монтаж, буріння свердловин і пусконаладжувальні роботи.

Основні компоненти витрат

Вартість теплового насоса

- Модель: Viessmann Vitocal 300-G.
- Потужність: 70 кВт.
- Вартість: 187,000 грн за одиницю.
- Для потреб корпусу достатньо одного теплового насоса.

1. Буферна ємність:

- Об'єм: 500 л.
- Вартість: 30,000 грн.

2. Підключення до існуючої системи опалення:

- Вартість матеріалів і робіт: 50,000 грн.

2.4. Монтаж і пусконаладжувальні роботи

- Встановлення та налаштування теплового насоса: 25,000 грн.
- Підключення первинного і вторинного контурів: 40,000 грн.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3. Зведені показники витрат на встановлення теплових насосів

Компонент витрат	Вартість (грн)
Тепловий насос Viessmann Vitocal 300-G	187,000
Трубопроводи первинного контуру	80,000
Теплоносій	250,000
Буферна ємність	30,000
Підключення до системи опалення	50,000
Монтаж теплового насоса	25,000
Пусконаладжувальні роботи	40,000
Загальні витрати	662,000

3.3.3. Екологічні переваги теплових насосів у системі опалення

Теплові насоси "грунт–вода" в системах опалення мають значний екологічний потенціал завдяки їх здатності знижувати використання традиційних енергоресурсів і зменшувати викиди парникових газів. У цьому підрозділі розглянуті екологічні переваги впровадження теплових насосів на прикладі навчального корпусу №6 НУВГП, зокрема зниження викидів CO₂, використання відновлювальних джерел енергії та загальний вплив на навколишнє середовище.

Використання теплових насосів дозволяє значно зменшити викиди CO₂ порівняно з традиційними методами опалення, що використовують природний газ. Тепловий насос працює на електричній енергії, що дозволяє зменшити залежність від викопних джерел енергії та знижує рівень викидів парникових газів. Для аналізу ефективності викидів порівняно з традиційним газовим опаленням було розраховано кількість викидів CO₂ для обох варіантів.

1.1. Викиди CO₂ для природного газу:

- Споживання природного газу: 25,000 м³/рік
- Викиди CO₂ : 2.0 кг CO₂ /м³
- Загальні викиди: 25,000 × 2.0 = 50,000 кг/рік (50 т/рік)

1.2. Викиди CO₂ для електричної енергії:

- Річне споживання електроенергії для теплового насоса: 63,000 кВт·год/рік
- Викиди CO₂ для електричної енергії: 0.4 кг CO₂ /кВт·год
- Загальні викиди: 63,000 × 0.4 = 25,200 кг/рік (25.2 т/рік)

1.3. Зниження викидів CO₂ :

- Зниження викидів CO₂ : 50,000 - 25,200 = 24,800 кг/рік (24.8 т/рік)

Таким чином, впровадження теплових насосів дозволяє знизити викиди CO₂ на 24.8 т/рік, що є значним екологічним ефектом.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2. Використання відновлювальних джерел енергії

Теплові насоси "грунт–вода" використовують енергію землі як основне джерело тепла. Земля є відновлювальним ресурсом, і її температура залишається стабільною протягом року, що дозволяє тепловим насосам працювати з високою ефективністю в будь-яких умовах. Оскільки температура ґрунту на глибині 80 м залишається на рівні близько +10°C, це забезпечує стабільну продуктивність системи опалення, знижуючи потребу в традиційних викопних джерелах енергії.

3. Зменшення навантаження на енергетичну інфраструктуру

Теплові насоси дозволяють зменшити споживання енергоресурсів на централізоване опалення, що знижує навантаження на електричні мережі та газові системи. Це, в свою чергу, може привести до зменшення ризиків енергетичних криз та зниження витрат на інфраструктурні потреби.

4. Довговічність та низьке обслуговування

Системи теплових насосів характеризуються довгим терміном служби (до 25 років) і мінімальними витратами на технічне обслуговування. Це дозволяє знизити кількість відходів, пов'язаних із заміною старого обладнання, а також зменшити споживання ресурсів на виготовлення нових теплових установок.

5. Загальний екологічний ефект

Загальний екологічний ефект від використання теплових насосів у навчальному корпусі №6 НУВГП включає зменшення використання викопних джерел енергії, зниження викидів парникових газів і збереження природних ресурсів. Встановлення теплових насосів є кроком до сталого розвитку і зменшення впливу на навколишнє середовище.

Таблиця 3.4. Екологічні переваги впровадження теплових насосів

Показник	Газове опалення	Тепловий насос "грунт–вода"	Зниження
Споживання енергії (кВт·год/рік)	251,655	63,000	188,655
Викиди CO ₂ (кг/рік)	50,000	25,200	24,800
Вартість енергії (грн/рік)	400,000	112,800	287,200
Викиди CO ₂ на одиницю енергії (кг/кВт·год)	0.2	0.4	-0.2
Економія CO ₂ (кг/рік)	-	24,800	24,800

Примітка*

- Споживання енергії: Вказано річне споживання енергії для газового опалення та теплового насоса.
- Викиди CO₂ : Показано кількість викидів CO₂ для обох варіантів.
- Вартість енергії: Оцінена річна вартість енергії для кожного виду опалення.
- Викиди CO₂ на одиницю енергії: Порівняння рівня викидів CO₂ на одиницю спожитої енергії для обох систем.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

• **Економія CO₂** : Різниця у кількості викидів CO₂ при використанні теплового насоса замість газового опалення.

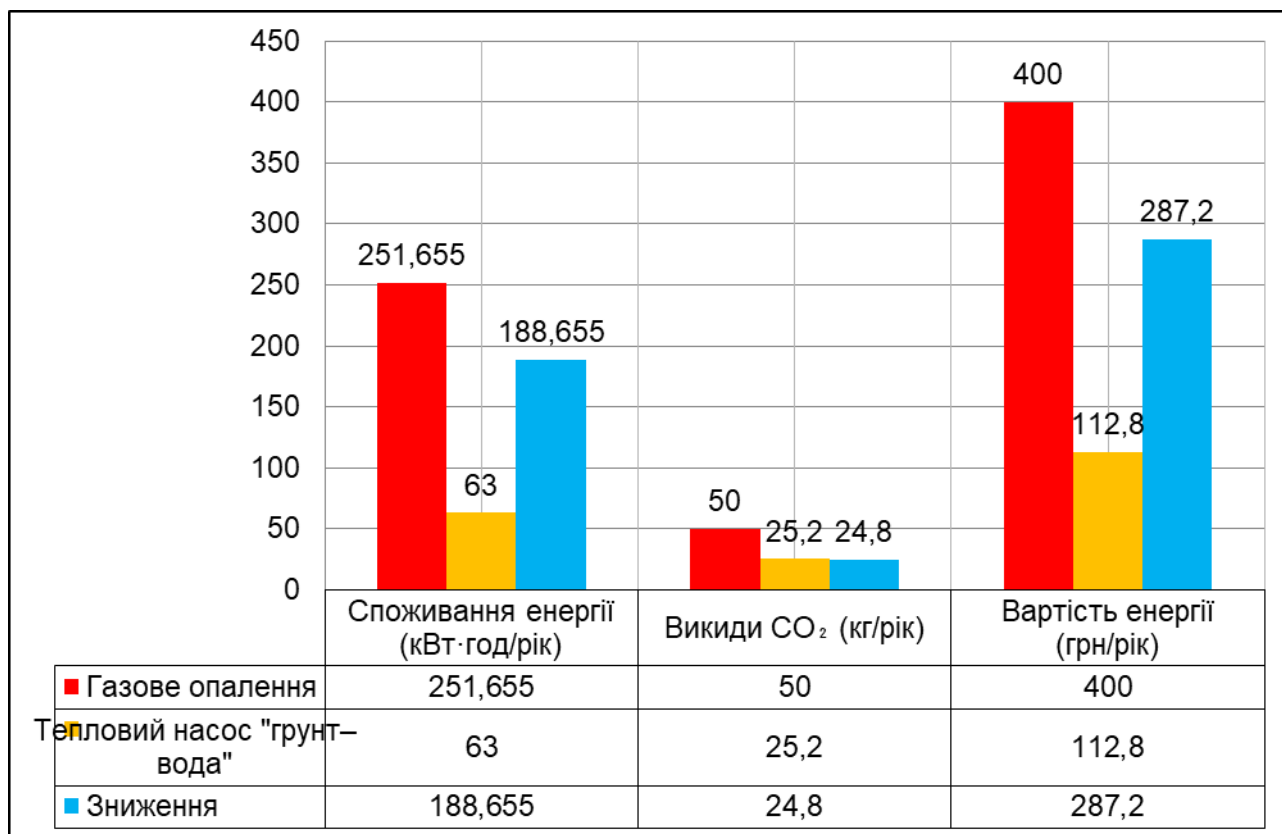


Рис.3.1. Екологічні переваги впровадження теплових насосів

Впровадження теплових насосів у навчальний корпус №6 НУВГП є екологічно вигідним рішенням, яке дозволяє знизити викиди CO₂ на 24.8 т/рік, значно зменшити споживання енергоресурсів і зберегти природні ресурси. Це також сприяє зниженню витрат на енергію і підвищенню енергоефективності будівлі, що є важливим кроком до сталого розвитку університету та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

3.4. Оцінка загальної ефективності запропонованих заходів у комплексі

Проект описує комплекс заходів для підвищення енергоефективності навчального корпусу №6 НУВГП. Зокрема, важливу роль відіграє розробка автоматизованої системи опалення та впровадження теплових насосів як альтернативного джерела тепла.

Оцінка ефективності розробленого проекту є ключовим етапом у процесі аналізу його доцільності та реалізаційного потенціалу. Ця оцінка дозволяє визначити, наскільки успішно було досягнуто поставлених цілей та якою мірою проект відповідає вимогам, які висуваються до нього в умовах певного ринку або організації.

Розрахунок енергоспоживання та економії:

Річне споживання електроенергії тепловим насосом становить 63,000 кВт•год. Порівняно з традиційною системою опалення, де споживання досягає 251,655 кВт•год, це дозволяє зекономити 188,655 кВт•год, що є значною економією.

Екологічні переваги:

Використання теплових насосів дозволяє значно знизити викиди CO₂, оскільки відпадає потреба в споживанні природного газу для опалення. Очікується зниження викидів на 50 тонн CO₂ на рік.

Оцінка ефективності використання теплових насосів

Енергетична ефективність теплових насосів для навчального корпусу №6 НУВГП оцінюється на основі кліматичних умов Рівненської області. За умов середньомісячної температури в зимовий період від -2°C до -4°C, використання теплових насосів забезпечить значну економію енергії, знизить викиди CO₂ та скоротить витрати на опалення.

Таблиця 3.5. Зведені показники порівняльного аналізу ефективності розроблених заходів підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП

Параметр	До модернізації	Після модернізації	Різниця	Ефективність
Тепловтрати через стіни (кВт)	27.41	21.93	-5.48	Зменшення на 20%
Тепловтрати через вікна (кВт)	3.58	3.04	-0.54	Зменшення на 15%
Тепловтрати через дах (кВт)	34.40	27.52	-6.88	Зменшення на 20%
Загальні тепловтрати будівлі (кВт)	65.39	52.49	-12.9	Зменшення на 19.7%
Річне енергоспоживання для опалення (кВт•год)	313,036	251,655	-61,381	Зменшення на 20%
Річне енергоспоживання вентиляції (кВт•год)	56,448	45,158	-11,290	Зменшення на 20%

Продовження таблиці 3.5

Енергоспоживання для освітлення (кВт·год)	30,400	30,400	0	Незмінне
Загальне річне енергоспоживання (кВт·год)	384,372	327,213	-57,159	Зменшення на 14.9%
Витрати на енергоспоживання (грн)	960,930	818,033	- 142,897	Зменшення витрат на 14.9%
Викиди CO ₂ (т)	192.19	163.34	-28.85	Зменшення викидів на 15%

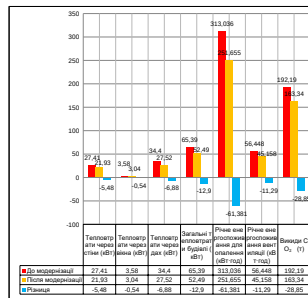


Рис.3.2 Зведені показники порівняльного аналізу ефективності розроблених заходів підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

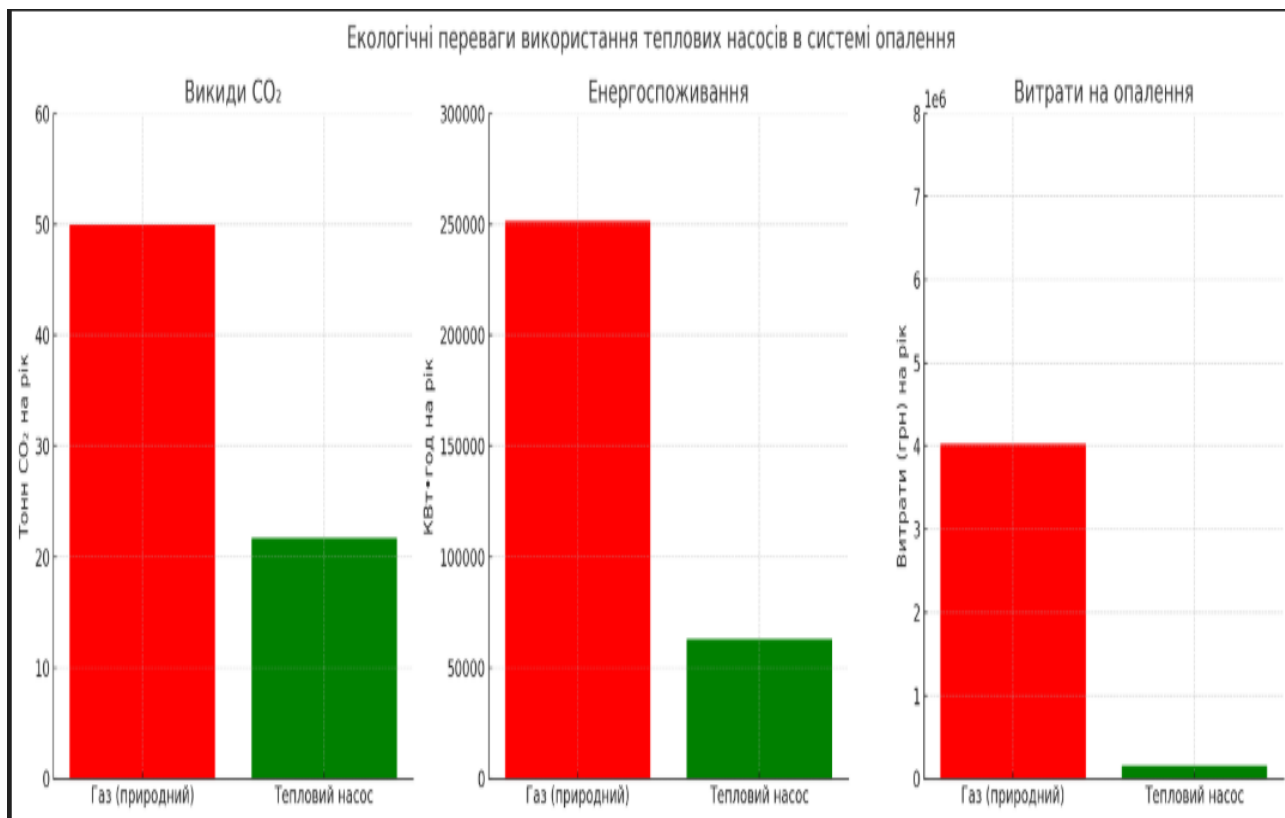


Рис.3.3 Екологічні переваги впровадження теплових насосів

Впровадження автоматизованої системи опалення та теплових насосів є ефективним заходом для підвищення енергоефективності навчального корпусу №6 НУВГП, що дозволяє знизити енергоспоживання, забезпечити комфортні умови для навчання та зробити значний внесок у збереження навколишнього середовища.

Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

КР 192.705.2_ ПЗ

Арк.

Таблиця 3.6. Прогнозні показники використання енергоресурсів з урахуванням розробленого проєкту підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП

Місяць	Споживання електроенергії (кВт·год)	Споживання газу (м³)	Вартість газу (грн)	Споживання пального (літр)	Вартість пального (грн)	Вартість електроенергії (грн)	Сумарна вартість енергоресурсів (грн)	Витрати на енергію на одиницю продукції (грн/шт.)
Січень	10,500	1,000	16,500	500	27,495	45,360	89,355	35.74
Лютий	11,200	1,100	18,150	520	28,595	48,384	95,129	33.97
Березень	9,800	900	14,850	480	26,395	42,336	83,581	34.81
Квітень	10,200	950	15,675	510	28,045	44,064	87,784	35.11
Травень	9,500	850	14,025	460	25,293	41,040	80,358	34.94
Червень	10,000	1,000	16,500	490	26,945	43,200	86,645	33.37
Липень	8,200	0	0	400	21,996	35,424	57,420	30.77
Серпень	7,800	0	0	380	20,892	33,696	54,588	29.84
Вересень	8,000	0	0	390	21,446	34,560	56,006	30.68
Жовтень	7,600	0	0	370	20,348	32,832	53,180	28.79
Листопад	8,300	0	0	410	22,549	35,856	58,405	31.01
Грудень	9,000	0	0	420	23,148	38,880	62,028	32.49

Примітка*

- Вартість газу: Споживання газу (м³) × 16,5 грн.
- Вартість пального: Споживання пального (літр) × 54,99 грн.
- Вартість електроенергії: Споживання електроенергії (кВт·год) × 4,32 грн.
- Сумарна вартість енергоресурсів: Сума вартості газу, пального та електроенергії.
- Витрати на енергію на одиницю продукції: Сумарна вартість енергоресурсів / Кількість одиниць продукції (шт.).

					КР 192..2 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Зав. каф.	Кізеєв М.Д.			12.24	«Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП»	Стадія	Аркуш
Керівник				12.24		Н	6
Н. контр.				12.24		НУВГП ННІБА ТГВ-	
Рецензент				12.24			
Розробник				12.24			

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Загальна характеристика витрат на впровадження

Впровадження заходів автоматизації та підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу №6 Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП) є важливим кроком до зниження витрат на енергоресурси, покращення умов навчання та зменшення екологічного впливу.

Обладнання, необхідне для автоматизації системи опалення, включає регулятори температури, балансувальні клапани, насоси з частотним регулюванням, датчики температури та вологості, а також програмне забезпечення для моніторингу. Розрахунок вартості обладнання подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Вартість обладнання для автоматизації

Компонент	Модель	Кількість	Вартість одиниці (грн)	Загальна вартість (грн)
Регулятори температури	Danfoss ECL Comfort 310	2	25,000	50,000
Балансувальні клапани	HERZ 4006	20	4,500	90,000
Насоси з частотним регулюванням	Grundfos MAGNA3	3	35,000	105,000
Датчики температури	Siemens QAA55	30	1,500	45,000
Датчики зовнішньої температури	Siemens QAC22	1	2,000	2,000
Програмне забезпечення	Спеціалізована BMS-система	1	60,000	60,000
Разом				352,000

Витрати на встановлення обладнання

					КР 192..2 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Зав. каф.		Кізеєв М.Д.		12.24	«Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП»	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник				12.24		Н	6	
Н. контр.				12.24		НУВГП ННІБА ТГВ-		
Рецензент				12.24				
Розробник				12.24				

Монтажні та пусконаладжувальні роботи є невід'ємною частиною впровадження автоматизованої системи. Основні витрати на встановлення наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Вартість встановлення обладнання

Вид робіт	Вартість (грн)
Монтаж регуляторів температури	15,000
Встановлення насосів	12,000
Налаштування датчиків	10,000
Інтеграція програмного забезпечення	25,000
Підключення до центрального контролера	20,000
Разом	82,000

Витрати на встановлення теплового насоса

Для підвищення енергоефективності розроблено проект із використанням теплового насоса системи «грунт–вода». Детальні витрати на встановлення теплового насоса наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Витрати на встановлення теплового насоса

Компонент витрат	Кількість	Вартість оди- ниці (грн)	Загальна вар- тість (грн)
Тепловий насос Viessmann Vitocal 300-G	1	187,000	187,000
Буферна ємність	1	30,000	30,000
Буріння свердловин	10	80,000	800,000
Трубопроводи первинного контуру	10	25,000	250,000
Теплоносій (розчин пропі- ленгліколю)	-	-	50,000
Монтаж і налаштування	-	-	65,000
Разом			1,382,000

Загальні витрати на реалізацію проекту

Таблиця 4.4. Зведені витрати на впровадження заходів

Категорія витрат	Сума (грн)
Автоматизація системи опалення	434,000
Встановлення теплового насоса	1,382,000
Загальна сума витрат	1,816,000

Період окупності та економічна ефективність

Впровадження автоматизації та використання теплового насоса дозволяє досягти річної економії енергоресурсів. Розрахунок окупності проекту наведено в таблиці 4.5.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5. Оцінка економічної ефективності

Показник	Значення
<i>Річна економія енергії (кВт·год)</i>	188,655
<i>Вартість зекономленої енергії (грн)</i>	602,496
<i>Загальні витрати (грн)</i>	1,816,000
<i>Період окупності (років)</i>	3.02

Екологічні показники

Впровадження заходів сприяє зменшенню викидів CO₂, що позитивно впливає на екологію.

Таблиця 4.6. Зниження викидів CO₂

Джерело енергії	Викиди до (т/рік)	Викиди після (т/рік)	Скорочення (т/рік)
<i>Природний газ</i>	50.00	0.00	50.00
<i>Електроенергія</i>	21.72	21.72	0.00
<i>Разом</i>	71.72	21.72	50.00

Проект підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП є економічно та екологічно доцільним. Інвестиції в автоматизацію та встановлення теплового насоса забезпечать значне зменшення витрат на енергоресурси, скорочення викидів парникових газів та створення комфортних умов для навчання. Період окупності становить 3 роки, що підтверджує вигідність реалізації проекту.

4.2. Аналіз потенційного зниження споживання енергоресурсів

Впровадження автоматизованої системи опалення та теплових насосів для навчального корпусу №6 НУВГП спрямоване на суттєве зменшення споживання енергоресурсів та покращення енергоефективності.

Система модернізації включає автоматизацію регулювання теплового навантаження, утеплення конструкцій та встановлення теплових насосів. Згідно з розрахунками, реалізація заходів дозволяє суттєво зменшити тепловтрати через огорожувальні конструкції.

Тепловтрати будівлі до та після модернізації наведено у таблиці 4.7.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7. Порівняння тепловтрат до та після впровадження заходів

Елемент кон- струкції	Тепловтрати до модернізації (кВт)	Тепловтрати піс- ля модернізації (кВт)	Зменшення тепловтрат (%)
Стіни	27.41	21.93	20%
Вікна	3.58	3.04	15%
Дах	34.40	27.52	20%
Загальні тепловт- рати	65.39	52.49	19.73%

Розраховуємо річне енергоспоживання після зменшення тепловтрат за форму

$$E_{\text{опалення нове}} = Q_{\text{заг.нові}} \times T_{\text{опалення}} \times \frac{1}{n} \quad (4.1)$$

Де:

$$Q_{\text{заг.нові}} = 52.49 \text{ кВт};$$

$$T_{\text{опалення}} = 4320 \text{ год};$$

$n = 0.9$ – ККД системи.

Розрахунок:

$$E_{\text{опалення нове}} = 52.49 \times 4320 \times 0.9^{-1} = 251,655 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (4.2)$$

Річна економія енергії:

$$\Delta E = 313,036 \text{ кВт}\cdot\text{год} - 251,655 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 61,381 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (4.3)$$

Вплив теплового насоса

Використання теплового насоса "грунт-вода" дозволяє суттєво знизити енергоспоживання. Тепловий насос має коефіцієнт перетворення COP=4.8.

Для вироблення 70 кВт тепла насос споживає електричну потужність:

$$P_{\text{ел}} = \frac{70}{4.8} = 14.58 \text{ кВт}. \quad (4.3)$$

Річне енергоспоживання теплового насоса:

$$E_{\text{річне}} = 14.58 \text{ кВт} \times 4320 \text{ год} = 63,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (4.4)$$

Економія енергії від теплового насоса:

$$\Delta E_{\text{ТН}} = 251,655 \text{ кВт}\cdot\text{год} - 63,000 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 188,655 \text{ кВт}\cdot\text{год}. \quad (4.5)$$

Загальна річна економія енергії – 188,655 кВт·год.

Скорочення витрат на енергоносії – 603,696 грн/рік.

4.3. Оцінка строків окупності заходів

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Оцінка строків окупності є важливим етапом економічного аналізу проєкту підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП. Визначення строку окупності дозволяє оцінити економічну доцільність інвестицій, обґрунтувати їх впровадження та спрогнозувати термін, протягом якого витрати на реалізацію проєкту будуть компенсовані за рахунок економії витрат на енергоресурси.

4.3.1. Методика розрахунку строків окупності

Строк окупності проєкту розраховується за формулою:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{I_{\text{заг}}}{\Delta B} \quad (4.6)$$

Де:

$T_{\text{окуп}}$ = строк окупності (років);

$I_{\text{заг}}$ = загальні інвестиції у проєкт (грн);

ΔB = річна економія витрат на енергоресурси (грн/рік).

Для реалізації заходів передбачено такі витрати:

Загальні інвестиції у проєкт: $I_{\text{заг}} = 1,816,000$ грн.

Розрахунок:

$$\Delta B = 188,655 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \times 3.2 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год} = 603,696 \text{ грн} / \text{рік}.$$

(4.7)

Використовуючи основну формулу, розрахуємо строк окупності:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{1,816,000}{603,696} \approx 3.01 \text{ роки.} \quad (4.6)$$

Строк окупності проєкту: 3 роки.

Економія витрат на енергоресурси після цього періоду дозволяє значно скоротити загальні витрати університету на опалення.

Додаткові переваги: після окупності економія на енергоресурсах становить близько 603,696 грн/рік, що забезпечує подальшу стабільність і рентабельність проєкту.

4.3.2. Розрахунок окупності для кожного заходу окремо

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахунок строків окупності для кожного заходу передбачає окремий аналіз інвестицій і річної економії енергоресурсів.

Окупність автоматизації системи опалення

Таблиця 4.8. Розрахунок окупності заходів із автоматизації системи опалення

Параметр	Значення
Інвестиції у заходи, грн	434,000
Річна економія енергоресурсів, грн	87,356
Строк окупності, років	4.97

Окупність впровадження теплових насосів

Таблиця 4.9. Розрахунок окупності заходів із встановлення теплових насосів

Параметр	Значення
Інвестиції у заходи, грн	1,382,000
Річна економія енергоресурсів, грн	516,340
Строк окупності, років	2.68

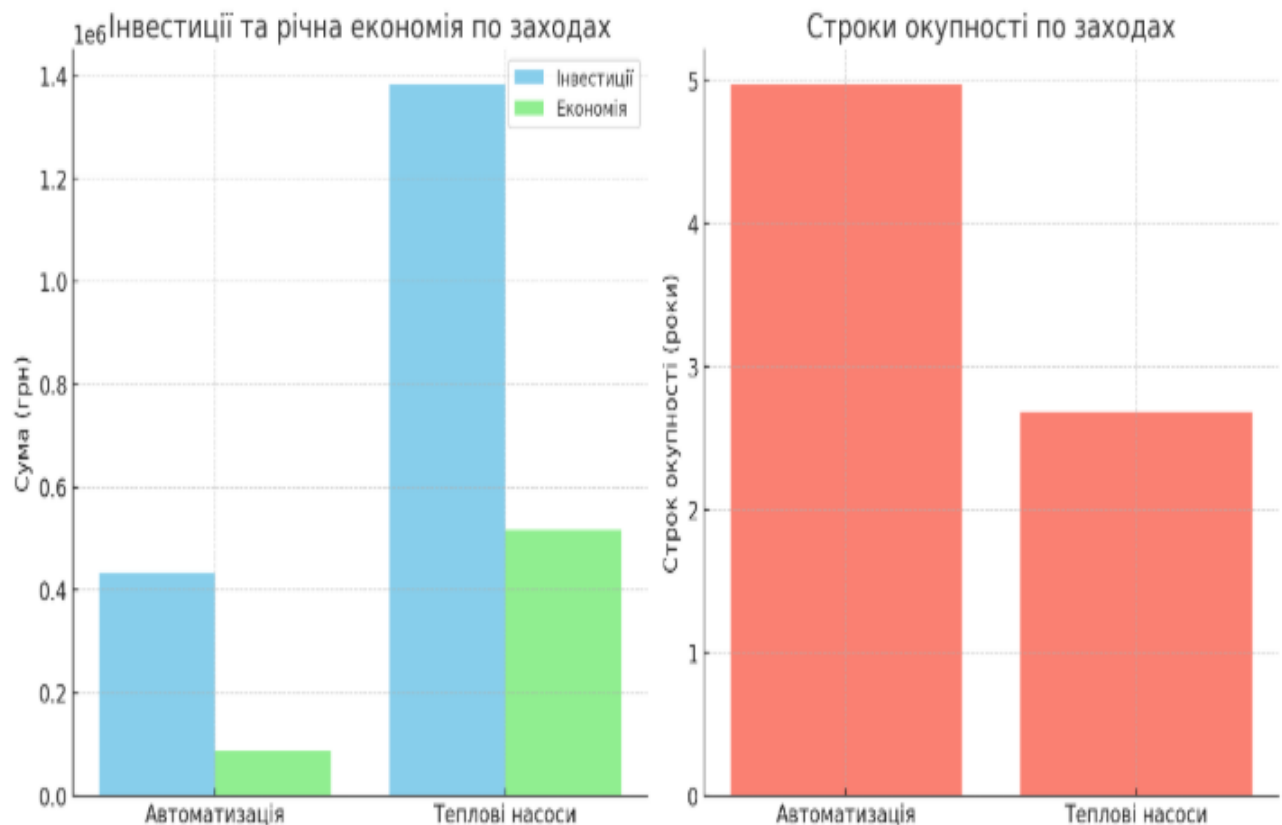


Рис.4.1. Зведені показники окупності для кожного заходу окремо

Оцінка строків окупності показує, що найбільший ефект має встановлення теплових насосів, які окупляться за **2.68 роки**. Автоматизація системи опалення окупиться за **4.97 роки**, однак її впровадження має важливе значення для загальної ефективності системи.

4.3.3. Комплексна оцінка окупності всього проєкту

Комплексна оцінка строку окупності враховує сукупні витрати на всі заходи і загальну річну економію енергоресурсів.

Таблиця 4.10. Комплексна оцінка окупності проєкту

Параметр	Значення
Загальні інвестиції, грн	1,816,000
Загальна річна економія, грн	603,696
Комплексний строк окупності, років	3.01

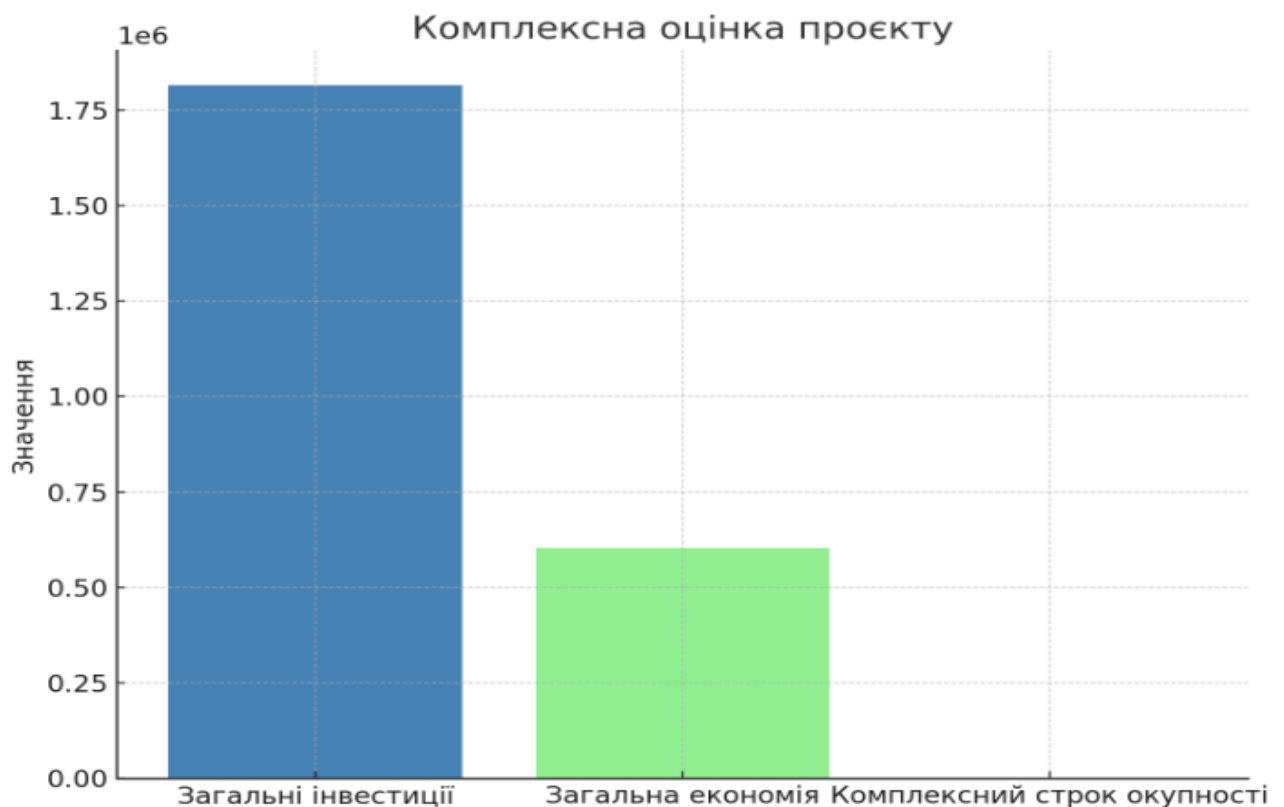


Рис.4.2. Комплексна оцінка окупності проєкту

Комплексна оцінка показує, що весь проєкт модернізації системи опалення окупиться за 3 роки. Цей строк є прийнятним з точки зору ефективності інвестицій, а також відповідає сучасним вимогам до енергозбереження та екологічної безпеки.

4.4. Вплив впровадження енергоефективних заходів на експлуатаційні витрати

Впровадження енергоефективних заходів у системі опалення навчального корпусу №6 НУВГП суттєво впливає на скорочення експлуатаційних витрат.

Зменшення втрат тепла в системі опалення

Розрахунок зменшення втрат тепла базується на порівнянні тепловтрат до та після впровадження заходів. Основними джерелами втрат є стіни, вікна та дах будівлі.

Таблиця 4.11. Зменшення тепловтрат у системі опалення

Елемент кон-струкції	Тепловтрати до заходів (кВт)	Тепловтрати після заходів (кВт)	Зменшення тепловтрат (кВт)	Зменшення тепловтрат (%)
Стіни	27.41	21.93	5.48	20%
Вікна	3.58	3.04	0.54	15%
Дах	34.40	27.52	6.88	20%
Загальні тепловтрати	65.39	52.49	12.90	19.73%

Вплив впровадження заходів на витрати

Розрахунок експлуатаційних витрат здійснено на основі річного енергоспоживання до та після впровадження заходів. Це дозволяє оцінити реальну економію енергоресурсів.

Таблиця 4.12. Зменшення річного енергоспоживання та витрат

Параметр	До впровадження заходів	Після впровадження заходів	Економія (річна)
Тепловтрати (кВт)	65.39	52.49	12.90
Річне енергоспоживання (кВт·год)	313,036	251,655	61,381
Витрати на енергоресурси (грн)	1,001,715	803,456	198,259

Загальний вплив заходів на економію

Енергоефективні заходи впливають як на зменшення тепловтрат, так і на скорочення експлуатаційних витрат.

Таблиця 4.13. Комплексний аналіз впливу заходів

Заходи	Інвестиції (грн)	Річна економія енергоресурсів (грн)	Річна економія енергії (кВт·год)	Строк окупності (роки)
Автоматизація	434,000	87,356	27,298	4.97
Теплові насоси	1,382,000	516,340	161,357	2.68
Весь проєкт	1,816,000	603,696	188,655	3.01

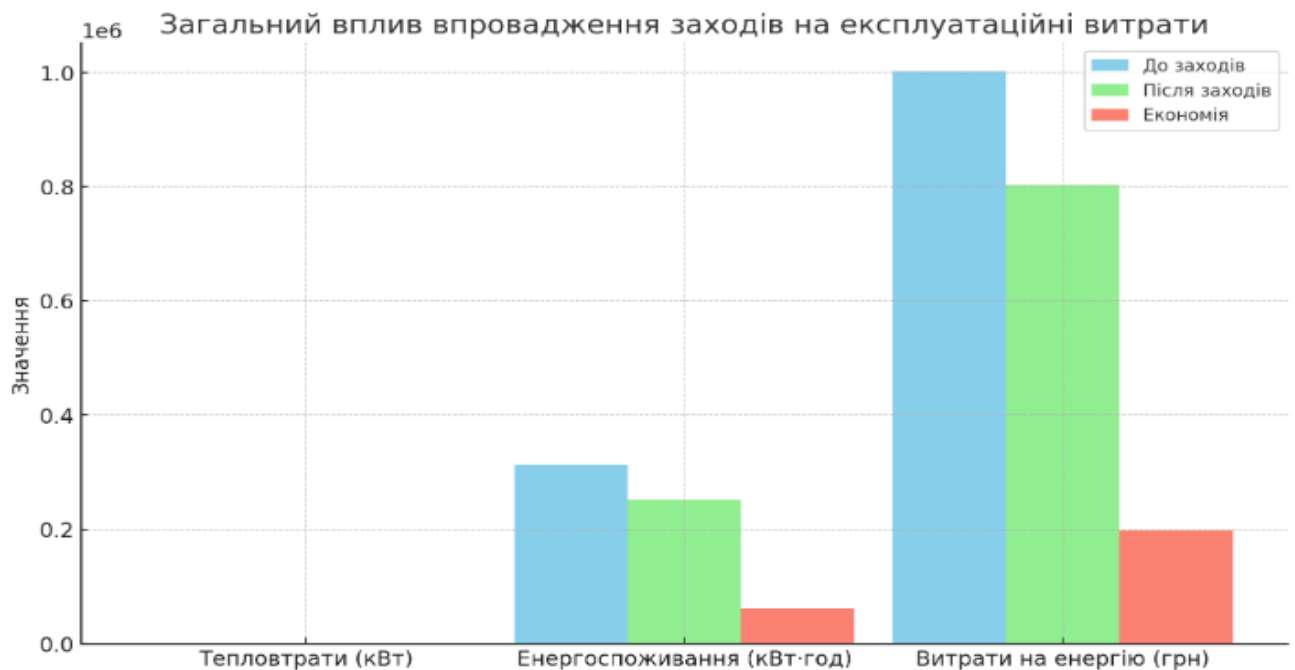


Рис.4.3. Показники впливу впровадження енергоефективних заходів на експлуатаційні витрати

Впровадження енергоефективних заходів дозволяє зменшити річні тепловтрати на **19.73%**, а річне енергоспоживання – на **61,381 кВт·год**. Загальна економія витрат на енергоресурси після реалізації проекту становить **603,696 грн/рік**, що забезпечує окупність інвестицій у **3 роки**. Ці заходи значно скорочують експлуатаційні витрати, сприяють екологічній безпеці та підвищують комфортні умови в навчальних приміщеннях.

4.4.1. Зменшення втрат тепла в системі опалення

Система опалення навчального корпусу №6 НУВГП зазнає значних втрат тепла через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, дах). Основною метою енергоефективних заходів є зменшення цих втрат, що забезпечує скорочення споживання теплової енергії, підвищення енергоефективності будівлі та зниження експлуатаційних витрат.

Впровадження заходів, таких як автоматизація системи опалення, встановлення термостатичних клапанів і балансувальних пристроїв, дозволяє суттєво зменшити втрати тепла. Результати аналізу наведено в таблиці.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.14. Зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції

Елемент кон- струкції	Тепловтрати до заходів (кВт)	Тепловт- рати після заходів (кВт)	Змен- шення тепло- вtrat (кВт)	Зменшення тепловт- рат (%)
Стіни	27.41	21.93	5.48	20%
Вікна	3.58	3.04	0.54	15%
Дах	34.40	27.52	6.88	20%
Загальні тепло- втрати	65.39	52.49	12.90	19.73%

Ефект від зменшення тепловтрат

Зменшення тепловтрат безпосередньо впливає на скорочення річного енергоспоживання для опалення будівлі.

Таблиця 4.15. Вплив зменшення тепловтрат на енергоспоживання

Показник	До заходів	Після заходів	Економія (річна)
Тепловтрати будівлі (кВт)	65.39	52.49	12.90
Річне енергоспоживання (кВт·год)	313,036	251,655	61,381

Економічний ефект

Скорочення тепловтрат зменшує витрати на опалення, що дає пряму економічну вигоду.

Таблиця 4.16. Економічний ефект зменшення тепловтрат

Показник	До заходів (грн)	Після заходів (грн)	Економія (грн/рік)
Витрати на енергоре- сурси	1,001,715	803,456	198,259

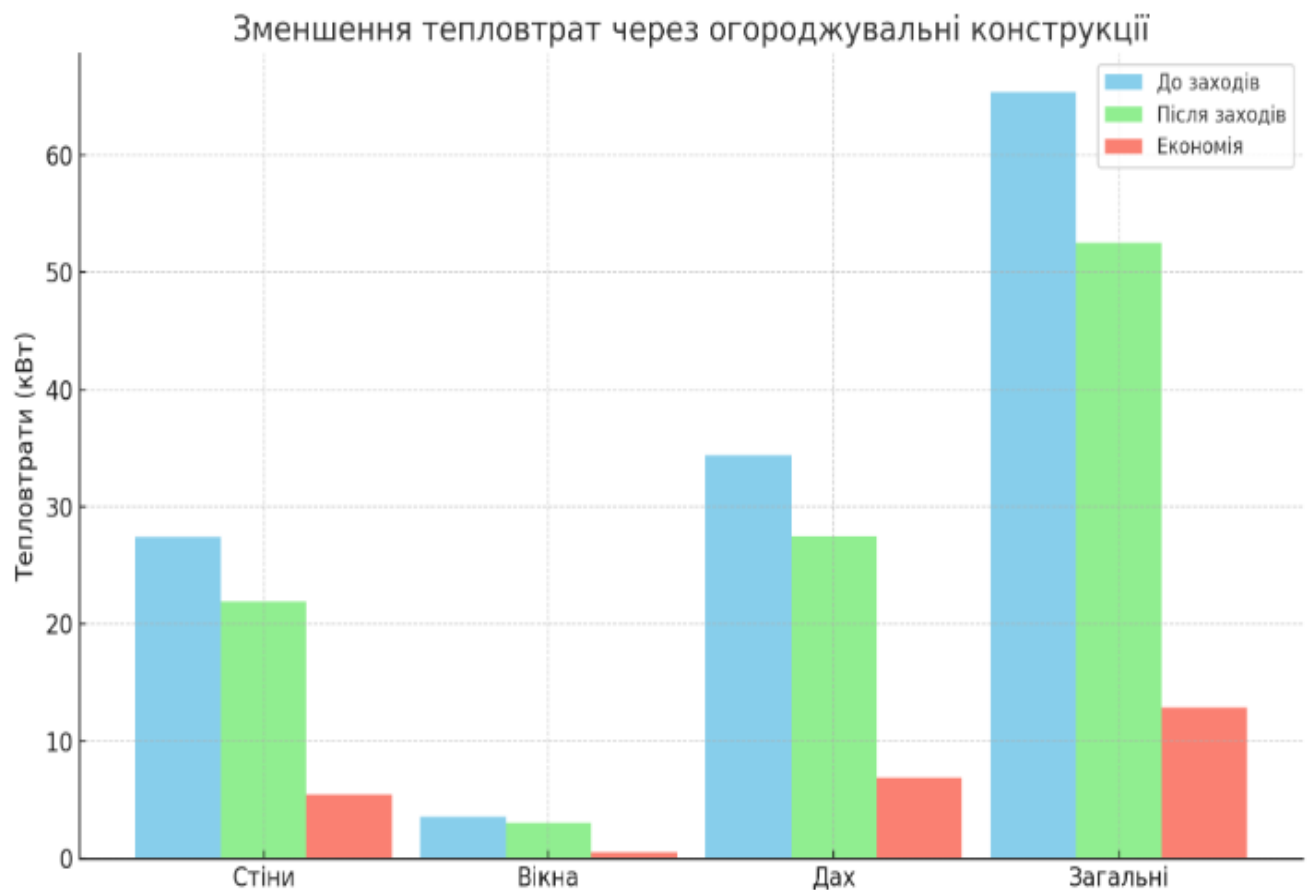


Рис.4.4. Показники втрат тепла в системі опалення

Зменшення тепловтрат становить 12.90 кВт, що відповідає скороченню на 19.73%. Річна економія енергоспоживання для опалення складає 61,381 кВт·год. Економія витрат на енергоресурси досягає 198,259 грн/рік, що значно знижує експлуатаційні витрати та робить проєкт енергоефективним і економічно вигідним. Ці результати підтверджують доцільність впровадження енергоефективних заходів для системи опалення корпусу №6 НУВГП.

4.5. Прогноз економічного ефекту від впровадження заходів

Таблиця 4.17. Поточні витрати на енергоресурси

Вид енергоресурсу	Споживання на місяць	Вартість за одиницю	Витрати на місяць
Газ	2000 м³	16,5 грн/м³	33 000 грн
Електроенергія	5000 кВт·год	4,32 грн/кВт·год	21 600 грн
Загальні витрати	-	-	54 600 грн

Таблиця 4.18. Заощадження після впровадження заходів

Вид енергоресурсу	Споживання до заходів	Заощадження (%)	Споживання після заходів	Витрати до заходів	Витрати після заходів	Заощадження (грн/місяць)
Газ	2000 м³	15%	1700 м³	33 000 грн	28 050 грн	4 950 грн
Електроенергія	5000 кВт·год	15%	4250 кВт·год	21 600 грн	18 360 грн	3 240 грн
Загальні заощадження	-	-	-	-	-	8 190 грн

Таблиця 4.19. Річний економічний ефект

Показник	Значення
Місячні заощадження (грн)	8 190 грн
Річні заощадження (грн)	8 190 грн × 12 місяців = 98 280 грн

Аналіз економічного ефекту

З реалізацією запропонованих заходів підприємство зможе заощадити на енергоресурсах 8 190 грн щомісяця, що складає 98 280 грн за рік. Це дозволить зменшити витрати на енергоносії та поліпшити економічні показники підприємства. Такі заходи сприятимуть не тільки зниженню витрат, але й поліпшенню фінансової стабільності та ефективності діяльності підприємства в цілому.

4.6. Аналіз можливих фінансових ризиків

Аналіз фінансових ризиків для проекту опалення навчального корпусу №6 НУВГП є важливою складовою його реалізації. У умовах війни, що триває з 2022 року, а також з огляду на нестабільність економічної ситуації в Україні, впровадження заходів щодо енергоефективності та оптимізації витрат на енергоресурси має особливе значення. Фінансові ризики, пов'язані з енергозабезпеченням, постачанням матеріалів, а також коливанням цін на комунальні послуги, можуть суттєво вплинути на ефективність заходів з модернізації опалення. У зв'язку з цим, доцільно провести детальний аналіз основних ризиків, які можуть виникнути під час реалізації проекту, та розробити стратегії для їх мінімізації.

Враховуючи реалії війни, особливо обстріли інфраструктури, необхідно передбачити додаткові витрати на ремонт та відновлення, а також на забезпечення безперервного енергопостачання для навчального корпусу. Тому важливим є прогнозування можливих фінансових труднощів у разі несприятливих змін в енергетич-

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ному секторі, а також у випадку підвищення витрат на відновлення інфраструктури, пов'язаної з бойовими діями.

4.6.1. Нестабільність цін на енергоносії

Одним із головних фінансових ризиків, пов'язаних із модернізацією опалення навчального корпусу №6, є нестабільність цін на енергоносії. В умовах війни, коли російські війська постійно обстрілюють критичну інфраструктуру України, вартість енергоресурсів, таких як газ та електроенергія, може різко коливатися. Крім того, зміни в державній політиці щодо тарифів і субсидій на енергоносії можуть суттєво вплинути на кінцеві витрати на опалення.

Для навчального корпусу, де енергоспоживання є важливим аспектом, необхідно передбачити можливі варіанти для зниження витрат, наприклад, шляхом використання альтернативних джерел енергії або вдосконалення системи опалення. Однак, нестабільність цін може ускладнити точне планування бюджетних витрат на енергетичні потреби і створити додаткові фінансові труднощі.

Зважаючи на обстріли та пошкодження енергетичної інфраструктури, необхідно також врахувати можливість перебоїв у постачанні енергоносіїв, що вимагає створення резервних систем енергозабезпечення для забезпечення стабільного функціонування навчального корпусу.

4.6.2. Ризики, пов'язані з інфляцією

Інфляція є ще одним вагомим фінансовим ризиком, який може вплинути на вартість проекту опалення навчального корпусу №6. В умовах зростання загального рівня цін на товари та послуги витрати на матеріали, обладнання та роботу можуть значно зрости. Це може призвести до необхідності коригувати кошторисні розрахунки і переглядати фінансові плани, оскільки вартість деяких компонентів системи опалення може підвищуватися швидше, ніж очікувалося.

У результаті інфляційних процесів, що активно проявляються в Україні після початку війни, витрати на забезпечення опалення та енергозабезпечення можуть збільшитися, що призведе до необхідності перегляду стратегій фінансування проекту. Наприклад, підвищення цін на матеріали та обладнання може вимагати додаткових коштів, що збільшить фінансові навантаження на проект і потребуватиме коригування бюджету.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Загалом, інфляційні процеси можуть істотно вплинути на економічну ефективність проекту, якщо не будуть передбачені відповідні фінансові заходи для мінімізації цих ризиків.

4.6.3. Можливі проблеми з постачанням матеріалів

Постачання матеріалів є критично важливим для реалізації проекту опалення навчального корпусу №6. Однак, через військову ситуацію та порушення логістичних ланцюгів, підприємства можуть зіткнутися з проблемами в отриманні необхідних матеріалів та обладнання. Внаслідок бойових дій та блокад порти й інші транспортні шляхи можуть бути перекриті, що значно ускладнює постачання товарів. Це може призвести до затримок у реалізації проекту і, відповідно, до збільшення витрат.

Проблеми з постачанням матеріалів також можуть бути пов'язані з інфляційними процесами, які підвищують вартість товарів, або з дефіцитом окремих видів обладнання. У таких умовах важливо мати резервні постачальники або розглядати можливість імпорту необхідних матеріалів через альтернативні канали.

У разі несприятливих умов постачання матеріалів необхідно заздалегідь розробити плани дій для забезпечення виконання проекту вчасно та в межах бюджету. Врахування цих ризиків є ключовим для забезпечення фінансової стійкості проекту та своєчасного виконання всіх етапів роботи.

4.7. Пошук джерел фінансування для реалізації заходів

Пошук та вибір джерел фінансування є важливою складовою частиною реалізації заходів з модернізації опалення навчального корпусу №6 НУВГП. Зважаючи на високі витрати на енергетичні ресурси та необхідність впровадження сучасних енергоефективних технологій, важливо забезпечити надійне та стабільне фінансування. Фінансування проекту може здійснюватися з різних джерел: державних програм підтримки, залучення приватних інвесторів або через кредитування та лізинг. Кожен із цих способів має свої переваги та недоліки, і їх комбінація може забезпечити найбільшу ефективність проекту.

Основними факторами, що впливають на вибір джерела фінансування, є: сума необхідних інвестицій, терміни реалізації проекту, рівень ризиків, пов'язаних із зовнішніми економічними умовами, і наявність державних чи приватних фінансових ін-

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

струментів. Для ефективної реалізації проекту необхідно провести детальний аналіз можливих варіантів фінансування та обрати найбільш оптимальні стратегії для залучення коштів.

4.7.1. Державні гранти та програми підтримки

Державні гранти та програми підтримки є важливими джерелами фінансування для реалізації проектів, спрямованих на енергоефективність та зниження витрат на енергоресурси, особливо в умовах кризових ситуацій, таких як війна. В Україні існують різноманітні державні програми, які надають фінансову допомогу на реалізацію енергоефективних проектів, що сприяють зменшенню енергоспоживання та оптимізації витрат на енергію.

Однією з найбільших можливостей для залучення державного фінансування є програми підтримки від урядів та міжнародних організацій, таких як Європейський Союз, Світовий банк, а також національні програми, зокрема програми енергозбереження. Наприклад, програмами можуть бути передбачені гранти для модернізації опалення в навчальних закладах або надані субсидії для покриття частини витрат на оновлення енергетичної інфраструктури. Зазвичай такі програми вимагають участі у тендерах або виконання певних вимог до проектів.

У рамках таких програм можна отримати фінансування на установку енергоефективних систем опалення, утеплення будівель, заміну старих котлів на більш ефективні, використання відновлюваних джерел енергії. Однак для того, щоб отримати грант чи підтримку, необхідно підготувати чітко сформульований проект, врахувати всі технічні вимоги і забезпечити правильну документацію. Важливо також розуміти, що гранти є безповоротними коштами, що значно знижує фінансові ризики для організації.

Програми державної підтримки можуть бути дуже корисними для забезпечення початкового етапу реалізації проекту. Однак через конкуренцію та обмеженість бюджету не завжди можливо повністю покрити всі витрати, тому їх слід поєднувати з іншими джерелами фінансування.

4.7.2. Залучення приватних інвесторів

Залучення приватних інвесторів є ще одним можливим джерелом фінансування для реалізації проекту модернізації опалення навчального корпусу №6. Інвестори

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

можуть бути зацікавлені у фінансуванні таких проектів через потенційні вигоди від енергоефективних заходів, які дозволяють знизити витрати на енергоресурси. Умови співпраці з інвесторами можуть бути різними, в залежності від бажаної форми участі: від прямого інвестування в проект до спільного фінансування з подальшим розподілом економічного ефекту.

Залучення інвесторів може бути особливо корисним для забезпечення середньотривалих довгострокових фінансових потреб проекту. Вони можуть бути зацікавлені в проектуванні, встановленні та експлуатації енергоефективних систем у вигляді довгострокових контрактів або консорціумів. Перевагою залучення інвесторів є наявність додаткових фінансових ресурсів без необхідності отримувати кредитні кошти, що може бути особливо важливо в умовах нестабільності економічної ситуації в Україні.

Для успішного залучення інвесторів необхідно надати чіткий бізнес-план, що включає розрахунки економічного ефекту від реалізації проекту, а також прогнозовані терміни повернення інвестицій. Інвестори, зазвичай, орієнтуються на довгострокові вигоди, тому важливо продемонструвати, як модернізація опалення сприятиме економії на енергоресурсах та зниженню витрат.

Однак варто зазначити, що залучення інвесторів може бути пов'язано з певними ризиками, такими як необхідність дотримання умов угоди, виплата частини економічного ефекту або поділ прибутку, що може не завжди бути вигідним для сторін, які намагаються зберегти повний контроль над проектом.

4.7.3. Можливості кредитування та лізингу

Кредитування та лізинг є ще двома важливими інструментами фінансування, які можуть бути використані для реалізації проекту модернізації опалення навчального корпусу №6 НУВГП. Кредитування дозволяє організації отримати необхідні кошти для реалізації проекту з подальшим погашенням за певний період. Лізинг, у свою чергу, дозволяє орендувати необхідне обладнання з правом викупу, що є вигідним для проектів, де потрібно оновити технічне оснащення або придбати дороге енергозберігаюче обладнання.

Для кредитування можна звертатися до банків чи фінансових установ, які надають кредити на енергоефективні проекти. Однак варто враховувати, що під час війни та економічної нестабільності в Україні умови кредитування можуть бути менш сприятливими: банки можуть підвищити процентні ставки або вимагати до-

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

даткові гарантії для забезпечення кредиту. У цьому контексті важливо уважно вибирати кредитні установи та умови кредитування, щоб не збільшити фінансове навантаження на проект.

Лізинг є менш ризикованим варіантом, оскільки він дозволяє без значних одноразових витрат отримати необхідне обладнання, а також дозволяє організації розподіляти витрати на оплату протягом певного періоду. Лізинг може бути оптимальним рішенням, якщо потрібні дорогі елементи обладнання для модернізації системи опалення. Завдяки лізингу підприємства можуть зменшити початкові витрати і отримати доступ до найсучаснішого обладнання, що відповідає вимогам енергоефективності.

Однак важливо врахувати, що і кредитування, і лізинг потребують додаткових витрат на оплату відсотків або орендних платежів, що може збільшити загальну вартість проекту. Тому потрібно ретельно планувати фінансування і забезпечити ефективне управління витратами на кожному етапі реалізації проекту.

Загалом, використання кредитування та лізингу дає можливість реалізувати проект у найкоротші терміни, але важливо враховувати можливі фінансові ризики, пов'язані з відсотковими ставками та умовами погашення, що може вплинути на кінцеві витрати на опалення в навчальному корпусі.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5. ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Вплив впровадження енергоефективних технологій на зменшення викидів CO₂

Проект підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП, який включає як автоматизацію, так і використання теплових насосів, є прикладом комплексного підходу до підвищення енергоефективності та економічності будівель. Розглянуті рішення дозволяють оптимізувати теплове навантаження, зменшити витрати на енергію та знизити екологічний вплив через зменшення викидів CO₂.

Основні моменти проекту:

1. Автоматизація системи опалення:

– Включає автоматичне регулювання температури в залежності від зовнішніх умов, використання насосів з частотним регулюванням для економії енергії та балансувальних клапанів для рівномірного розподілу тепла.

– Розраховані зменшення тепловтрат на 15-20%, що дозволить значно знизити енергоспоживання.

2. Використання теплових насосів:

– Для заміни традиційних джерел тепла вибрано систему "грунт–вода", яка оптимально працює в умовах стабільної температури ґрунту.

– Це рішення дозволяє зменшити річне енергоспоживання на 188,655 кВт·год, що еквівалентно економії енергії до 75% порівняно з традиційними методами опалення.

3. Економічні та екологічні переваги:

– Зниження витрат на енергоспоживання та викиди CO₂, що підтверджує ефективність теплових насосів в умовах помірно-континентального клімату, де температура в зимовий період знижується до -21°C.

Перш за все, для оцінки енергоспоживання в будівлі було проведено розрахунки тепловтрат через основні огорожувальні конструкції: стіни, вікна та дах. Виходячи з цих розрахунків, загальні тепловтрати становлять 65.39 кВт. Ці втрати енергії призводять до значного споживання тепла, що збільшує потребу в енергетичних ресурсах для опалення.

Річне споживання тепла на опалення:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{опалення}} = 313,036 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \quad (5.1)$$

Це означає, що для підтримання комфортної температури в будівлі витрачається значна кількість енергії, яка здебільшого приходить від викидів CO₂, зокрема через спалювання палива для опалення.

Таблиця 5.1. Показники впровадження енергоефективних технологій на зменшення викидів CO₂

№	Опис	Величина	Одиниця виміру	Результат
1	Площа стін	465	м ²	465 м ²
2	Теплотехнічний опір стін	0.73	м ² ·°C/Вт	0.73 м ² ·°C/Вт
3	Температурна різниця	43	°C	43 °C
4	Тепловтрати через стіни	27,411	Вт	27.41 кВт
5	Площа вікон	25	м ²	25 м ²
6	Теплотехнічний опір вікон	0.3	м ² ·°C/Вт	0.3 м ² ·°C/Вт
7	Тепловтрати через вікна	3,583	Вт	3.58 кВт
8	Площа даху	400	м ²	400 м ²
9	Теплотехнічний опір даху	0.5	м ² ·°C/Вт	0.5 м ² ·°C/Вт
10	Тепловтрати через дах	34,400	Вт	34.4 кВт
11	Загальні тепловтрати	65.39	кВт	65.39 кВт
12	Річне споживання теплової енергії (опалення)	313,036	кВт·год	313,036 кВт·год
13	Теплове навантаження на вентиляцію (20%)	13.08	кВт	13.08 кВт
14	Споживання електроенергії для освітлення	4,800	Вт	4.8 кВт
15	Загальні енергетичні потреби будівлі	384,372	кВт·год	384,372 кВт·год
16	Споживання енергії для опалення (відсоток)	81%	%	81%
17	Споживання енергії для вентиляції (відсоток)	15%	%	15%
18	Споживання електроенергії (відсоток)	4%	%	4%

Аналіз енергетичних потреб навчального корпусу №6 показав, що основною частиною енергоспоживання є система опалення, яка спричиняє значні тепловтрати через неефективні огорожувальні конструкції, вікна з одинарним склом та неврегульованість розподілу тепла в приміщеннях. Загальні енергетичні потреби будівлі становлять 384,372 кВт·год на рік, з яких 81% припадає на опалення, 15% - на вентиляцію та 4% - на електроенергію для освітлення та роботи обладнання.

Впровадження енергоефективних технологій, таких як заміна вікон на енергозберігаючі, утеплення стін та даху, а також модернізація системи опалення, здатне значно зменшити тепловтрати та загальні енергетичні витрати. Це призведе до зниження споживання енергії для опалення та вентиляції, що, в свою чергу, сприяти-

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ме скороченню викидів CO₂. За допомогою таких заходів можна досягти зменшення енергетичних витрат на 20–30%, що прямо впливає на зниження впливу будівлі на навколишнє середовище та покращення енергоефективності.

Таким чином, енергоефективні заходи не тільки знижують витрати на енергію, але й позитивно впливають на екологічну ситуацію, сприяючи зменшенню викидів CO₂. Впровадження таких технологій є важливим кроком до сталого розвитку та досягнення енергетичної незалежності в межах конкретних будівель і загалом для країни.

5.2. Зниження рівня забруднення навколишнього середовища

Одним із найважливіших завдань для збереження екологічного балансу є зниження рівня забруднення навколишнього середовища. Впровадження енергоефективних технологій у різні сфери, зокрема в систему опалення будівель, має значний вплив на зменшення викидів шкідливих речовин, зокрема CO₂. Це сприяє не лише економії енергії, а й значному поліпшенню екологічної ситуації. У рамках проекту підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП було здійснено розрахунки зниження рівня викидів CO₂ на основі впроваджених енергоефективних технологій.

Перш ніж перейти до безпосередніх розрахунків, наведемо основні показники споживання енергії та викидів CO₂ до та після впровадження енергоефективних заходів.

1. Початкові показники (до впровадження заходів)

- Теплові втрати (опалення): 313,036 кВт·год/рік
- Викиди CO₂ при опаленні: 57,3 т CO₂ /рік
- Викиди CO₂ при вентиляції: 10,3 т CO₂ /рік
- Викиди CO₂ при освітленні: 3,8 т CO₂ /рік
- Загальні викиди CO₂ : 71,4 т CO₂ /рік

2. Прогнозовані показники (після впровадження енергоефективних заходів)

Враховуючи передбачуване зниження енергоспоживання на 25% після впровадження енергоефективних заходів, такі як утеплення будівлі, модернізація системи опалення, освітлення та вентиляції, прогнозуються наступні показники:

- Зниження викидів CO₂ на 25%: $71,4 \text{ т CO}_2 \times 0,25 = 17,8 \text{ т CO}_2$

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Загальні викиди CO₂ після впровадження заходів: 71,4 т CO₂ – 17,8 т CO₂ = 53,6 т CO₂ /рік

Таблиця 5.2. Розрахунок викидів CO₂ до та після впровадження енергоефективних заходів

Показник	До впровадження заходів	Після впровадження заходів	Зменшення (в % та т)
Викиди CO ₂ при опаленні (т/рік)	57,3	42,98	-14,32 (25%)
Викиди CO ₂ при вентиляції (т/рік)	10,3	7,725	-2,575 (25%)
Викиди CO ₂ при освітленні (т/рік)	3,8	2,85	-0,95 (25%)
Загальні викиди CO ₂ (т/рік)	71,4	53,6	-17,8 (25%)

Впровадження енергоефективних технологій, таких як утеплення будівлі, заміна старого обладнання на нове, що споживає менше енергії, сприяє значному зниженню викидів CO₂ в атмосферу. У результаті зниження викидів на 25% буде зекономлено 17,8 т CO₂ щорічно. Це має суттєвий позитивний ефект на зниження рівня забруднення навколишнього середовища та поліпшення якості повітря в регіоні.

Зниження рівня забруднення навколишнього середовища є важливим етапом у реалізації проекту підвищення енергоефективності навчального корпусу № 6 НУВГП. Впровадження енергоефективних заходів дозволяє зменшити викиди CO₂ на 25%, що відповідає зниженню забруднення навколишнього середовища на 17,8 тонн щорічно. Такі заходи сприяють досягненню сталого розвитку, зменшенню впливу на глобальне потепління та покращенню екологічної ситуації в цілому.

5.3. Використання екологічно чистих технологій у системі опалення

В умовах сучасних глобальних екологічних викликів, однією з ключових стратегій сталого розвитку є впровадження екологічно чистих технологій, зокрема в системах енергозабезпечення та опалення. Використання таких технологій дозволяє значно знизити рівень забруднення навколишнього середовища, зменшити споживання енергоресурсів та покращити енергоефективність будівель. Особливо важливим це є для навчальних закладів, де запровадження таких заходів не лише позитивно впливає на екологію, але й створює комфортні умови для навчального

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

процесу. В рамках проекту підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП було розглянуто можливість використання екологічно чистих технологій, які здатні знизити споживання енергоресурсів і мінімізувати викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Переваги використання теплових насосів

Теплові насоси (ТН) використовують відновлювані джерела енергії, такі як ґрунт, вода або повітря, для перетворення низькопотенційного тепла в високопотенційне, яке потім використовується для опалення будівлі. Це дозволяє значно знизити споживання традиційних енергоресурсів, таких як природний газ чи вугілля, що позитивно позначається на екологічній ситуації.

Основні переваги застосування теплових насосів:

- 1. Екологічність: Теплові насоси працюють на відновлюваних джерелах енергії, що знижує викиди CO₂ та інших забруднювачів у атмосферу.*
- 2. Енергоефективність: Системи теплових насосів мають високий коефіцієнт перетворення тепла (COP), що дозволяє забезпечити значну економію енергії порівняно з традиційними системами опалення.*
- 3. Зниження витрат на енергоресурси: Використання теплових насосів дозволяє значно знизити витрати на споживання природного газу та інших енергоносіїв.*
- 4. Забезпечення стабільного теплопостачання: Системи типу "ґрунт–вода" забезпечують стабільну роботу ТН навіть в зимовий період, коли температура навколишнього середовища може бути низькою.*

Застосування теплових насосів у навчальному корпусі №6 НУВГП

Для забезпечення енергоефективності та екологічної чистоти системи опалення в навчальному корпусі №6 НУВГП була обрана система теплових насосів типу "ґрунт–вода". Цей тип теплових насосів має кілька ключових переваг:

- Стабільність температури ґрунту: Оскільки температура ґрунту залишається стабільною протягом року, система забезпечує стабільне тепло навіть у холодні зимові місяці.*
- Економічна ефективність: Встановлення теплових насосів дозволяє значно знизити витрати на опалення будівлі порівняно з традиційними системами.*

Технічні характеристики та розрахунки

Для забезпечення опалення корпусу №6 було обрано тепловий насос Viessmann Vitocal 300-G з наступними характеристиками:

- Теплова потужність: 70 кВт*
- Коефіцієнт перетворення (COP): 4.8*

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Робочий діапазон температур: від -20°C до +25°C
- Електрична потужність: 14.6 кВт
- Глибина свердловин: 80 м
- Кількість свердловин: 10
- Матеріал трубопроводів: поліетилен високої щільності (PE100)

Енергоспоживання та економія

1. Розрахунки показують, що для покриття тепловтрат будівлі після модернізації (52.49 кВт) з урахуванням запасу на пікові навантаження (15%), необхідна потужність ТН становить 60.36 кВт. Вибраний тепловий насос має потужність 70 кВт, що повністю задовольняє потреби в опаленні.

2. Енергоспоживання теплового насоса на рік становить приблизно 63,000 кВт•год.

3. Порівняно з традиційною системою опалення, річне енергоспоживання без теплового насоса становить 251,655 кВт•год. Таким чином, економія енергії становить 188,655 кВт•год, що є суттєвою економією.

4. Впровадження теплового насоса дозволяє зменшити викиди CO₂ на 50 т/рік, що сприяє поліпшенню екологічної ситуації в регіоні.

Використання теплових насосів у якості альтернативного джерела тепла є ефективним і екологічно чистим рішенням для системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП. Застосування таких технологій дозволяє не тільки знизити енергоспоживання та витрати на опалення, але й зробити значний внесок у збереження навколишнього середовища, зменшивши викиди парникових газів. Це рішення є не лише економічно вигідним, але й екологічно доцільним для сучасних навчальних закладів.

5.4. Вплив на екологічну стійкість навчального корпусу

Екологічна стійкість є важливим аспектом у проектуванні та експлуатації навчальних корпусів, оскільки вона визначає не тільки ефективність використання ресурсів, але й вплив на навколишнє середовище. З урахуванням глобальних викликів, таких як зміна клімату, виснаження природних ресурсів та забруднення навколишнього середовища, зростає необхідність в адаптації будівель до сучасних вимог сталого розвитку. Впровадження екологічно чистих технологій і підходів у систему опалення, енергозабезпечення та управління відходами має важливе значення для підвищення екологічної стійкості навчального корпусу.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Використання теплових насосів дозволяє ефективно використовувати тепло з природних джерел (повітря, води або ґрунту), що знижує навантаження на енергетичні системи та зменшує негативний вплив на довкілля. Такі системи мають високий коефіцієнт перетворення енергії (COP), що робить їх не тільки екологічно чистими, але й економічно ефективними.

Екологічна стійкість навчального корпусу також залежить від застосування енергозберігаючих технологій в усіх аспектах будівлі. Заміна застарілих систем освітлення на енергозберігаючі LED лампи, використання теплоізоляційних матеріалів для стін, даху та вікон, а також інтеграція систем автоматичного регулювання температури і освітлення допомагають значно зменшити споживання енергії. Встановлення розумних систем управління, які забезпечують автоматичне включення/вимкнення освітлення та опалення залежно від потреб, дозволяє оптимізувати енергоспоживання і зменшити витрати.

Екологічна стійкість навчального корпусу безпосередньо пов'язана з ефективністю управління відходами. Організація системи сортування та переробки відходів на території навчального корпусу дозволяє значно зменшити кількість відходів, що потрапляють на звалища. Впровадження роздільного збору для паперу, пластику, скла, органічних відходів та металів дає можливість для їх подальшої переробки. Також важливим є скорочення використання одноразових пластикових виробів у навчальному корпусі, що допомагає знизити забруднення навколишнього середовища і зменшити негативний вплив на екосистеми.

Впровадження екологічно чистих технологій та практик в навчальний корпус №6 НУВГП є важливим кроком до підвищення його екологічної стійкості. Використання відновлюваних джерел енергії, енергозберігаючих технологій, ефективне управління водними ресурсами та відходами, а також застосування природних матеріалів сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище і забезпечують сталий розвиток будівлі. Такий підхід не тільки позитивно позначається на екології, але й дає можливість значно знизити витрати на енергоспоживання та експлуатацію будівлі.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КОНТРОЛЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Формування робочої групи для реалізації проєкту

Метою цього проєкту є створення та впровадження ефективної системи для реалізації специфічних завдань, що виникають у рамках діяльності в навчального корпусу №6 НУВГП. Завдання робочої групи полягають у розробці, тестуванні та впровадженні цього проєкту згідно з чітко визначеними термінами та вимогами. Основні завдання робочої групи:

- Проведення аналізу поточної ситуації та визначення необхідних змін.
- Розробка детального плану впровадження проєкту.
- Координація роботи всіх учасників групи.
- Оцінка та контроль за виконанням проєкту.

Всі члени робочої групи виконують конкретні функції, що забезпечують ефективно реалізацію проєкту. Кожен учасник має визначені обов'язки для забезпечення високої якості виконання завдань:

- Керівник проєкту - координує роботу команди, контролює реалізацію завдань, аналізує виконання плану.
- Фахівець з аналізу та досліджень - проводить дослідження поточного стану, оцінює потреби в ресурсах та пропонує зміни.
- Технічний експерт - відповідає за розробку технічних рішень та забезпечення їх впровадження.
- Фінансовий консультант - проводить аналіз бюджетних витрат, контролює витрати на етапах реалізації.
- Менеджер з комунікацій - організовує комунікації як всередині групи, так і з іншими зацікавленими сторонами, готує інформаційні матеріали.
- Координатор з контролю якості - здійснює контроль за виконанням завдань згідно з вимогами стандартів якості та стандартів компанії.

Робоча група складається з кількох підгруп, кожна з яких відповідає за певний напрямок реалізації проєкту:

- Управлінська підгрупа - займається стратегічним плануванням та контролем за виконанням.
- Аналітична підгрупа - проводить дослідження, збирає дані та готує аналітичні матеріали.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Технічна підгрупа - розробляє технічні рішення, відповідає за тестування та впровадження нових систем.

- Фінансова підгрупа - займається бюджетуванням та моніторингом витрат.

- Комунікаційна підгрупа - організовує внутрішнє та зовнішнє спілкування, інформує всіх зацікавлених осіб про хід реалізації проєкту.

Це дозволить не тільки забезпечити успішну реалізацію проєкту, але й підвищити загальний рівень командної роботи та ефективності в межах майбутніх ініціатив.

6.2. Розробка поетапного плану впровадження заходів

Підготовчий етап

- Аналіз вимог до проєкту:

- Термін: 1–2 дні.

- Відповідальні: Проектний менеджер, інженери.

- Оцінка технічних вимог щодо насосів та автоматизації.

- Оформлення технічного завдання.

- Формування робочої групи:

- Термін: 1 день.

- Відповідальні: Проектний менеджер.

- Формування команди з монтажників, інженерів, операторів автоматизації.

- Оцінка ресурсів і закупівля:

- Термін: 3–5 днів.

- Відповідальні: Закупівельний відділ, інженери.

- Оцінка та закупівля насосів, матеріалів для монтажу.

2. Монтаж насосів

- Підготовка до монтажу насосів:

- Термін: 1 день.

- Відповідальні: Керівник проєкту, монтажна бригада.

- Підготовка майданчиків, розміщення насосного обладнання.

- Встановлення насосів:

- Термін: 3–5 днів.

- Відповідальні: Монтажники, інженери.

- Встановлення насосів на визначених точках системи опалення.

- Підключення електроживлення та трубопроводів.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- *Тестування роботи насосів:*

- *Термін: 2–3 дні.*
- *Відповідальні: Інженер з налагодження, монтажники.*
- *Перевірка роботи насосів на всіх режимах.*

3. Автоматизація системи опалення

- *Проектування та налаштування автоматизації:*

- *Термін: 5–7 днів.*
- *Відповідальні: Інженери з автоматизації.*

– *Проектування та налаштування контролерів і датчиків для регулювання роботи насосів.*

- *Тестування та калібрування автоматизації:*

- *Термін: 3–5 днів.*
- *Відповідальні: Інженери автоматизації, системні адміністратори.*

– *Тестування та коригування параметрів автоматизації для оптимальної роботи насосів.*

4. Аналіз результатів і оцінка роботи

- *Оцінка ефективності встановлених насосів:*

- *Термін: 2–3 дні після налаштування.*
- *Відповідальні: Керівник проекту, інженер з аналізу.*

– *Оцінка зниженої енергоспоживаності та підвищеної ефективності роботи системи.*

- *Аналіз роботи автоматизованої системи опалення:*

- *Термін: 3–5 днів.*
- *Відповідальні: Інженери з автоматизації, проектний менеджер.*

– *Оцінка зручності в управлінні, точності регулювання температури та ефективності роботи.*

5. Заключний етап

- *Презентація результатів проекту:*

- *Термін: 1 день.*
- *Відповідальні: Керівник проекту, інженери.*
- *Презентація підсумків робіт перед замовниками або керівництвом.*

- *Документування та звітність:*

- *Термін: 2–3 дні.*
- *Відповідальні: Проектний менеджер, технічний відділ.*

– *Підготовка документації для передачі в експлуатацію, звіти про виконану роботу.*

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6. Післяпроектна оцінка

- Оцінка ефективності проекту:

- Термін: 1–2 дні після запуску системи.

- Відповідальні: Керівник проекту, фахівці з експлуатації.

- Підсумкова оцінка результатів проекту: наскільки система працює ефективно і економічно.

6.3. Контроль за виконанням кожного етапу модернізації

Модернізація системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП передбачає реалізацію комплексу заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності, зниження витрат на енергоспоживання та забезпечення комфортних умов.

6.3.1. Встановлення обладнання

Встановлення теплового насоса «грунт–вода»

Технічні характеристики теплового насоса Viessmann Vitocal 300-G:

- Тип насоса: «грунт–вода»
- Теплова потужність: 70 кВт.
- Коефіцієнт перетворення (COP): 4.8.
- Робочий діапазон температур: від -20°C до +25°C.
- Електрична потужність: 14.6 кВт.

Етапи встановлення теплового насоса:

1. Підготовка місця для встановлення насоса:

- Визначення технічного приміщення для монтажу обладнання.
- Розміщення на основі вимог до вентиляції, доступу до контурів і безпеки.

2. Монтаж первинного контуру:

- Матеріал трубопроводів: поліетилен високої щільності (PE100).
- Глибина свердловин: 80 м, кількість свердловин – 10.
- Проведення бурильних робіт з урахуванням геологічних особливостей місцевості.
- Заповнення контуру розчином пропіленгліколю як теплоносія.

- Підключення трубопроводів до теплового насоса через теплообмінник.

3. Підключення вторинного контуру:

- Встановлення буферної ємності об'ємом 500 л.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Підключення до існуючої двотрубною системи опалення.
- Забезпечення ізоляції труб для зменшення тепловтрат.

4. Налаштування та тестування системи:

- Підключення електроживлення.
- Перевірка роботи системи на різних режимах (пікових і базових).
- Моніторинг температури і продуктивності.

Контрольні заходи:

- Візуальна перевірка герметичності трубопроводів.
- Випробування насосів на повну потужність.
- Вимірювання COP для підтвердження ефективності роботи.

Встановлення насосів з частотним регулюванням Grundfos MAGNA3

Технічні характеристики насосів Grundfos MAGNA3:

• Функції: адаптивне регулювання швидкості потоку залежно від теплового навантаження.

- Енергоспоживання: до 40% менше порівняно з традиційними насосами.

Етапи встановлення насосів:

1. Підготовчі роботи:

- Визначення місць встановлення насосів у теплових вузлах.
- Перевірка системи водопостачання і підключення до мережі.

2. Монтаж насосів:

- Установка на магістральних трубопроводах системи опалення.
- Підключення до контролера через цифровий інтерфейс (Modbus RTU або BACnet).

3. Налаштування насосів:

- Програмування параметрів роботи відповідно до потреб будівлі.
- Тестування роботи насоса на різних швидкостях потоку.

Контрольні заходи:

- Перевірка параметрів енергоспоживання в режимі тестування.
- Оцінка адаптивної роботи в залежності від теплового навантаження.

Встановлення балансувальних клапанів HERZ 4006

Технічні характеристики клапанів HERZ 4006:

- Робочий діапазон температур: від 5°C до 110°C.
- Номінальний діаметр: DN15–DN50.

Етапи встановлення балансувальних клапанів:

1. Вибір точок монтажу:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Встановлення на стояках і магістралях для рівномірного розподілу теплоносія між поверхами.

2. Монтаж:

- Підключення клапанів із використанням фітінгів відповідного діаметра.
- Забезпечення герметичності з'єднань.

3. Балансування системи:

- Налаштування клапанів для рівномірного розподілу теплоносія.
- Перевірка температури в кожному приміщенні.

Контрольні заходи:

- Використання тепловізора для моніторингу рівномірності розподілу тепла.
- Перевірка герметичності після завершення монтажу.

Встановлення термостатичних клапанів і датчиків температури

Технічні характеристики термостатичних клапанів:

- Модель: HERZ з електронними сервоприводами.
- Призначення: індивідуальне регулювання температури в кожному приміщенні.

Етапи встановлення:

1. Монтаж клапанів:

- Встановлення на кожному радіаторі.
- Підключення до центрального контролера.

2. Інсталяція датчиків температури та вологості:

- Модель: Siemens QAC22 (зовнішні), QAA55 (внутрішні).
- Розміщення зовнішніх датчиків на північній стороні будівлі.
- Встановлення внутрішніх датчиків у кожному приміщенні.

3. Інтеграція з системою управління:

- Підключення до контролера через бездротові або дротові інтерфейси.

Контрольні заходи:

- Перевірка роботи термостатів і датчиків у тестовому режимі.
- Аналіз відповідності встановлених температурних параметрів заданим.

Встановлення програмного забезпечення для моніторингу

Основні функції ПЗ:

- Моніторинг у реальному часі.
- Збір даних про енергоспоживання.
- Управління температурним режимом.

Етапи впровадження:

1. Інсталяція ПЗ:

- Установка на локальний сервер.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Налаштування доступу через браузер і мобільний додаток.

2. Інтеграція обладнання:

– Підключення всіх елементів системи до контролера.

– Створення єдиної бази даних для аналізу ефективності.

3. Тестування системи:

– Перевірка роботи інтерфейсу для управління температурними режимами.

– Тестовий запуск у різних режимах навантаження.

Контрольні заходи:

- Тестування функцій моніторингу в реальному часі.

- Підготовка звітів для оцінки ефективності роботи.

Виконання кожного етапу модернізації вимагає ретельного контролю якості та відповідності встановленого обладнання технічним вимогам. Інтеграція сучасних технологій забезпечує високу енергоефективність і комфортні умови для навчання, знижуючи витрати на опалення.

6.3.2. Налагодження систем моніторингу

Налагодження системи моніторингу є одним із ключових етапів впровадження автоматизованої системи управління опаленням навчального корпусу №6 НУВГП. Воно включає перевірку роботи всіх компонентів системи, забезпечення стабільного обміну даними між обладнанням і програмним забезпеченням, а також тестування ефективності роботи в різних режимах.

Система моніторингу складається з таких компонентів:

1. Датчики температури та вологості: забезпечують зчитування параметрів навколишнього середовища (модель: Siemens QAA55 та QAC22).

2. Контролери: обробляють дані від датчиків і керують виконавчими механізмами (модель: Danfoss ECL Comfort 310).

3. Виконавчі механізми: регулятори, балансувальні клапани, насоси з частотним регулюванням.

4. Програмне забезпечення: інтерфейс для управління та аналізу даних.

5. Система передачі даних: Ethernet, Wi-Fi або ZigBee для зв'язку між компонентами.

Етапи налагодження системи моніторингу

1. Налагодження датчиків температури та вологості

Процес налагодження:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Інсталяція датчиків у відповідних зонах:

– Зовнішні датчики Siemens QAC22 встановлюються на північній стороні будівлі для уникнення впливу сонячного випромінювання.

– Внутрішні датчики Siemens QAA55 розміщуються в кожному приміщенні.

- Перевірка точності показників:

– Тестування в різних умовах (при зміні температури та вологості).

– Калібрування за допомогою референсного обладнання.

- Інтеграція з контролером:

– Підключення через дротові або бездротові інтерфейси (Modbus або BACnet).

Контрольні заходи:

- Перевірка передачі даних до центрального контролера.

- Тестування синхронізації показників із програмним забезпеченням.

2. Налагодження роботи контролера

Процес налагодження:

- Програмування контролера:

– Введення параметрів роботи, включаючи температурні режими, часові графіки.

– Налаштування алгоритмів управління насосами, клапанами та іншими виконавчими механізмами.

- Інтеграція із зовнішніми датчиками та виконавчими механізмами.

- Тестування алгоритмів управління:

– Перевірка роботи в режимах пікового та зниженого навантаження.

– Адаптація до змін зовнішньої температури.

Контрольні заходи:

- Оцінка стабільності роботи контролера.

- Перевірка можливості віддаленого доступу через програмне забезпечення.

3. Тестування виконавчих механізмів

Процес налагодження:

- Балансувальні клапани HERZ 4006:

– Тестування рівномірного розподілу теплоносія.

– Перевірка регулювання потоку для кожного поверху.

- Термостатичні клапани HERZ:

– Перевірка індивідуального регулювання температури в приміщеннях.

- Насоси Grundfos MAGNA3:

– Налаштування частотного регулювання швидкості.

– Тестування адаптивної роботи в залежності від теплового навантаження.

Контрольні заходи:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Моніторинг роботи кожного механізму через програмний інтерфейс.
- Усунення відхилень у роботі виявлених під час тестування.

4. Інсталяція та тестування програмного забезпечення

Процес налагодження:

- Інсталяція програмного забезпечення на сервері:

– Налаштування бази даних для зберігання інформації про енергоспоживання, параметри роботи.

– Інтеграція з усіма компонентами системи через локальну мережу.

- Створення користувацького інтерфейсу:

– Відображення температури, вологості, споживання енергії.

– Забезпечення функції управління параметрами системи (зміна температурного режиму, встановлення графіків).

- Тестування функціоналу:

– Моніторинг у реальному часі.

– Створення звітів для аналізу ефективності системи.

Контрольні заходи:

- Перевірка коректності відображення даних з датчиків.

• Тестування стабільності роботи програмного забезпечення під час пікових навантажень.

5. Перевірка системи передачі даних

Процес налагодження:

- Тестування всіх каналів зв'язку (Ethernet, Wi-Fi або ZigBee):

– Перевірка швидкості передачі даних.

– Аналіз надійності з'єднання.

- Забезпечення безпеки даних:

– Налаштування захисту від несанкціонованого доступу.

– Впровадження резервного зберігання даних на хмарному сервері.

Контрольні заходи:

- Проведення тестового моніторингу протягом тижня.

- Виправлення виявлених недоліків у роботі передачі даних.

Результати налагодження системи моніторингу

Після завершення всіх етапів налагодження система моніторингу дозволить:

• Забезпечити постійний контроль параметрів роботи: температури, вологості, енергоспоживання.

• Підвищити ефективність управління: оптимізація теплопостачання залежно від умов експлуатації.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Зменшити витрати на енергоресурси: контроль і коригування параметрів роботи в реальному часі.

- Виявляти несправності: система буде сигналізувати про відхилення в роботі обладнання.

Система моніторингу дозволяє реалізувати комплексний підхід до управління системою опалення, забезпечуючи високий рівень енергоефективності та комфорт для користувачів.

6.4. Використання сучасних методів управління проєктами

Для ефективної реалізації проєкту модернізації системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП важливим є використання сучасних методів управління проєктами. Ці методи дозволяють забезпечити чіткий контроль над процесами, координацію дій учасників і своєчасне виконання завдань.

6.4.1. Програмне забезпечення для керування проєктами

Використання сучасного програмного забезпечення (ПЗ) є ключовим інструментом для управління великими інженерними проєктами. Воно дозволяє:

- планувати і контролювати строки виконання завдань;
- координувати роботу команди;
- моніторити ресурсне забезпечення;
- аналізувати ризики та відхилення від плану.

Вибір ПЗ для керування проєктом

Для управління проєктом модернізації системи опалення рекомендовано використовувати наступне програмне забезпечення:

1. Microsoft Project

– Функції: складання графіків, управління ресурсами, аналіз критичного шляху.

– Переваги: гнучкість у створенні проєктних планів; можливість інтеграції з іншими інструментами (Excel, SharePoint).

– Роль у проєкті: розробка графіка виконання етапів модернізації; розподіл обов'язків між учасниками.

2. Trello

– Функції: візуалізація задач за допомогою канбан-дошок.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Переваги: простота використання; зручний інтерфейс; відстеження статусу кожного завдання.

– Роль у проєкті: організація задач за етапами, відслідковування їхнього прогресу.

3. Primavera P6

– Функції: управління складними проєктами з багатьма учасниками.

– Переваги: аналіз ризиків, управління строками та фінансами.

– Роль у проєкті: моніторинг витрат і строків на етапах буріння свердловин, монтажу обладнання та пусконаладжувальних робіт.

4. Slack

– Функції: комунікація в реальному часі, інтеграція з іншими ПЗ.

– Переваги: швидкий доступ до оновлень, обмін файлами.

– Роль у проєкті: забезпечення оперативного зв'язку між учасниками проєкту.

Роль програмного забезпечення в проєкті

- Планування: ПЗ дозволяє створити інтерактивний графік виконання проєкту, що включає всі етапи модернізації.

- Контроль ресурсів: управління матеріальними і фінансовими ресурсами.

- Звітування: автоматичне формування звітів про стан виконання проєкту.

6.4.2. Засоби комунікації між учасниками

Злагоджена комунікація є важливим чинником успіху проєкту. Для координації дій між учасниками використовується комплекс інструментів, що забезпечують обмін інформацією, звітність та взаємодію в реальному часі.

Основні засоби комунікації

1. Електронна пошта

– Роль у проєкті: обмін офіційними документами, технічними звітами, графіками виконання завдань.

– Інструменти: Microsoft Outlook, Gmail.

2. Чати та месенджери

– Роль у проєкті: швидке вирішення операційних питань.

– Інструменти: Slack, Microsoft Teams, Telegram.

– Функції: створення групових чатів для команд, можливість інтеграції з ПЗ для управління проєктами.

3. Відеоконференції

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Роль у проєкті: обговорення стратегічних питань, нарад, презентація проміжних результатів.

– Інструменти: Zoom, Google Meet, Microsoft Teams.

4. Хмарні сервіси для зберігання даних

– Роль у проєкті: забезпечення доступу до технічної документації, графіків і звітів.

– Інструменти: Google Drive, OneDrive, Dropbox.

Організація комунікації між учасниками

- Регулярні зустрічі:

– Формат: онлайн або офлайн.

– Частота: щотижневі оперативні наради, щомісячні звіти про прогрес.

- Оновлення статусу завдань:

– Інструменти: Trello, Microsoft Project.

– Відповідальні: кожен учасник оновлює статус виконання своїх завдань.

- Розподіл обов'язків:

– Створення контактної таблиці з відповідальними за кожен етап.

- Протоколювання зустрічей:

– Протоколи записуються в хмарне сховище з доступом для всіх учасників.

6.5. Навчання персоналу та студентів правилам експлуатації нових систем

Ефективне функціонування автоматизованої системи опалення та моніторингу залежить не лише від технічної реалізації, але й від рівня підготовки користувачів. Важливо забезпечити навчання персоналу та студентів правилам експлуатації для досягнення максимального результату від впроваджених технологій.

Мета навчання

1. Персонал: Отримання знань і навичок для належного управління, технічного обслуговування та моніторингу системи.

2. Студенти: Підвищення рівня обізнаності про раціональне використання енергоресурсів.

Етапи навчання

1. Навчання персоналу

Цільова аудиторія:

- Технічний персонал, що відповідає за експлуатацію системи.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Адміністрація, яка контролює витрати на енергоресурси.

Форма проведення:

- Семінари та тренінги:

– Теми:

- Робота з програмним забезпеченням для моніторингу.
- Налаштування температурних режимів.
- Виявлення та усунення несправностей.

– Методика: Презентації, практичні заняття на обладнанні.

- Технічні інструкції:

– Документація з детальним описом процедур обслуговування.

Контроль знань:

- Проведення тестування після навчання.
- Практична демонстрація навичок.

2. Інформаційна кампанія для студентів

Мета:

- Формування культури енергоефективної поведінки.
- Ознайомлення з правилами користування новою системою опалення.

Форма проведення:

- Лекції та презентації:

– Теми:

- Як працює автоматизована система опалення.
- Правила користування термостатами.
- Роль кожного користувача у зменшенні енерговитрат.
- Роздаткові матеріали:

– Брошури з короткими інструкціями та рекомендаціями.

Контроль знань:

- Проведення анкетування для оцінки розуміння студентами основних правил.

Результати навчання

• Підготовлений персонал, здатний ефективно експлуатувати систему та своєчасно вирішувати проблеми.

• Підвищення обізнаності студентів, що сприятиме зменшенню нераціонального використання енергії.

6.6. Впровадження системи автоматичного моніторингу енерговитрат

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Впровадження системи автоматичного моніторингу енерговитрат є завершальним етапом модернізації системи опалення. Ця система дозволяє у реальному часі відстежувати показники споживання енергії, аналізувати ефективність роботи обладнання та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації енергоспоживання.

Основні компоненти системи моніторингу

1. Датчики та лічильники:

- Функції: Збір даних про температуру, вологість, енергоспоживання.
- Моделі: Siemens QAC22, QAA55.

2. Контролери:

- Модель: Danfoss ECL Comfort 310.
- Функції: Обробка даних і управління системою опалення.

3. Програмне забезпечення:

- Інструменти для візуалізації та аналізу даних.
- Функції:
 - Моніторинг у реальному часі.
 - Формування звітів про енергоспоживання.

4. Мережа передачі даних:

- Ethernet або Wi-Fi для забезпечення зв'язку між компонентами.

Етапи впровадження

1. Монтаж обладнання для моніторингу

- Інсталяція датчиків на всіх ключових вузлах системи опалення.
- Встановлення контролера для збору та обробки даних.

2. Інтеграція з програмним забезпеченням

- Підключення обладнання до серверу або хмарного сховища.
- Налаштування інтерфейсу для управління та звітування.

3. Налаштування автоматичних алгоритмів

- Програмування параметрів роботи, зокрема температурних режимів і часових графіків.

- Впровадження системи попереджень про відхилення у роботі.

4. Тестування системи

- Тестування у різних режимах роботи (пікове та базове навантаження).
- Аналіз точності зчитування даних та їхньої обробки.

Переваги автоматичного моніторингу

1. Ефективне управління енергоспоживанням:

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Оптимізація теплопостачання для кожної зони будівлі.
- Зменшення надмірного використання енергії.
- 2. Виявлення несправностей:
 - Своєчасне інформування про поломки або неефективну роботу обладнання.
- 3. Зменшення витрат:
 - Раціональне використання енергоносіїв дозволяє суттєво скоротити витрати.
- 4. Екологічна користь:
 - Зниження викидів CO₂ за рахунок ефективного використання енергії.

Результати впровадження

- Автоматизація процесів контролю енергоспоживання.
- Підвищення енергоефективності будівлі.
- Забезпечення прозорості витрат на енергоресурси.
- Можливість аналізу даних для подальшої оптимізації системи.

6.7. Підготовка документації для звітності про виконані заходи

Розробка документації для звітності є важливою складовою завершення проєкту модернізації системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП. Чітке та повне оформлення документів забезпечує:

- відповідність виконаних робіт нормативним вимогам;
- прозорість для замовника;
- юридичний захист сторін у разі виникнення спірних питань.

Основні види документації

1. Загальна технічна документація

- Робочий проєкт модернізації.
- Виконавча документація, яка підтверджує відповідність виконаних робіт технічному проєкту.
- Технічний паспорт об'єкта після модернізації.

2. Документи про виконані роботи

- Акти виконаних робіт (форми КБ-2в та КБ-3).
- Довідки про використані матеріали та обладнання.
- Фотофіксація основних етапів виконання робіт.

3. Фінансова звітність

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Кошториси фактичних витрат.

– Акти списання матеріалів.

4. Документація з введення в експлуатацію

– Акт прийому-передачі системи в експлуатацію.

– Протоколи випробувань та тестувань.

– Сертифікати відповідності на обладнання.

Опис основних документів

1. Акт виконаних робіт (КБ-2в)

Призначення: Підтвердження виконання конкретних робіт із деталізацією обсягів та вартості.

Основні розділи акта:

- Дані про сторони (підрядник, замовник).
- Перелік виконаних робіт.
- Кількісні показники (метраж, кількість обладнання, обсяг монтажних робіт).
- Вартість кожної категорії робіт.
- Підписи сторін.

ДОКУМЕНТАЦІЯ:

****АКТ ВИКОНАНИХ РОБІТ****

Дата: _____	Замовник: _____	Підрядник: _____
_____ № Вид робіт Обсяг Вартість (грн) --		
--- ----- ----- ----- 1		
Монтаж теплового насоса 1 шт. 187,000 2		
Буріння свердловин 10 свердловин 80,000 3 Установлення		
балансувальних клапанів 15 клапанів 25,000		
Разом:		
Підписи:		
	Замовник: _____	
	Підрядник: _____	

****АКТ ПРИЙОМУ-ПЕРЕДАЧІ СИСТЕМИ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ****

Дата: _____	
Об'єкт: Навчальний корпус №6 НУВГП	
Система: Автоматизована система опалення	
Сторони:	
Замовник: _____	
Підрядник: _____	
Виконані випробування:	
1. Тестування роботи теплового насоса – **Пройдено**.	
2. Перевірка датчиків температури – **Пройдено**.	
3. Налаштування програмного забезпечення – **Пройдено**.	
Система готова до експлуатації.	
Підписи:	
	Замовник: _____
	Підрядник: _____

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

****ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ****

Дата: _____

Об'єкт: Навчальний корпус №6 НУВГП

****Перевірені параметри**:**

1. Температура теплоносія: _____ °С – ****Відповідає нормі****.

2. Робота насосів Grundfos MAGNA3: ****Стабільна****.

3. Балансування системи: ****Успішно виконано****.

Підписи:

Виконавець: _____

Замовник: _____

6.8. Постійний контроль за ефективністю функціонування оновленої системи

Постійний контроль за ефективністю роботи оновленої системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП є необхідною умовою для забезпечення її стабільного функціонування, мінімізації витрат енергії та дотримання нормативів комфорту. Такий контроль сприяє оперативному виявленню відхилень, зниженню ризику виникнення несправностей та підтриманню системи в оптимальному стані.

Мета постійного контролю

1. Моніторинг роботи обладнання: Відстеження параметрів роботи насосів, клапанів, датчиків і контролерів у режимі реального часу.
2. Оцінка енергоефективності: Аналіз фактичного споживання енергії порівняно з розрахунковими показниками.
3. Забезпечення комфорту: Підтримка оптимального температурного режиму в приміщеннях корпусу.
4. Прогнозування потреб в обслуговуванні: Планування профілактичних заходів для запобігання поломкам.

Компоненти системи контролю

1. Датчики моніторингу:
 - Зовнішні датчики температури (Siemens QAC22): Моніторять зовнішню температуру для регулювання роботи системи.
 - Внутрішні датчики температури (Siemens QAA55): Контролюють мікроклімат у кожному приміщенні.
2. Контролери (Danfoss ECL Comfort 310):

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– Обробляють дані з датчиків та забезпечують управління виконавчими механізмами.

3. Програмне забезпечення для моніторингу:

– Відображає параметри роботи системи, генерує звіти, аналізує ефективність.

4. Мережа передачі даних:

– Ethernet або Wi-Fi забезпечує зв'язок між компонентами системи.

Методи постійного контролю

1. Автоматизований моніторинг у реальному часі

• Інструменти: Програмне забезпечення, інтегроване з усіма компонентами системи.

• Функції:

– Відображення температури, вологості, потоку теплоносія, енергоспоживання.

– Виявлення відхилень у параметрах роботи.

– Надсилання сповіщень у разі несправностей.

2. Регулярна перевірка обладнання

• Періодичність:

– Щомісячна перевірка основних вузлів (насосів, клапанів, контролерів).

– Щоквартальна профілактика датчиків та ізоляції трубопроводів.

• Процедура:

– Візуальний огляд обладнання.

– Тестування налаштувань та робочих параметрів.

3. Аналіз енерговитрат

• Показники:

– Фактичне споживання енергії порівняно з розрахунковими даними.

– Економія енергії після модернізації.

• Методи:

– Щомісячний звіт про споживання енергії.

– Порівняння з аналогічними періодами попередніх років.

4. Оцінка комфорту користувачів

• Інструменти:

– Опитування студентів та працівників про температурний режим у приміщеннях.

– Врахування скарг та пропозицій.

• Мета:

– Підтримка комфортного мікроклімату у всіх зонах будівлі.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Постійний контроль за ефективністю функціонування оновленої системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП є ключовим фактором для забезпечення її стабільної роботи та досягнення довгострокових цілей проєкту. Система моніторингу та управління не лише забезпечує якісну експлуатацію, але й відкриває можливості для подальшого вдосконалення інженерних рішень, що сприяє сталому розвитку та відповідності сучасним стандартам енергоефективності.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Отже, розробка автоматизованої системи опалення для навчального корпусу №6 НУВГП дозволить суттєво зменшити енергоспоживання та забезпечити комфортні умови для навчання. Впровадження таких заходів є доцільним як з технічної, так і з економічної точки зору. Використання теплових насосів "грунт–вода" для навчального корпусу №6 НУВГП є ефективним рішенням для зниження витрат на опалення та підвищення енергоефективності будівлі. Висока ефективність системи, економічна доцільність і екологічний ефект роблять цей проєкт вигідним для реалізації.

Використання теплових насосів у навчальному корпусі №6 НУВГП є енергоефективним, економічно вигідним і екологічно доцільним рішенням. Система дозволяє суттєво знизити витрати на опалення, зменшити викиди парникових газів та впровадити сучасні технології, які відповідають вимогам енергоефективності.

Впровадження теплових насосів у навчальний корпус №6 НУВГП є екологічно вигідним рішенням, яке дозволяє знизити викиди CO₂ на 24.8 т/рік, значно зменшити споживання енергоресурсів і зберегти природні ресурси. Це також сприяє зниженню витрат на енергію і підвищенню енергоефективності будівлі, що є важливим кроком до сталого розвитку університету та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Проєкт підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП є економічно та екологічно доцільним. Інвестиції в автоматизацію та встановлення теплового насоса забезпечать значне зменшення витрат на енергоресурси, скорочення викидів парникових газів та створення комфортних умов для навчання. Період окупності становить 3 роки, що підтверджує вигідність реалізації проєкту.

Економія витрат на енергоресурси після цього періоду дозволяє значно скоротити загальні витрати університету на опалення. Додаткові переваги: після окупності економія на енергоресурсах становить близько 603,696 грн/рік, що забезпечує подальшу стабільність і рентабельність проєкту. Комплексна оцінка показує, що весь проєкт модернізації системи опалення окупиться за 3 роки. Цей строк є прийнятним з точки зору ефективності інвестицій, а також відповідає сучасним вимогам до енергозбереження та екологічної безпеки.

Впровадження енергоефективних заходів дозволяє зменшити річні тепловтрати на 19.73%, а річне енергоспоживання – на 61,381 кВт·год. Загальна економія витрат на енергоресурси після реалізації проєкту становить 603,696 грн/рік, що забезпечує

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

окупність інвестицій у **3 роки**. Ці заходи значно скорочують експлуатаційні витрати, сприяють екологічній безпеці та підвищують комфортні умови в навчальних приміщеннях.

З реалізацією запропонованих заходів підприємство зможе заощадити на енергоресурсах 8 190 грн щомісяця, що складає 98 280 грн за рік. Це дозволить зменшити витрати на енергоносії та поліпшити економічні показники підприємства. Такі заходи сприятимуть не тільки зниженню витрат, але й поліпшенню фінансової стабільності та ефективності діяльності підприємства в цілому.

Аналіз енергетичних потреб навчального корпусу №6 показав, що основною частиною енергоспоживання є система опалення, яка спричиняє значні тепловтрати через неефективні огорожувальні конструкції, вікна з одинарним склом та неврегульованість розподілу тепла в приміщеннях. Загальні енергетичні потреби будівлі становлять 384,372 кВт·год на рік, з яких 81% припадає на опалення, 15% - на вентиляцію та 4% - на електроенергію для освітлення та роботи обладнання.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Київ», 2020. 186 с.
2. Давиденко В.А. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання»: / Давиденко В.А., Давиденко Н.В. Рівне: НУВГП, 2018. 32 с.
3. ДБН В.2.5-56:2010. Державні будівельні норми. Системи протипожежного захисту. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 34 с.
4. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
5. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2016. 37 с.
6. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 2662985 ; чинний з 01.01.2013. К. : НДІБК, 2021. 229 с.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К.:Мінрегіонбуд України, 2015.140 с.
8. ДСТУ Б В.2.5-38; 2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування захисту від блискавок будівель і споруд».
9. ДСТУ Б В.2.6-17-2000. Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі. – Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2020. 25 с.
10. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
11. ДСТУ Б В.2.7-107. Будівельні матеріали. [Чинний від 2010-01- 01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
12. ДСТУ Б В.2.7-110. Скло загартоване будівельне. [Чинний від 2000-04-17]. Київ, 2001. (Інформація та документація).
13. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011- 10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).
14. Ільїн С. В., Банах В. А., Чейлитко А. О., Лимаренко О. М. Енергоефективні технології будівництва: навч.-метод. посіб. для осіб, які проходять

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- перепідготовку та соціальну адаптацію в рамках реалізації проєкту «Норвегія–Україна», UKR-20/002 (NUPASS). Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 106 с.
15. Ільїн С. В., Чейлитко А. О., Федченко О. І., Головка С. Ю. Інформаційні технології в промисловості : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 134 с.
 16. Коваль С.В. Розробка заходів підвищення енергоефективності підприємства: дипломна робота магістра за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“/ С.В. Коваль. Тернопіль: ТНТУ, 2019. 133 с.
 17. Конспект лекцій з дисципліни "ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ" для студентів напряму 6.050701-електротехніка та електротехнології // Укладач Шрамко Ю.Ю. Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 134 с.
 18. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2006. зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року. – [Чинний від 01.04.2007]. - К.: Мінбуд України, 2016. 70 с.
 19. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2016. - К.: Мінбуд України, 2016. 30 с.
 20. Кошлак Г.В. Методи аналізу енергоефективності будівель: методичні вказівки для практичних занять. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 32 с.
 21. Майстро С., Більовський М. Державна політика енергоефективності та енергозбереження як необхідна передумова забезпечення енергетичної безпеки України. Ефективність державного управління: зб. наук. праць ЛРІДУ. Вип. 1 (54). Ч. 1. Львів : Вид-во ЛРІДУ, 2018. С. 80-87. 229 с.
 22. Малярєнко В. А. Енергозбереження – пріоритетний напрямок розвитку і вдосконалення комунальної енергетики. Интегрированные технологии и энергосбережение. № 3. Харків : Вид-во ХДПІ, 2016. С. 19-30.
 23. Мащенко С. О. Теоретичні аспекти дослідження енергозбереження як економічної категорії. Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності : зб. наук. праць. Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ». Вип. 1. Т. 1. 2014. С. 280-284.
 24. Перегуда Є. В. Політика енергоефективності та енергозбереження як чинник розвитку громадянського суспільства / Є. В. Перегуда // S.P.A.C.E. Society, Politics, Administration in Central Europe : електронний науковопрактичний журнал / редкол.: Д. В. Яковлев (голов. ред.), К. М. Вітман (заст. голов. ред.), Д. Ю. Дворніченко (відп. секр.) [та ін.] ; НУ «ОЮА». Одеса, 2017. Вип. 4. С. 33-37.
 25. Раб`яш Р. Системи опалення приміщень в аспекті теплового комфорту та технологічних вимог К.: Ринок інсталяційний, 2017. 26 с.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

26. Сотник І. М. Економічні основи ресурсозбереження : нав. посібник. Суми : Університетська книга, 2013. 284 с.
27. Тимофєєв М.В., Фаренюк Г.Г. Розрахунки енергоефективності будівель: Навч. пос. К.: КНУБА, 2015. 140 с.
28. Тихомиров К. В. Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція М.: Стройиздат, 2014. 186 с.
29. Фаренюк Г.Г. Енергетична ефективність підвищення теплотехнічних показників основних елементів теплоізоляційної оболонки будинків. / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України. 2018. № 8. С. 12-14.
30. Хованський С.О., Колісніченко Е.В., Панченко В.О. Розрахункові дослідження теплового стану приміщення. Технологічний аудит та інженерне обладнання. № 6/3(26), 2015, С. 45-48.
31. Чейлитко А.О., Єрофєєва А.А., Калюжна А.В. Повітряні рекуператори тепла. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Європейський вектор модернізації інженерної та економікоуправлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» (27- 28 травня 2021 року, м. Запоріжжя). Запоріжжя: ЗНУ, 2021. С.73-75.
32. Чейлитко А.О., Кушнір С.М. Енергозаощадження: визначення коефіцієнту теплопровідності пористих структур. *Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Science and Practice: Implementation to Modern Society»* (Манчестер, Великобританія, 6-8 грудня, 2019). Манчестер: Peal Press Ltd – 2019. С. 31-36.
33. Чернецька Ю. В. Система моніторингу технічного стану розподільчих електричних мереж / Ю. В. Чернецька, А. І. Замулко // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2011. №9 (91). С. 28–37.
34. Cheilytko A.O., Ilin S.V., Yerizanu V.V. Environmental problems of energy and ways to solve them using renewable energy sources. 4nd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resourcesaving technologies and sustainable use of natural resources”. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2021. P.57-60.
35. EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. [Чинний від 2013-01-01]. Київ, 2012. (Інформація та документація).

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

36. Guerra F. Isaac Moreira. *Primeira abordagem a utilização de modelos reduzidos para a determinação experimental do campo térmico de transformadores arrefecidos por convecção natural*. *Electricidade*. 2017. № 233. P. 141-145. 1
37. Pavlenko A., Deshko V. I., Cheilytko A. O., Sukhodub I. *Efficiency of using energy in the housing sector : monografie*. Kielce : Kielce University of Technology, 2020. 147 p.
38. Pavlenko A., Deshko V. I., Cheilytko A. O., Sukhodub I. *Efficiency of using energy in the housing sector : monografie*. Kielce : Kielce University of Technology, 2020. 147 p.
39. Petras V. Kriho L., Fiedle T. *Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim*. *Transformatory*. 2014. №2. P. 7-13.
40. Plechec L. *Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehom obeje*. *Electrotechnic obz.* 2022. №1. P.5-10.

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Аркуш 1. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (1 поверх)

Аркуш 2. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (2 поверх)

Аркуш 3. Схема розташування системи опалення навчального корпусу №6 НУВГП (3 поверх)

Аркуш 4. Діаграма втрат тепла у системі опалення до впровадження заходів з енергоефективності

Аркуш 5. План модернізації системи опалення з позначенням нових елементів

Аркуш 6. Графік порівняння споживання енергії до та після впровадження енергоефективних заходів

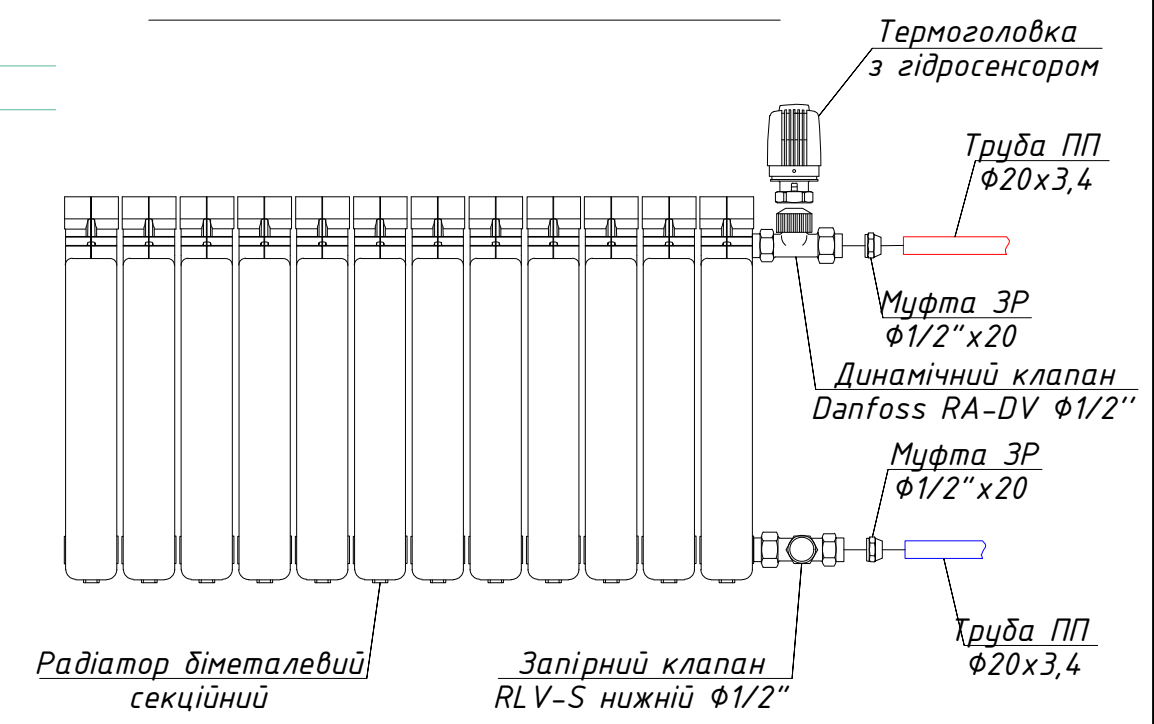
Аркуш 7. Схема організації контролю та моніторингу впровадження проєкту

						КР 192.705.2_ ПЗ	Арк.
Зм.	Кіл.д.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

План першого поверху
з системою Опалення



СХЕМА ОБВ'ЯЗКИ РАДІАТОРА



Умовні позначення

Т1 — Подаючий трубопровід опалення

Т2 — Зворотній трубопровід опалення

Примітки:

1. Трубопроводи віднесені від стін умовно.
2. За відмітку 0,000 прийнято рівень чистого підлогу першого поверху.
3. Розведення систем теплопостачання і опалення передбачена в конструкції стін і підлогу, на крокштейнах по стінах.
4. Всі трубопроводи систем опалення та теплопостачання покрити теплоізоляційним навітряком.
5. Остаточне місце розташування трубопроводів і обладнання системи опалення та теплопостачання визначити по місцю монтажу, згідно конструкції, і вимогам технічних паспортів сантехнічних приладів.
6. Підключення до опалювальних приладів радіаторного опалення виконати $\Phi 20 \times 3,4 \text{ мм}$.

						03-02-705 МР		
						Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення. Набачальний корпус НУБП №6		
	Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		
	Заб. каф.	Кізеєв М.Д.				2024	Стадія	Аркуш
	Керівник	Проценка С.Б.						Аркушів
	Н. контр.	Проценка С.Б.					РП	1
	Рецензент	Новицька О.С.				2024		7
	Магістрант	Шура Р.В.				2024	План першого поверху з системою Опалення	
							НУБП №НБА ТГВ м. Рівне	

План 2-го поверху
з системою опалення



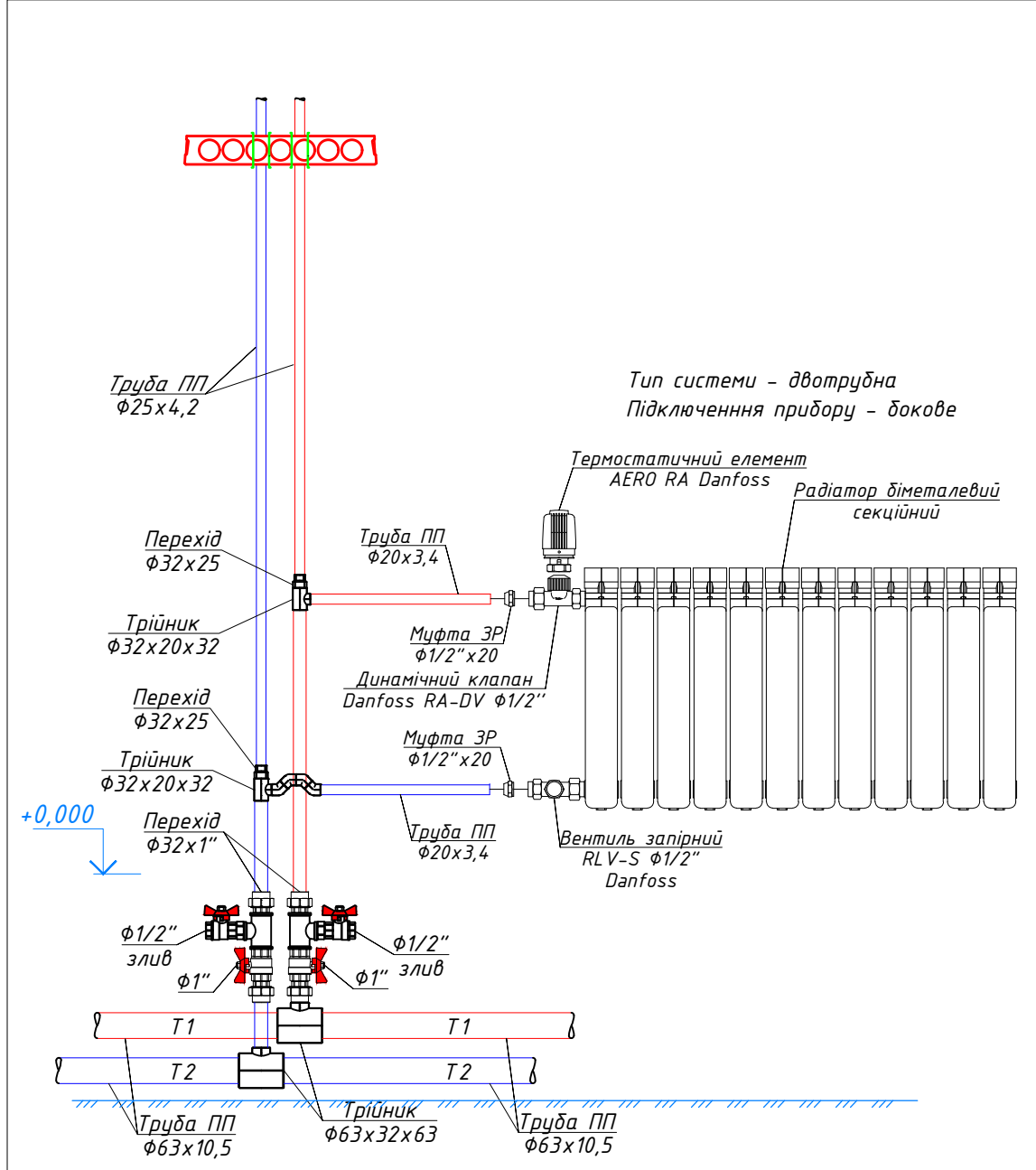
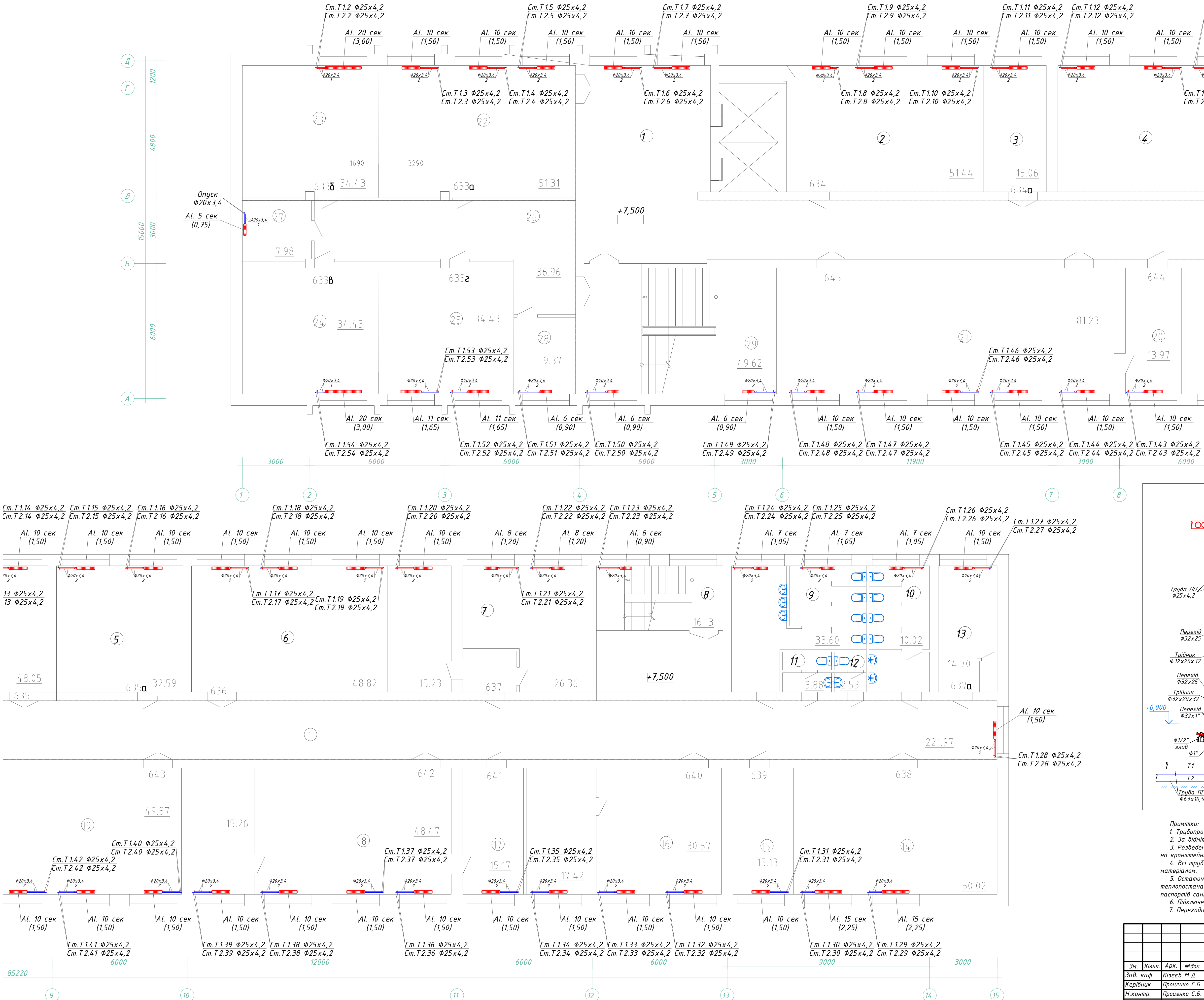
Умовні позначення

- T1 — Подаючий трубопровід опалення
T2 — Зворотній трубопровід опалення

- Примітки:
1. Трубопроводи віднесені від стін умовно.
2. За відмітку 0.000 прийнято рівень чистого підлоги першого поверху.
3. Розведення систем теплопостачання і опалення передбачено в конструкції стін і підлоги, на кронштейнах по стінах.
4. Всі трубопроводи систем опалення та теплопостачання покрити теплоізоляційним матеріалом.
5. Остаточне місце розташування трубопроводів і обладнання системи опалення та теплопостачання визначити по місця монтажу, згідно конструкції, і вимогам технічних паспортів сантехнічних приладів.
6. Підключення до опалювальних приладів радіаторного опалення виконати φ20x3,4мм.
7. Переходи трубопроводів крізь огорожувальні конструкції виконати через футляри.

03-02-705 МР					
Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення. Навчальний корпус НУВГП №6					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Зав. каф.	Кізеєв М.Д.				2024
Керівник	Проценка С.Б.				2024
Н.контр.	Проценка С.Б.				2024
Рецензент	Новицька О.С.				2024
Магістрант	Шуба Р.В.				2024
План першого поверху з системою Опалення				Стадія	Аркуші
				РП	2 7
				НУВГП ННБА ТГВ м. Рівне	

План 3-го поверху з системою опалення

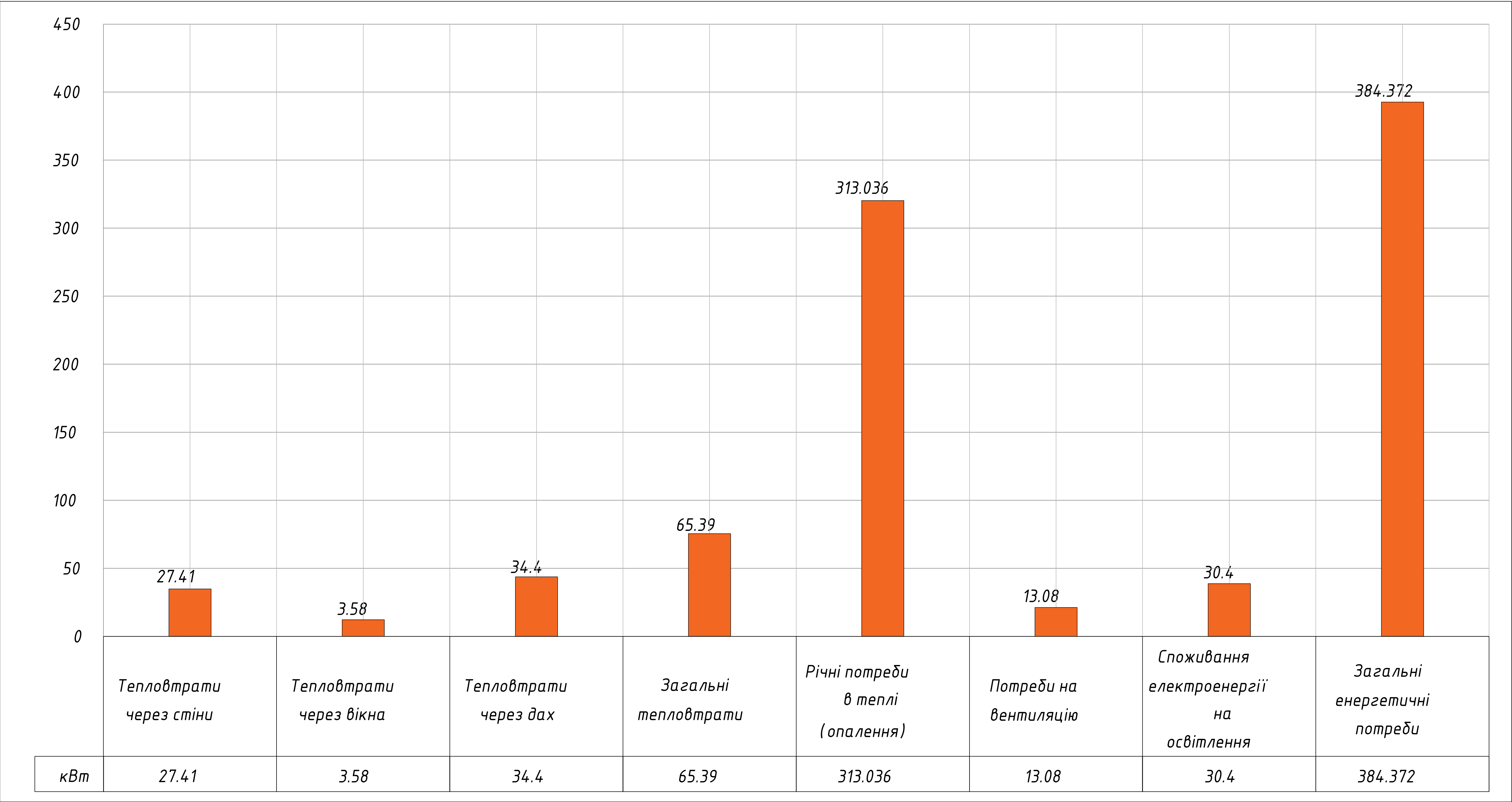


- Примітки:
1. Трубопроводи вінесені від стін умовно.
 2. За фактом 0,000 прийнято рівень чистого підлоги першого поверху.
 3. Розв'язання систем теплопостачання і опалення передбачено в конструкції стін і підлог на крошністих по стінах.
 4. Всі трубопроводів систем опалення та теплопостачання покриті теплоізоляційним матеріалом.
 5. Остаточне місце розташування трубопроводів і обладнання системи опалення та теплопостачання визначати по місцю монтажу, згідно конструкції, і вимогам технічних паспортів сантехнічних приладів.
 6. Підключення до опалювальних приладів радіаторного опалення виконати $\Phi 20 \times 3,4$ mm.
 7. Переходи трубопроводів крізь оздоблювальні конструкції виконати через футляри.

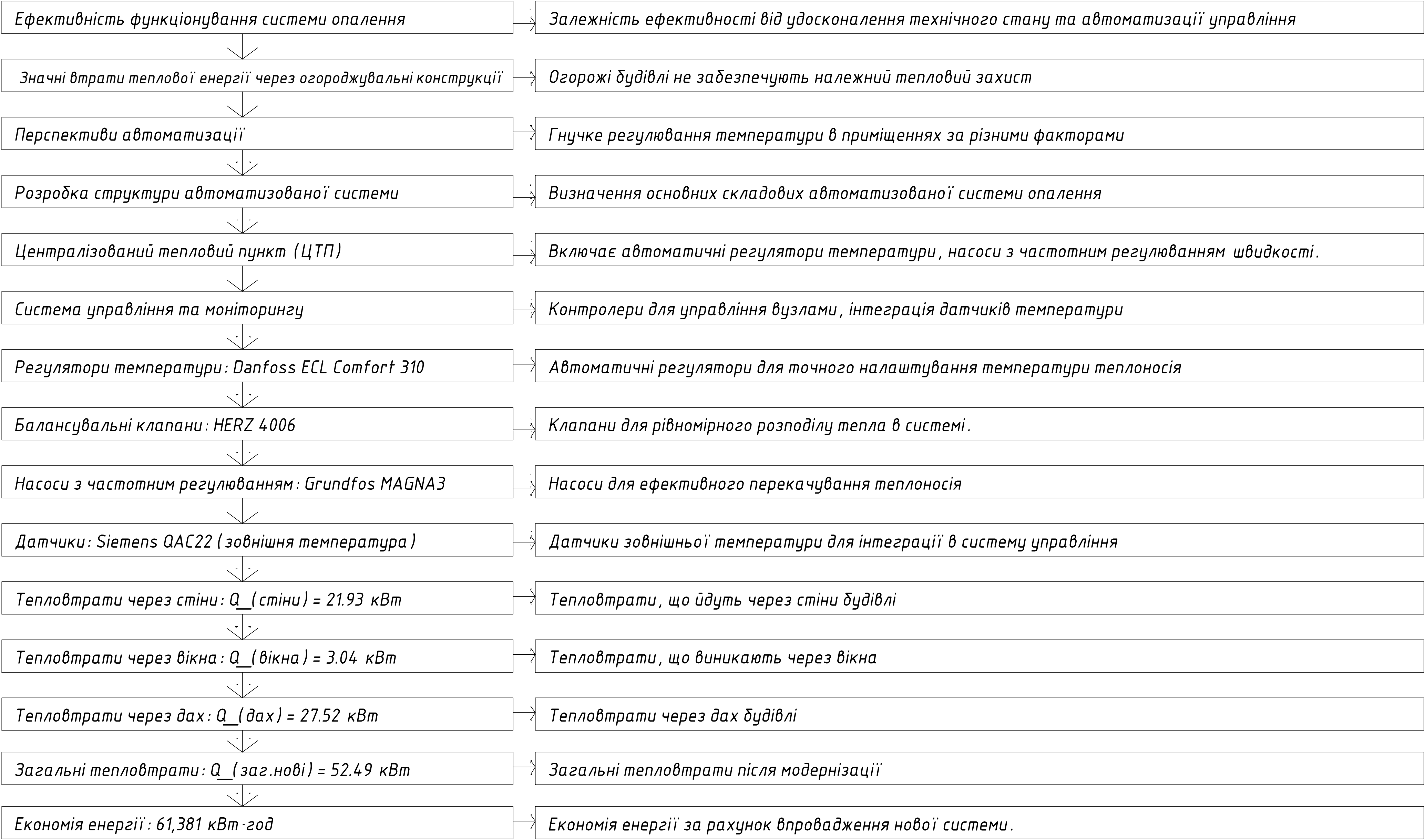
						03-02-705 МР			
						Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення. Навчальний корпус НУВГП №6			
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата				
Зав. каф.	Кізеєв М.Д.				2024	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Проценко С.Б.				2024	РП	4	7	
Н. контр.	Проценко С.Б.				2024				
Рецензент	Новицька О.С.				2024				
Магістрант	Шуба Р.В.				2024	План першого поверху з системою Опалення		НУВГП м. Нібіа ТГВ м. Рівне	

Аркуш 4.

Діаграма втрат тепла у системі опалення до впровадження заходів з енергоефективності



План модернізації системи опалення з позначенням нових елементів



Проблеми:

- 1. Неефективний розподіл тепла
- 2. Відсутність автоматизації регулювання теплового навантаження
- 3. Значні втрати теплової енергії через огорожувальні конструкції

Перспективи автоматизації:

- 1. Розробка структури автоматизованої системи
- 2. Встановлення теплонасосів

Зведені показники ефективності:

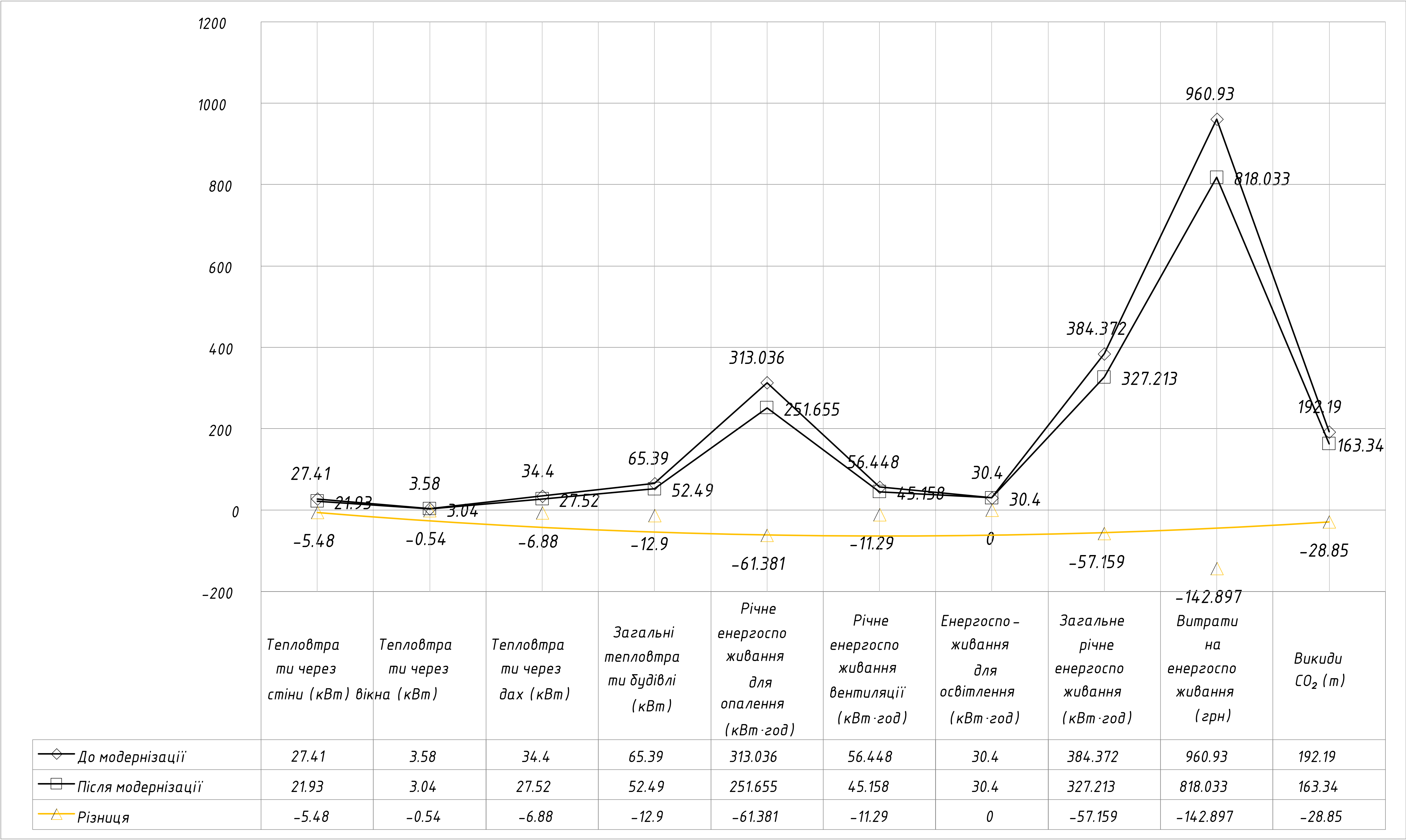
- 1. Тепловтрати через стіни: $Q_{(стіни)} = 21.93 \text{ кВт}$
- 2. Тепловтрати через вікна: $Q_{(вікна)} = 3.04 \text{ кВт}$
- 3. Тепловтрати через дах: $Q_{(дах)} = 27.52 \text{ кВт}$
- 4. Загальні тепловтрати: $Q_{(заг.нові)} = 52.49 \text{ кВт}$
- 5. $E_{(опалення\ нове)} = 251,655 \text{ кВт} \cdot \text{год}$
- 6. Економія енергії: $61,381 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

Параметр	До модернізації	Після модернізації	Різниця	Ефективність
Тепловтрати через стіни (кВт)	27.41	21.93	-5.48	Зменшення на 20%
Тепловтрати через вікна (кВт)	3.58	3.04	-0.54	Зменшення на 15%
Тепловтрати через дах (кВт)	34.40	27.52	-6.88	Зменшення на 20%
Загальні тепловтрати будівлі (кВт)	65.39	52.49	-12.9	Зменшення на 19.7%
Річне енергоспоживання для опалення (кВт·год)	313,036	251,655	-61,381	Зменшення на 20%
Річне енергоспоживання вентиляції (кВт·год)	56,448	45,158	-11,290	Зменшення на 20%
Енергоспоживання для освітлення (кВт·год)	30,400	30,400	0	Незмінне
Загальне річне енергоспоживання (кВт·год)	384,372	327,213	-57,159	Зменшення на 14.9%
Витрати на енергоспоживання (грн)	960,930	818,033	-142,897	Зменшення витрат на 14.9%
Викиди CO ₂ (т)	192.19	163.34	-28.85	Зменшення викидів на 15%
Період окупності проекту (роки)	—	4.56	—	Окупність забезпечена за 4.56 роки

							03-02-705 МР		
							Заходи з підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НЗВГП		
Зм.	Кільк.	Арк.	Місок.	Підпис	Дата			Стадія	Аркш
Зав. кафедр.	Кізеєв М.Д.							РП	5
Карівник	Проценка С.В.								7
Рецензент	Новицька О.С.							План модернізації системи опалення з позначенням нових елементів	
Студент	Шуба Р.								
Н. контроль									

Аркуш 6

Графік порівняння споживання енергії до та після впровадження енергоефективних заходів



Прогнозні показники використання енергоресурсів з урахуванням розробленого проекту підвищення енергоефективності системи опалення навчального корпусу № 6 НУВГП

