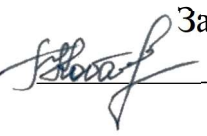


Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри теплотехніки
 к.т.н., доцент Г.О. Кобалава
« 10 » червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему: **«Аналіз енергоефективності будівлі закладу освіти у м. Миколаїв та розробка енергоефективних заходів»**

Виконав: студент IV курсу, групи **4248**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)

Анастасія МОЛЧАНОВА

(прізвище та ініціали)

Керівник **Олександр ВОІНОВ**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Віктор САМОХВАЛОВ**

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2026

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ХННІ НУК, енерготехнічний факультет

Кафедра теплотехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

(шифр і назва)

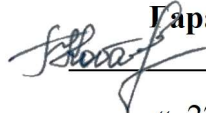
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 к.т.н., доц. Г.О. Кобалава

« 22 » квітня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

здобувача Молчанової Анастасії Сергіївни, група 4248

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз енергоефективності будівлі закладу освіти у м. Миколаїв та розробка енергоефективних заходів»

керівник роботи Воїнов Олександр Петрович, д.т.н., професор

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

затверджені наказом ректора НУК від « 22 » квітня 2026 року № 293уч

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2026 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.

Розділ 2. Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.

2.1. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.

2.2. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

2.3. Визначення річних витрат енергії.

2.4. Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель.

2.5. Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції.

2.6. Висновки по розділу 2.

Розділ 3. Розробка заходів з енергозбереження для об'єкту дослідження.

3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.

3.2. Розробка заходів з енергозбереження.

3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів.

3.4. Висновки по розділу 3.

Розділ 4. Аналіз економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів.

4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

4.2. Оцінка фінансової ефективності.

Розділ 5. Розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Висновки.

Список використаної літератури.

4. Перелік графічного матеріалу – презентація результатів розрахунків та дослідження.

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

Оформлення кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності з вимогами ЄСКД та ДСТУ. Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

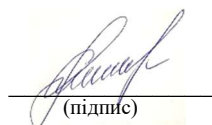
5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

Дата представлення на кафедру « 10 » червня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.	28 квітня	виконано
2.	Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.	до 07 травня	виконано
3.	Розробка заходів з енергозбереження для об'єкту дослідження.	до 15 травня	виконано
4.	Аналіз економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів.	до 23 травня	виконано
5.	Розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.	до 02 червня	виконано
6.	Графічна частина.	до 06 червня	виконано
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедру	до 10 червня	виконано

Здобувач


(підпис)

Анастасія МОЛЧАНОВА
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Олександр ВОІНОВ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Молчанова Анастасія Сергіївна, група 4248.

«Аналіз енергоефективності будівлі закладу освіти у м. Миколаїв та розробка енергоефективних заходів».

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації бакалавр за спеціальністю 144 Теплоенергетика (освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсон, 2026 р.

У кваліфікаційній роботі досліджено питання підвищення енергетичної ефективності будівлі закладу освіти шляхом впровадження сучасних енергозберігаючих рішень. Основну увагу приділено оцінці рівня використання енергетичних ресурсів та визначенню можливостей зменшення теплових втрат і експлуатаційних витрат.

У ході виконання роботи проведено аналіз технічного стану будівлі та особливостей її експлуатації, досліджено структуру споживання енергоресурсів, здійснено теплотехнічну оцінку огорожувальних конструкцій і визначено їх відповідність чинним нормативним вимогам. На основі отриманих результатів виявлено основні джерела енергетичних втрат та оцінено потенціал скорочення енергоспоживання. Запропоновано комплекс заходів із термомодернізації будівлі, спрямованих на покращення теплоізоляційних властивостей конструкцій, підвищення рівня енергоефективності та забезпечення економії енергетичних ресурсів. Виконано оцінку очікуваного ефекту від реалізації запропонованих рішень і визначено їх практичну доцільність.

Ключові слова: енергоефективність, будівля гуртожитку, термомодернізація, енергозбереження, тепловтрати, теплоізоляція, енергоспоживання, енергетичні ресурси.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Molchanova Anastasiya Serhiyivna, group 4248.

«Energy efficiency analysis of an educational institution building in Mykolaiv and development of energy efficiency measures».

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 144 Heat and Power Engineering (educational and professional program "Energy Management"). Kherson Educational and Scientific Institute of the Admiral Makarov National Shipbuilding University, Kherson, 2026.

The qualification thesis investigates the issues of improving the energy efficiency of a educational institution building through the implementation of modern energy-saving solutions. The main focus is placed on assessing the level of energy resource consumption and identifying opportunities for reducing heat losses and operating costs.

During the study, an analysis of the technical condition of the building and the specific features of its operation was carried out. The structure of energy consumption was examined, and a thermal performance assessment of the building envelope was conducted to determine its compliance with current regulatory requirements. Based on the obtained results, the main sources of energy losses were identified, and the potential for reducing energy consumption was evaluated.

A set of thermal modernization measures aimed at improving the thermal insulation properties of the building structures, increasing energy efficiency, and ensuring energy savings was proposed. The expected impact of implementing the recommended measures was assessed, and their practical feasibility and effectiveness were determined.

Keywords: energy efficiency, dormitory building, thermal modernization, energy conservation, heat losses, thermal insulation, energy consumption, energy resources.

					<i>КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	12
1.1. Загальна характеристика об'єкта, для якого проводиться аналіз енергоефективності.	12
1.2. Аналіз існуючого стану та останніх досліджень по енергозбереженню житлових будівель на території України.	14
1.3. Експлуатаційні режими... ..	17
1.4. Висновки за розділом 1.....	19
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	22
2.1. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.....	22
2.2. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.	34
2.3. Визначення річних витрат енергії.....	35
2.4. Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель.	35
2.5. Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції.	37
2.6. Висновки за розділом 2.....	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	42
3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.	42
3.2. Розробка заходів з енергозбереження.	44
3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів.....	53
3.4. Висновки за розділом 3.....	55

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	57
4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.....	57
4.2. Оцінка фінансової ефективності.....	58
4.3 Висновки по розділу 4.....	59
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	62
5.1. Аналіз небезпек.....	62
5.2. Витяг з правил техніки безпеки	62
5.3. Висновки за розділом 5.....	63
ВИСНОВКИ	65
ЛІТЕРАТУРА	67

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БНіП – будівельні норми і правила;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДБН – Державні будівельні норми;

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

СЕМ – система енергетичного менеджменту;

СЦТ – система централізованого теплопостачання.

					<i>КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Функціонування будівель закладів освіти потребує значних обсягів енергетичних ресурсів для забезпечення належних умов навчання, праці та перебування учасників освітнього процесу. Найбільша частка експлуатаційних витрат пов'язана із забезпеченням опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та електропостачання. Значна кількість навчальних корпусів була споруджена за будівельними стандартами, які не враховували сучасних вимог щодо енергоефективності та раціонального використання енергії. Унаслідок цього спостерігаються суттєві втрати теплоти через огорожувальні конструкції, підвищене споживання енергоресурсів і збільшення витрат на утримання будівель.

З огляду на постійне зростання вартості енергоносіїв та необхідність скорочення експлуатаційних витрат, важливого значення набуває підвищення енергетичної ефективності будівель закладів освіти. Одним із найбільш перспективних шляхів досягнення цієї мети є проведення комплексної термомодернізації, спрямованої на зменшення енергетичних втрат та оптимізацію роботи інженерних систем.

До основних заходів термомодернізації належать утеплення фасадів, покрівель і перекриттів, підвищення теплозахисних характеристик віконних і дверних конструкцій, модернізація систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, а також впровадження сучасних засобів автоматичного регулювання й обліку споживання енергії. Комплексна реалізація зазначених заходів дає можливість суттєво скоротити витрати енергетичних ресурсів, покращити мікроклімат у навчальних приміщеннях і підвищити надійність експлуатації будівлі.

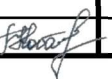
Метою роботи є аналіз енергоефективності будівлі гуртожитку, дослідження особливостей її енергоспоживання та розроблення технічно й економічно обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення енергетичної

					<i>КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ефективності об'єкта шляхом застосування сучасних енергозберігаючих технологій і рішень.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 30 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 68 сторінок, містить 13 рисунок та 30 таблиці.

					<i>КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Молчанова А.С.						
Керівник		Воїнов О.П.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.				ХННІ НУК		11

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1. Загальна характеристика об'єкта, для якого проводиться аналіз енергоефективності

Об'єктом дослідження в даній роботі є будівля закладу загальної середньої освіти, розташована в місті Миколаїв. Відповідно до свого функціонального призначення будівля належить до громадських будівель освітнього призначення.

Загальний вигляд будівлі представлено на рис. 1.1. Загальна інформація про об'єкт представлена в табл. 1.1-1.2.



Рисунок 1.1 Загальний вигляд будівлі

Таблиця 1.1 Загальна інформація про об'єкт

Найменування	Значення
Загальна площа підлоги (м ²)	3980,89
Загальний об'єм (м ³)	15282,00
Площа забудови (м ²)	1557,50
Периметр підлоги (м)	306,00
Кондиціонована площа (м ²)	3475,99
Кондиціонований об'єм (м ³)	10427,97
Кількість поверхів	3
Чиста висота приміщення (м)	3

Таблиця 1.2 Геометричні показники

Показники	Позначення та розмірність	Фактичне значення
Загальна площа огорожувальних конструкцій будинку	$A_{\Sigma}, \text{м}^2$	5766,00
В тому числі:		
- стін	$A_{\text{с}}, \text{м}^2$	1780,00
- вікон і дверей	$A_{\text{в}}, \text{м}^2$	870,00
- горищних перекриттів (холодного горища)	$A_{\text{хг}}, \text{м}^2$	1558,00
- перекриттів над неопалюваними підвалами та підпіллями	$A_{\text{нп}}, \text{м}^2$	1558,00
Опалювальна площа	$A, \text{м}^2$	3475,99
Опалювальний об'єм	$V, \text{м}^3$	10427,97

Загальна площа досліджуваної будівлі становить **3980,89 м²**, при середній висоті приміщень **3,0 м**. Будівля має складну конфігурацію в плані, що впливає на особливості теплового режиму та формування тепловтрат через огорожувальні конструкції.

Несучі та огорожувальні конструкції виконані з різних будівельних матеріалів. Основні зовнішні стіни зведені із силікатної цегли середньою густиною 1800 кг/м³. Покриття будівлі представлене двома конструктивними рішеннями: скатною покрівлею над холодним горищем та пласкою покрівлею, розташованою безпосередньо над опалюваними приміщеннями. Частина будівлі має неопалювальний підвал, тоді як основна площа фундаментів безпосередньо контактує з ґрунтом.

Світлопрозорі конструкції представлені металопластиковими та дерев'яними вікнами з подвійними та потрійними склопакетами. Дверні блоки виконані з металопластикових, металевих та дерев'яних конструкцій різних типів.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

Теплопостачання будівлі забезпечується автономною газовою котельнею, де експлуатуються три водогрійні котли типу «Рівнетерм-96» та один котел АОГВ-96. Розрахункова теплова потужність системи опалення складає 267,88 кВт, а потреба у тепловій енергії для вентиляції – 148,65 кВт. Підготовка гарячої води здійснюється за допомогою електричного накопичувального водонагрівача.

Електропостачання об'єкта організоване через ввідно-розподільчий пристрій напругою 0,4 кВ. Система холодного водопостачання підключена до централізованої міської мережі, а відведення стічних вод здійснюється в міську каналізаційну систему. Система кондиціонування повітря в будівлі відсутня.

Комерційний облік енергетичних ресурсів організовано за допомогою приладів обліку природного газу, електричної енергії та холодної води. Газова котельня обладнана лічильником КУРС-01 G16 A1, встановленим у 2019 році. Витрати холодної води контролюються лічильником КВ-2,5, який введено в експлуатацію у 2010 році та встановлено в приміщенні їдальні. Облік електроенергії здійснюється лічильниками НІК 2301 АПЗ (2012 року випуску) та СА-4-195 (2007 року випуску). На момент проведення енергетичного обстеження всі прилади обліку перебували у справному технічному стані.

1.2. Аналіз існуючого стану та останніх досліджень по енергозбереженню житлових будівель на території України

Будівлі закладів освіти належать до об'єктів громадського призначення, функціонування яких супроводжується значними витратами енергетичних ресурсів. Забезпечення нормативних параметрів температури, вологості, освітленості та якості повітря в навчальних приміщеннях потребує безперебійної роботи систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання й електропостачання. Ефективність використання енергії в таких будівлях безпосередньо впливає на рівень експлуатаційних витрат закладу освіти та умови перебування учнів, студентів і працівників.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Значна частина навчальних корпусів України була побудована кілька десятиліть тому відповідно до будівельних вимог, які суттєво відрізнялися від сучасних стандартів енергоефективності. Під час проєктування основна увага приділялася забезпеченню функціонального призначення будівель, тоді як питання мінімізації енергоспоживання не мали визначального значення. У результаті більшість існуючих закладів освіти характеризується недостатнім рівнем теплозахисту зовнішніх конструкцій та підвищеними витратами енергії.

Тривала експлуатація будівель без проведення комплексного оновлення призводить до поступового погіршення технічного стану конструкцій та інженерного обладнання. Через зношення фасадів, покрівель, віконних і дверних конструкцій збільшуються втрати теплоти, а фізично застарілі системи теплопостачання працюють із низькою ефективністю. Відсутність сучасних засобів автоматичного регулювання часто не дозволяє адаптувати режими роботи обладнання до реальних потреб будівлі, що спричиняє перевитрати енергетичних ресурсів.

Особливістю закладів освіти є змінний режим експлуатації приміщень. Навчальні аудиторії, лабораторії, спортивні та адміністративні приміщення мають різну інтенсивність використання протягом доби та навчального року. За відсутності автоматизованого керування інженерними системами енергоспоживання залишається практично незмінним незалежно від фактичного навантаження, що негативно впливає на загальну ефективність експлуатації будівлі.

В останні роки питання раціонального використання енергетичних ресурсів у закладах освіти набуває особливої актуальності. Це пов'язано зі зростанням вартості енергоносіїв, необхідністю скорочення експлуатаційних витрат та реалізацією державної політики у сфері енергетичної безпеки. Одним із важливих інструментів оцінювання енергетичного стану будівель є проведення енергетичного аудиту, який дозволяє визначити фактичні показники споживання енергії та виявити найбільш проблемні елементи конструкцій і систем інженерного забезпечення.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Результати досліджень у сфері енергозбереження свідчать, що найбільшої ефективності можна досягти лише за умови комплексного підходу до модернізації будівель закладів освіти. Виконання окремих заходів здатне забезпечити лише часткове скорочення витрат енергії, тоді як поєднання кількох технічних рішень дозволяє отримати значно кращий результат як з економічної, так і з експлуатаційної точки зору.

Одним із основних напрямів підвищення енергоефективності є покращення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій. Утеплення зовнішніх стін, горищних перекриттів, покрівель та підлог над неопалюваними приміщеннями сприяє зниженню інтенсивності теплових втрат і стабілізації температурного режиму всередині будівлі. Важливу роль також відіграє заміна застарілих світлопрозорих конструкцій на сучасні енергоефективні вікна та двері, які характеризуються покращеними теплоізоляційними властивостями.

Окремий напрям модернізації пов'язаний із вдосконаленням систем теплопостачання та вентиляції. Встановлення автоматизованих теплових пунктів, балансування систем опалення та використання сучасних регулювальних пристроїв дозволяють забезпечити оптимальний розподіл теплової енергії між приміщеннями залежно від їхнього функціонального призначення. Для навчальних корпусів перспективним рішенням є використання механічної вентиляції з утилізацією теплоти витяжного повітря, що сприяє підтриманню комфортного мікроклімату при зменшенні енергетичних витрат.

Важливе місце серед сучасних напрямів енергозбереження займає впровадження автоматизованих систем моніторингу та керування енергоспоживанням. Застосування цифрових технологій дає змогу контролювати параметри роботи інженерного обладнання в режимі реального часу, оперативно виявляти відхилення та оптимізувати використання енергетичних ресурсів відповідно до графіка роботи закладу освіти.

Перспективним напрямом розвитку енергетичної інфраструктури освітніх установ є інтеграція відновлюваних джерел енергії. Використання сонячних

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

фотоелектричних систем, теплових насосів та інших енергоефективних технологій дозволяє частково компенсувати потребу в традиційних енергоносіях, підвищити рівень енергетичної незалежності будівлі та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Проведений аналіз свідчить, що будівлі закладів освіти України мають значний потенціал для підвищення енергетичної ефективності. Зниження енергоспоживання можливе завдяки комплексному впровадженню заходів з термомодернізації, технічного переоснащення інженерних систем та використання сучасних технологій керування енергетичними потоками. Такий підхід дозволяє не лише скоротити експлуатаційні витрати, а й забезпечити належні умови для здійснення освітнього процесу, підвищити надійність функціонування будівлі та сприяти сталому розвитку освітньої інфраструктури України.

1.3. Експлуатаційні режими закладів освіти

Будівлі закладів освіти характеризуються особливими умовами експлуатації, які визначаються їх функціональним призначенням, режимом роботи та необхідністю створення безпечного і комфортного середовища для здійснення освітнього процесу. На відміну від житлових і багатьох адміністративних будівель, навчальні корпуси використовуються відповідно до встановленого розкладу занять, що обумовлює нерівномірний характер споживання енергетичних ресурсів протягом доби, тижня та календарного року.

Експлуатація будівлі закладу освіти пов'язана із забезпеченням належних параметрів внутрішнього мікроклімату в навчальних аудиторіях, лабораторіях, адміністративних кабінетах, бібліотеках, спортивних залах та інших функціональних приміщеннях. Для підтримання нормативних умов необхідна безперервна робота систем опалення, вентиляції, освітлення, електропостачання та, за потреби, гарячого водопостачання. Ефективність функціонування цих систем безпосередньо впливає на якість освітнього процесу та рівень експлуатаційних витрат.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Однією з характерних особливостей будівель закладів освіти є значна зміна навантаження на інженерні системи протягом дня. У період проведення навчальних занять спостерігається максимальна кількість відвідувачів, що супроводжується зростанням потреби в тепловій та електричній енергії. Після завершення занять інтенсивність використання приміщень зменшується, однак окремі функціональні зони можуть продовжувати експлуатуватися для проведення додаткових занять, адміністративної роботи або позанавчальних заходів.

Суттєвий вплив на енергетичний баланс будівлі має технічний стан зовнішньої оболонки. Через недостатню теплоізоляцію стін, покрівлі, фундаментів, а також через фізично зношені віконні та дверні конструкції можуть виникати значні втрати теплової енергії. У холодний період року це призводить до збільшення навантаження на систему опалення та зростання витрат на підтримання нормативної температури в приміщеннях.

Особливу роль у забезпеченні комфортних умов навчання відіграє система вентиляції. Під час проведення занять у навчальних аудиторіях концентрація людей може бути досить високою, що потребує ефективного повітрообміну для підтримання належної якості внутрішнього повітря. Недостатня вентиляція сприяє накопиченню вуглекислого газу та надлишкової вологи, що негативно впливає на самопочуття людей, продуктивність навчальної діяльності та технічний стан будівельних конструкцій.

Значну частину енергоспоживання будівлі закладу освіти формує система електропостачання. Електрична енергія використовується для роботи освітлювальних приладів, комп'ютерного обладнання, мультимедійних комплексів, лабораторної техніки, систем зв'язку, насосного обладнання та інших інженерних пристроїв. Обсяги споживання залежать від функціонального призначення приміщень, інтенсивності їх використання та технічного рівня встановленого обладнання.

Специфічною особливістю експлуатації навчальних корпусів є сезонний характер їх використання. Під час канікул або перерв у навчальному процесі

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

кількість користувачів будівлі суттєво зменшується, що створює можливість для оптимізації режимів роботи інженерних систем. Рациональне регулювання параметрів опалення, вентиляції та освітлення в такі періоди дозволяє скоротити витрати енергетичних ресурсів без погіршення технічного стану будівлі.

Важливим чинником ефективної експлуатації сучасних закладів освіти є використання автоматизованих систем управління інженерним обладнанням. Застосування засобів контролю температури, автоматичного регулювання теплопостачання, датчиків освітленості та присутності людей дозволяє адаптувати роботу окремих систем до фактичного режиму використання приміщень і підвищувати загальну енергоефективність будівлі.

На режими експлуатації також впливають функціональні особливості окремих приміщень. Лабораторії, комп'ютерні класи, спортивні зали, актові зали та спеціалізовані навчальні кабінети характеризуються різними вимогами до температурного режиму, освітлення та вентиляції, що потребує диференційованого підходу до організації роботи інженерних систем.

Таким чином, експлуатація будівель закладів освіти являє собою складний процес взаємодії будівельних конструкцій, інженерного обладнання та режимів використання приміщень. Рациональна організація роботи систем життєзабезпечення, підтримання належного технічного стану будівлі та впровадження сучасних енергоощадних технологій створюють умови для зниження експлуатаційних витрат, підвищення енергетичної ефективності та забезпечення комфортного середовища для здійснення освітньої діяльності.

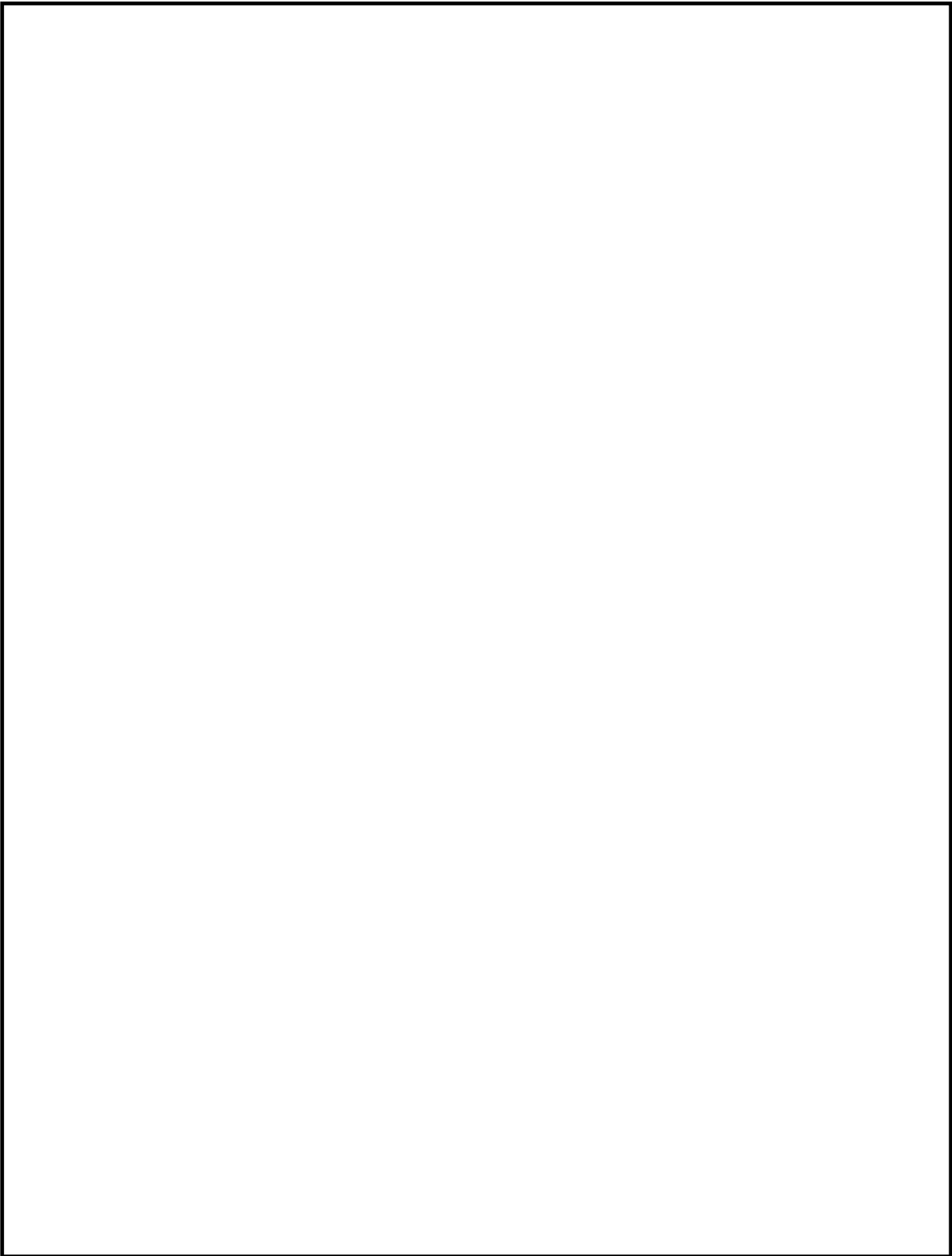
1.4. Висновки за розділом 1

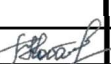
У розділі розглянуто основні конструктивні та експлуатаційні особливості будівлі закладу освіти, а також проаналізовано фактори, що впливають на формування її енергетичного балансу. Визначено, що специфіка функціонування навчального корпусу, пов'язана із забезпеченням комфортних умов для освітнього процесу, обумовлює значні витрати теплової та електричної енергії.

					<i>КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проведений аналіз сучасних напрямів підвищення енергоефективності показав, що скорочення споживання енергетичних ресурсів у будівлях закладів освіти можливе лише за умови впровадження комплексних технічних та організаційних рішень. Дослідження експлуатаційних режимів будівлі підтвердило, що обґрунтування заходів з енергозбереження повинно базуватися на детальному вивченні технічного стану конструкцій, особливостей роботи інженерних систем та оцінюванні фактичних показників енергоспоживання об'єкта.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20



					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Молчанова А.С.			Розділ 2		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Воїнов О.П.							
							ХННІ НУК		
Консульт.									
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			21				

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

2.1.1 Стіни

Загальний стан стін будівлі представлено в табл. 2.1 і рис. 2.1.

Таблиця 2.1 Обстеження стін

Орієнтація	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Площа стіни (м ²)	615,88	—	263,46	—	608,64	—	291,63	—
Коефіцієнт теплопередачі U Вт/м ² ·К	1,26	—	1,26	—	1,26	—	1,26	—
Загальна площа	1780 м ²							
Коефіцієнт теплопередачі (середнє) U Вт/м ² ·К	1,26 Вт/м ² ·К							

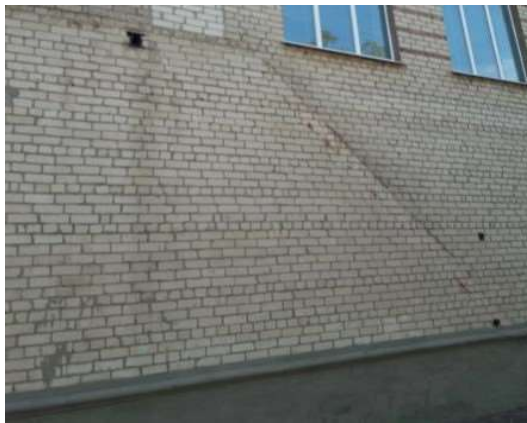


Рисунок 2.1. Загальний вигляд стін будівлі

Огороджувальні конструкції будівлі виконані із силікатної цегли товщиною близько 550 мм. Внутрішня поверхня стін оштукатурена та пофарбована. Під час візуального обстеження виявлено низку локальних дефектів, характерних для тривалої експлуатації: пошкодження цокольної частини, утворення тріщин, часткове руйнування штукатурного шару, сліди

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зволоження та висоли на поверхні кладки. В окремих місцях спостерігаються ознаки корозійного впливу вологи та відшарування оздоблювальних матеріалів.

Незважаючи на виявлені недоліки, загальний технічний стан стін оцінюється як задовільний. Однак існуючі теплотехнічні характеристики конструкцій не відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності.

Для підвищення опору теплопередачі та скорочення втрат теплової енергії доцільно виконати зовнішнє утеплення фасадів із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів відповідно до вимог чинних будівельних норм. Перед улаштуванням теплоізоляційної системи необхідно провести ремонтно-відновлювальні роботи, видалити пошкоджені оздоблювальні шари та ліквідувати дефекти поверхні.

2.1.2 Вікна

Загальний стан вікон будівлі представлено в табл. 2.2 і на рис. 2.2.

Таблиця 2.2 Обстеження вікон

Орієнтація	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Дерев'яні вікна	151,72	—	73,28	—	217,08	—	52,00	—
Металопластикові вікна	193,64	—	17,32	—	135,00	—	—	—
Коефіцієнт теплопередачі (середнє) U Вт/м ² ·К	2,15	—	2,55	—	2,37	—	2,46	—
Загальна площа	840 м ²							
Коефіцієнт теплопередачі (середнє) U Вт/м ² ·К	2,31 Вт/м ² ·К							



Рисунок 2.2 Загальний вигляд вікон будівлі

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

У будівлі експлуатуються металопластикові та дерев'яні віконні блоки. Під час обстеження встановлено, що частина металопластикових конструкцій змонтована без належного захисту монтажних швів. У місцях примикання рам до стін зовнішнє герметизування виконане лише монтажною піною, яка під дією атмосферних факторів поступово руйнується, що сприяє виникненню інфільтрації холодного повітря та додаткових тепловтрат.

Окремі дерев'яні вікна мають пошкоджені рами, дефекти скління та ознаки фізичного старіння матеріалу.

Для покращення енергетичних характеристик будівлі рекомендується виконати утеплення віконних відкосів мінераловатними плитами товщиною 30 мм із подальшим улаштуванням захисно-декоративного штукатурного покриття, а також провести ремонт або заміну найбільш зношених дерев'яних конструкцій.

2.1.3 Двері

Загальний стан дверей будівлі представлено в табл. 2.3 і на рис. 2.3.

Таблиця 2.3 Обстеження дверей

Орієнтація	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Дерев'яні двері	3,15	7,08	—	—	9,75	—	3,30	—
Металопластикові двері	7,08	—	—	—	—	—	—	—
Загальна площа	30 м ²							
Коефіцієнт теплопередачі U (середнє) Вт/м ² К	2,64 Вт/м ² К							



Рисунок 2.3 Загальний вигляд дверей будівлі

Дверні блоки представлені дерев'яними, металевими та металопластиковими виробами. Центральні входи обладнані металопластиковими дверима. В процесі обстеження встановлено, що частина дверей не обладнана дотягувачами, а окремі дерев'яні конструкції мають ознаки деформації, розсихання та викривлення.

Фурнітура центральних вхідних дверей потребує регулювання для забезпечення щільного прилягання полотен у холодний період року. Крім того, відсутність повітряно-теплових завіс сприяє значному надходженню холодного повітря при відкриванні дверей.

Доцільним є проведення регулювання дверної фурнітури, встановлення дотягувачів, заміна фізично зношених дерев'яних дверей та облаштування системи повітряної завіси.

2.1.4 Горище та покриття будівлі

Загальний стан горища будівлі представлено в табл. 2.4 і на рис. 2.4.

Таблиця 2.4 Обстеження горища та покриття будівлі

Загальна площа (м ²)	1558 м ²
Тип даху	Тип 1 – Перекриття горища (Холодне горище багато-поверхових будівель); Тип 2 – Суміщене покриття
Матеріал покрівлі	Тип 1 – Залізобетонна пустотіла плита переkritтя 0,22 м; керамзитовий гравій 0,07 м; розчин цементно-піщаний 0,02 м Тип 2 – Залізобетонна пустотіла плита переkritтя 0,22 м; керамзитовий гравій 0,1 м; розчин цементно-піщаний 0,02 м; рубероїд 0,005 м
Площа, м ²	Тип 1 – 1359,62 м ² Тип 2 – 197,88 м ²
Коефіцієнт теплопередачі U (середнє) Вт/м ² К	Тип 1 - 0,91 Вт/м ² К Тип 2 – 0,90 Вт/м ² К



Рисунок 2.4 Зовнішній вигляд горища будівлі

Будівля має комбіновану конструкцію покриття: скатний дах над холодним горищем та пласку покрівлю над опалюваними приміщеннями. Основу покриття становлять багатопустотні залізобетонні плити товщиною 220 мм. Теплоізоляція виконана із шару керамзитового гравію товщиною 70–100 мм. Зовнішнє покриття представлене азбестоцементними та металевими листами.

Обстеження показало, що існуючий утеплювач втратив свої теплоізоляційні властивості через фізичне та моральне старіння. В окремих місцях покрівлі зафіксовано дефекти конструктивних елементів, зокрема відсутність окремих елементів коника.

З метою підвищення енергоефективності будівлі рекомендується виконати капітальний ремонт покрівлі із заміною існуючого теплоізоляційного шару на сучасний мінераловатний утеплювач необхідної товщини та усуненням виявлених конструктивних пошкоджень.

2.1.5 Підвал будинку та цокольне перекриття

Загальний стан підвалу та цокольного перекриття будівлі представлено в табл. 2.5 та рис. 2.5.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.5 Обстеження підвалу будинку та цокольного перекриття

Загальна площа (м ²)	1558 м ²
Тип даху	Тип 1 – Підлога по ґрунту; Тип 2 – Перекриття над неопалювальним підвалом
Матеріал покрівлі	Тип 1 – Залізобетонна пустотіла плита перекриття 0,22 м; керамзитовий ґравій 0,1 м; розчин цементно-піщаний 0,05м; керамічна плитка 0,02м Тип 2 – Залізобетонна пустотіла плита перекриття 0,22 м; розчин цементно-піщаний 0,04м; керамічна плитка 0,02м
Площа, м ²	Тип 1 – 1534,70 м ² Тип 2 – 22,80 м ²
Коефіцієнт теплопередачі U (середнє) Вт/м ² К	Тип 1 - 0,46 Вт/м ² К Тип 2 – 0,66 Вт/м ² К



Рисунок 2.5 Зовнішній вигляд горища будівлі

Конструкції підлоги частково розташовані над неопалювальним підвалом, а частково безпосередньо на ґрунтовій основі. Перекриття над технічним підпіллям не обладнане теплоізоляційним шаром, що призводить до додаткових втрат теплової енергії через нижню огорожувальну конструкцію.

Візуальне обстеження не виявило суттєвих механічних пошкоджень або критичних ознак фізичного зносу. Загальний технічний стан підлогових конструкцій оцінюється як задовільний.

Для підвищення енергетичної ефективності будівлі рекомендується виконати утеплення перекриття над неопалювальним підвалом та інших ділянок підлоги, що контактують із зовнішнім середовищем або ґрунтом, із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів відповідно до чинних нормативних вимог.

2.1.6 Система опалення

Загальний стан системи опалення будівлі представлено в табл. 2.6 і рис. 2.6.

Таблиця 2.6 Система опалення

Найменування	Значення
Тип системи	Власна газова котельня
Енергоносії	Газ
Автоматичне регулювання	Відсутнє
Система розподілу	Однотрубна (постійний гідравлічний режим)
Матеріал труб	Сталь
Збалансована система розподілу	Система не налагоджена. Відсутня балансувальна арматура на стояках (горизонтальних вітках) системи
Балансувальні крани	Ні
Теплоносії	вода
T1/T2 (°C)	30 К (наприклад, 55/45)
Стан (наявність) теплової ізоляції	відсутня
Матеріал теплової ізоляції	-



Рисунок 2.6 Зовнішній вигляд системи опалення

Теплозабезпечення будівлі здійснюється від автономної газової котельні, яка є основним джерелом теплової енергії для системи опалення. До складу котельного обладнання входять три водогрійні котли типу «Рівнетерм-96» та один котел АОГВ-96. Для контролю витрат природного газу встановлено комерційний вузол обліку, який включає газовий лічильник та коректор об'єму споживання газу.

Під час обстеження встановлено, що автоматизоване погодне регулювання роботи котельні відсутнє. Температура теплоносія підтримується шляхом ручного керування режимами роботи обладнання, а температурні графіки експлуатації системи не розроблені. Такий спосіб регулювання не дозволяє оперативно адаптувати виробництво теплової енергії до зміни погодних умов та потреб будівлі.

Транспортування теплоносія від котельні до будівлі здійснюється підземним трубопроводом довжиною близько 21 м та діаметром 150 мм. Трубопровід не обладнаний теплоізоляційним покриттям, що призводить до додаткових втрат теплової енергії під час її передачі.

Внутрішня система опалення виконана за однотрубною вертикальною схемою з нижнім розведенням теплоносія. Балансувальна арматура в системі відсутня, що може спричинити нерівномірний розподіл теплоносія між окремими гілками та приміщеннями. Крім того, періодичне гідравлічне промивання системи не проводиться, що сприяє накопиченню відкладень у трубопроводах та зниженню ефективності теплопередачі.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Опалювальні прилади представлені чавунними радіаторами типу М-140-АО у кількості 26 одиниць та сталевими реєстрами у кількості 36 одиниць. Більшість приладів не обладнана терморегуляторами, що унеможливорює індивідуальне регулювання температурного режиму в окремих приміщеннях. Також відсутні тепловідбивні екрани за радіаторами, які могли б сприяти більш ефективному використанню теплової енергії.

Під час огляду встановлено, що окремі опалювальні прилади частково закриті меблями, декоративними елементами або захисними конструкціями, які обмежують природну конвекцію повітря та негативно впливають на ефективність роботи системи опалення.

Для підвищення енергетичної ефективності доцільно передбачити утеплення теплових мереж, встановлення балансувальної та терморегулюючої арматури, проведення промивки системи опалення, а також оптимізацію умов експлуатації опалювальних приладів.

2.1.7 Система гарячого водопостачання

Загальний стан системи гарячого водопостачання будівлі представлено на рис. 2.7.

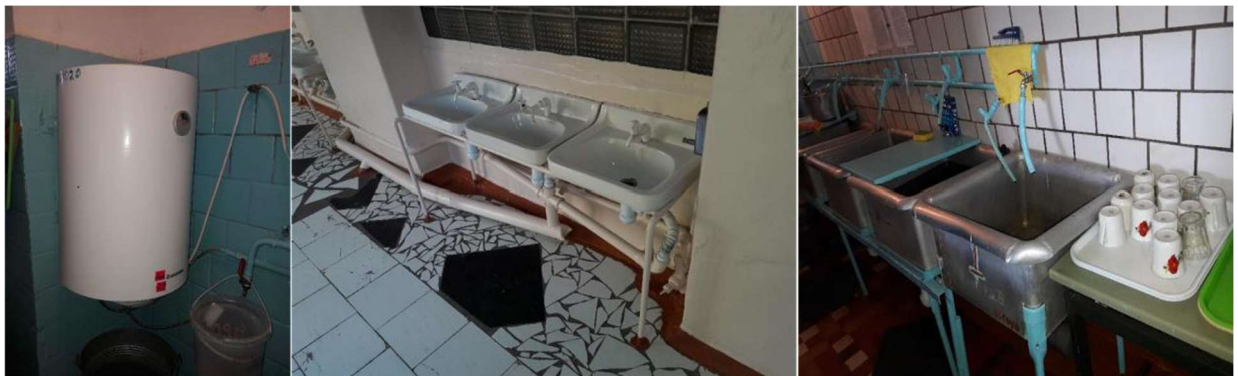


Рисунок 2.7 Зовнішній вигляд системи опалення

Система гарячого водопостачання функціонує лише у приміщеннях кухні. Нагрівання води здійснюється за допомогою накопичувального електричного водонагрівача об'ємом 80 літрів та встановленою потужністю 1,5 кВт.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

Холодне водопостачання будівлі забезпечується від централізованої міської мережі. Для контролю споживання води встановлено вузол комерційного обліку, який розташований у приміщенні їдальні. Технічний стан системи водопостачання оцінюється як задовільний.

Водовідведення здійснюється до централізованої міської каналізаційної мережі. Під час огляду трубопроводів та сантехнічного обладнання значних пошкоджень, розгерметизації стиків або ознак аварійного стану не виявлено. Проведена перевірка не зафіксувала наявності постійних крапельних протікань.

Водночас встановлено, що більшість водорозбірної арматури не обладнана аераторами, використання яких дозволяє зменшити витрати води без погіршення комфортності користування.

Для скорочення споживання водних ресурсів рекомендується встановлення водозберігаючих насадок на крани та проведення регулярного технічного контролю стану трубопроводів і сантехнічного обладнання.

2.1.8 Система вентиляції

Система механічної припливно-витяжної вентиляції функціонує лише у приміщеннях харчоблоку та забезпечує необхідний повітрообмін під час приготування їжі. За результатами обстеження обладнання перебуває у працездатному стані, проте технічна документація на вентиляційну систему відсутня (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 Зовнішній вигляд системи вентиляції

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

В інших приміщеннях будівлі вентиляція організована природним способом через витяжні канали. Під час обстеження встановлено, що частина вентиляційних решіток перекрита або заклеєна, що значно знижує ефективність природного повітрообміну та погіршує санітарно-гігієнічні умови експлуатації приміщень.

Недостатній рівень повітрообміну призводить до накопичення надлишкової вологи та забруднюючих речовин у внутрішньому повітрі. При визначенні базового рівня енергоспоживання враховується невідповідність існуючої системи вентиляції сучасним нормативним вимогам щодо забезпечення необхідного повітрообміну.

Для покращення мікроклімату будівлі рекомендується провести очищення вентиляційних каналів, відновити роботу природної вентиляції та розглянути можливість модернізації системи із застосуванням енергоефективного вентиляційного обладнання.

2.1.9 Система освітлення

Система штучного освітлення будівлі сформована світильниками різних типів. У приміщеннях використовуються лампи розжарювання потужністю 100 Вт, люмінесцентні лампи потужністю 18 та 36 Вт, а також світлодіодні джерела світла потужністю 12 Вт (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 Зовнішній вигляд приладів освітлення

Керування освітленням здійснюється вручну за допомогою вимикачів. Автоматичні системи контролю, зокрема датчики руху, датчики присутності або світлові реле, відсутні. Такий спосіб експлуатації не забезпечує

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

раціонального використання електричної енергії та може призводити до необґрунтованих витрат.

За результатами інструментальних вимірювань встановлено, що рівень освітленості в окремих приміщеннях не відповідає нормативним вимогам для їх функціонального призначення. Причинами цього можуть бути фізичний знос світильників, недостатня світлова віддача окремих ламп та нераціональне розташування освітлювального обладнання.

Для зниження споживання електроенергії та покращення умов експлуатації приміщень рекомендується поступова заміна застарілих ламп на сучасні світлодіодні світильники, впровадження автоматизованих систем керування освітленням та оптимізація схеми розміщення освітлювальних приладів відповідно до нормативних вимог.

Таблиця 2.7 Інші споживачі електричної енергії

Інше впливове	К-ть (шт.)	Потужність одиниці, кВт	Загальна потужність (кВт)	Питома потужність (Вт/м²)	Період роботи (год/тижд.)
Комп'ютер	79	0,35	27,65	7,95	8,00
Принтер	14	0,40	5,6	1,61	0,50
Телевізор	16	0,30	4,8	1,38	1,00
Чайник електричний	1	2,00	2	0,58	0,50
Плита електрична	3	16,80	50,4	14,50	12,00
Електромясорубка	2	4,00	8	2,30	1,00
Електрична сковорідка	1	10,20	10,2	2,93	11,00
Холодильник побутовий	4	2,00	8	2,30	50,00
Морозильна камера	1	0,80	0,8	0,23	8,00
Пекарська шафа	1	4,80	4,8	1,38	2,00
Праска	1	1,50	1,5	0,43	15,00

2.1.10 Вентилятори та насосне обладнання

Вентиляційне обладнання будівлі представлено витяжною установкою кухонного блоку. Електродвигун вентилятора має встановлену потужність 3 кВт. Через обмежений доступ до обладнання детальне технічне обстеження двигуна та визначення фактичних експлуатаційних характеристик виконати не вдалося.

Для забезпечення циркуляції теплоносія в системі тепlopостачання використовується циркуляційний насос потужністю 1,8 кВт, встановлений у тепловому вузлі будівлі. Насосне обладнання перебуває в експлуатації та забезпечує необхідний режим роботи системи опалення.

2.2. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Проведено розрахунок теплотехнічних показників оболонки будівлі, які представлено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 Теплотехнічні показники оболонки будівлі

Показники	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (після модернізації)	Фактичне значення показника
Приведений опір теплопередачі	$R_{\Sigma \text{ пр, м}^2 \cdot \text{К/Вт}}$			
- стін	$R_{\Sigma \text{ пр} \cdot \text{с}}$	3,5	3,5	0,79
- вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma \text{ пр} \cdot \text{в}}$	0,7	0,7	0,43
- входних дверей і воріт	$R_{\Sigma \text{ пр} \cdot \text{д}}$	0,6	0,6	0,38
- горищних перекриттів	$R_{\Sigma \text{ пр} \cdot \text{хг}}$	6,0	6,0	1,1
- перекриттів над неопалюваними підвалами	$R_{\Sigma \text{ пр} \cdot \text{нп}}$	4,0	4,0	2,17

2.3. Визначення річних витрат енергії

Розрахункове енергоспоживання будівлі визначається на основі оцінки потреби об'єкта в енергетичних ресурсах з урахуванням фактичних умов його функціонування та експлуатаційних характеристик. Фактичне енергоспоживання встановлюється за даними комерційного обліку та відображає реальну кількість енергії, спожитої будівлею протягом визначеного періоду.

Під час формування базового рівня енергоспоживання окремі експлуатаційні параметри повинні прийматися не нижче значень, передбачених проєктною документацією або чинними нормативними вимогами.

Таблиця 2.9 Фактичні тепловитрати

Опалювальний сезон	Теплова енергія, кВт·год/рік	Питомі тепловитрати, кВт·год/м ²
2022-2023	448960,00	129,16
2023-2024	326890,00	94,04
2024-2025	397830,00	114,45

У випадку, коли фактичні значення окремих енергетичних або експлуатаційних показників є нижчими за встановлені нормативні вимоги, при формуванні базової лінії приймаються нормативні або розрахункові (проєктні) величини. Якщо ж у процесі обстеження виявлено перевищення нормативних рівнів споживання чи навантаження, у подальших розрахунках використовуються реальні, зафіксовані дані експлуатації об'єкта.

Інші параметри, які не мають чітко визначених нормативних обмежень або залежать від умов фактичного використання будівлі, визначаються на основі результатів енергетичного обстеження та аналізу режимів її роботи.

У результаті базова лінія енергоспоживання встановлюється з урахуванням забезпечення нормативних умов внутрішнього середовища,

стабільного функціонування систем вентиляції відповідно до розрахункових повітрообмінів, а також дотримання вимог щодо комфортної та безпечної експлуатації будівлі протягом усього року.

2.4. Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель

Під час проведення теплотехнічного аналізу визначення теплових витрат виконувалося для кожного виду огорожувальних конструкцій окремо з урахуванням їх просторової орієнтації. Врахування впливу сторін горизонту дало можливість більш об'єктивно оцінити особливості теплообміну будівлі та встановити елементи, які формують найбільшу частку загальних витрат теплоти.

Для порівняльної оцінки ефективності окремих конструктивних елементів застосовано питомий показник f , який характеризує кількість теплової енергії, що втрачається через одиницю площі відповідної конструкції. Використання цього критерію дозволяє зіставляти теплозахисні властивості різних огорожувальних елементів незалежно від їхніх геометричних параметрів та визначати пріоритетні напрями підвищення енергоефективності будівлі. Результати виконаних розрахунків наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Тепловитрати через огорожувальні конструкції

Огорожувальна конструкція	Теплові витрати, кВт/м ²
Зовнішні стіни	97,85
Вікна	163,76
Двері	187,15
Дах	64,51
Підлога	32,61

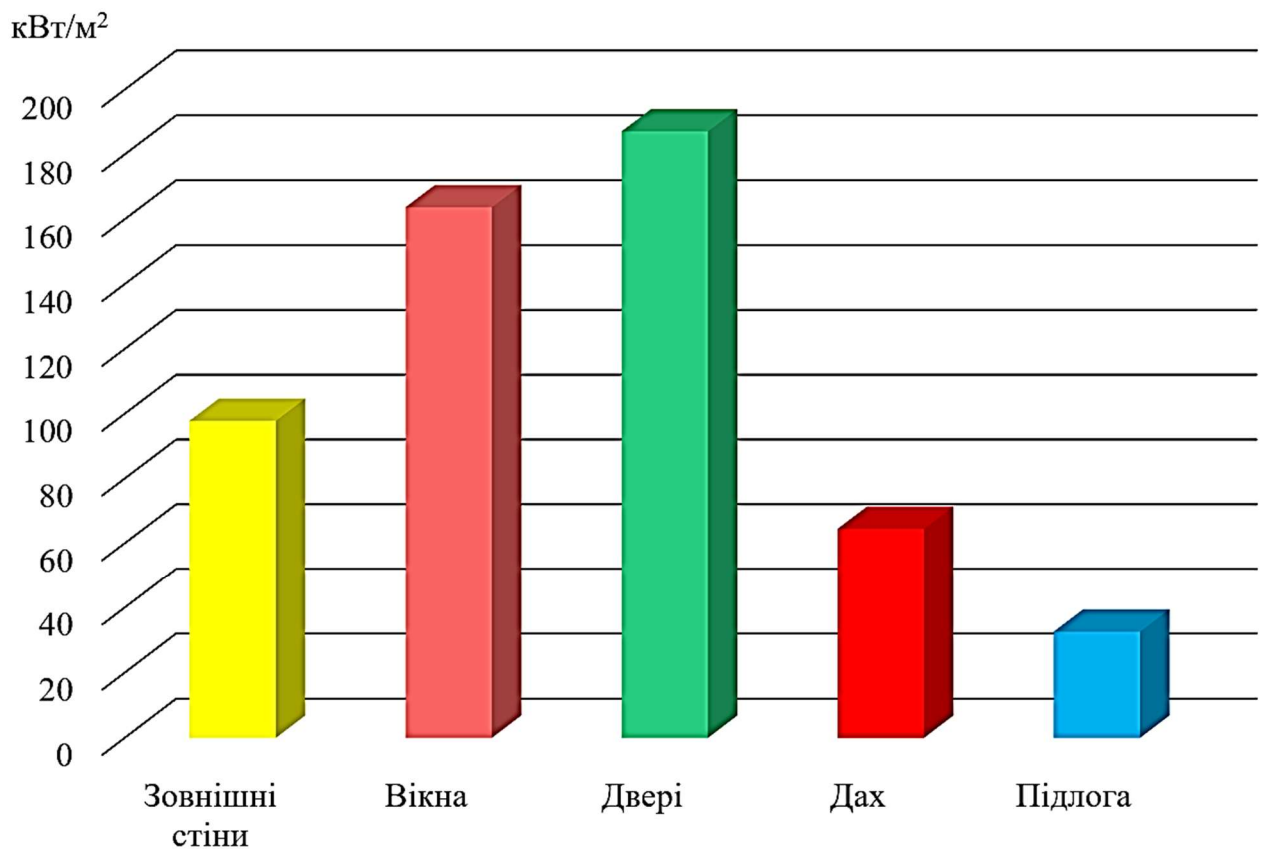


Рис. 2.10 Втрати теплоти трансмісією для окремих огороджувальних конструкцій

Аналіз отриманих результатів показав, що інтенсивність теплових втрат через окремі елементи зовнішньої оболонки будівлі є неоднаковою. Основна частка втрат теплової енергії припадає на зовнішні стіни, світлопрозорі конструкції, покриття та входні двері. Це свідчить про необхідність реалізації заходів, спрямованих на підвищення їх теплозахисних характеристик, що дозволить суттєво знизити загальне енергоспоживання будівлі.

2.5. Аналіз витрат тепла через огороджувальні конструкції

На основі отриманих результатів попередніх розрахунків необхідно побудувати кругову діаграму, наведену на рис. 2.11, а також сформулювати зведену таблицю теплових втрат (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 Теплові втрати будівлі

1) Витрати тепла шляхом теплопередачі, кВт	
- зовнішні стіни	191191,42
- вікна	137555,74
- двері	5614,52
- дах	100507,00
- підлога	50805,73
Σ	485674,41
2) Витрати тепла шляхом інфільтрації, кВт	
Σ	43597,60
Сумарні витрати тепла	529272,01

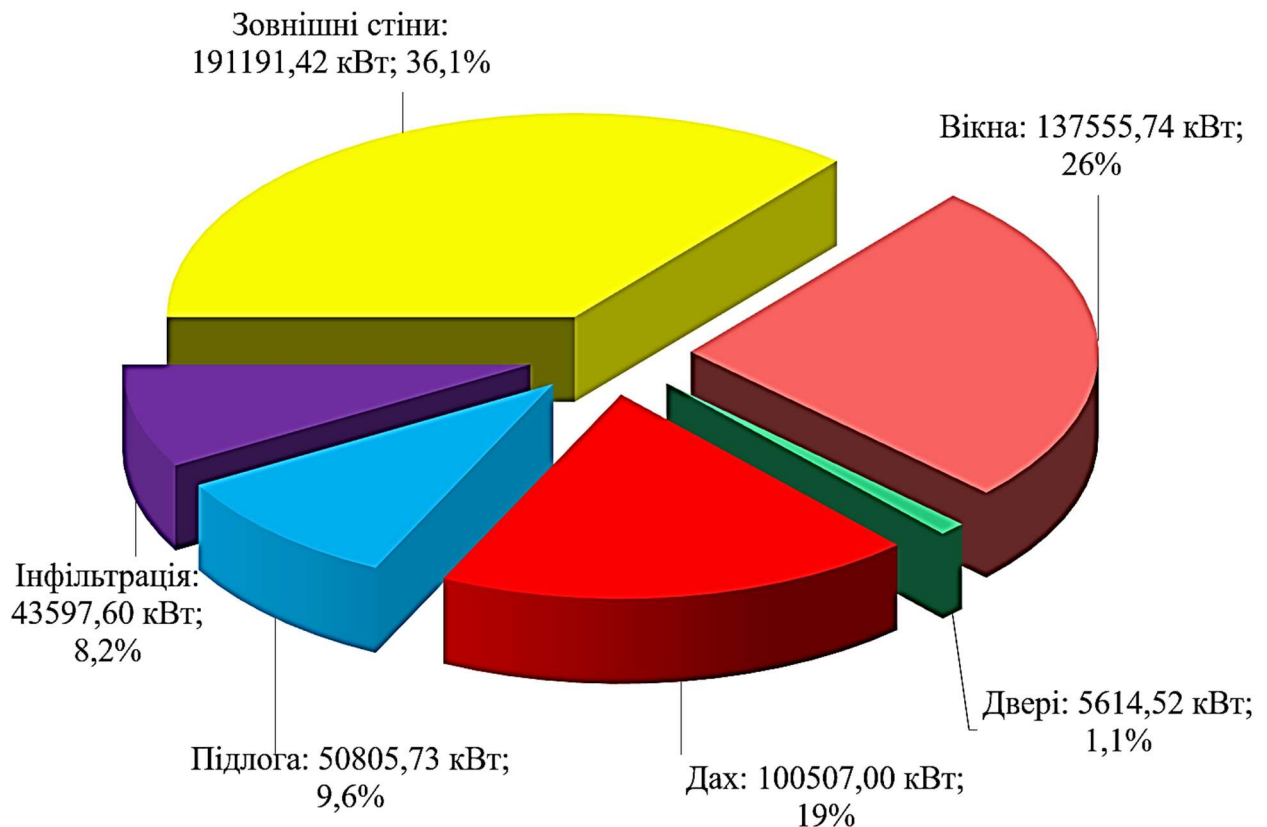


Рис. 2.11 Розподіл існуючих теплових втрат в корпусі будівлі

Аналіз розподілу загальних тепловтрат будівлі свідчить, що основна їх частка припадає на зовнішні стіни — 36,1 %. Значний внесок також мають віконні конструкції, через які втрачається близько 26 % теплової енергії. На

покрівлю припадає орієнтовно 19 % втрат, на підлогу — 9,6 %, тоді як найменша частка характерна для входних дверей і становить приблизно 1,1 %.

Розрахунок економії виконується на основі базової лінії споживання енергоресурсів, наведеної в табл. 2.12–2.13, з подальшим аналізом отриманих результатів та оцінкою ефективності впроваджених заходів.

Таблиця 2.12 Енергетичні показники (кВт·год на рік)

Стаття бюджету	Розрахунк. [кВт·год/рік]	Виміряне [кВт·год/рік]	Базова лінія [кВт·год/рік]	Після ЕЕ і реновації [кВт·год/рік]
Опалення	360151,82	364644,80	401304,98	165292,99
Вентиляція	19586,48		46466,98	23233,49
ГВП	1892,18	47397,00	35108,75	35108,75
Вентилятори і насоси	7104,00		7104,00	14400,00
Освітлення	7404,80		7404,80	2371,20
Інше	31882,50		31882,50	31882,50
Охолодження	0,00		0,00	0,00
Всього	428021,78	412041,80	529272,01	272288,93

Таблиця 2.13 Питомі енергетичні показники (кВт·год/м² на рік)

Стаття бюджету	Розрахунк. [кВт·год/м ² рік]	Виміряне [кВт·год/м ² рік]	Базова лінія [кВт·год/м ² рік]	Після ЕЕ і реновації [кВт·год/м ² рік]
Опалення	103,6	104,9	115,5	47,6
Вентиляція	5,6		13,4	6,7
ГВП	0,5	13,6	10,1	10,1
Вентилятори і насоси	2,0		2,0	4,1
Освітлення	2,1		2,1	0,7
Інше	9,2		9,2	9,2
Охолодження	0,0		0,0	0,0
Всього	123,14	118,54	152,27	78,33

Узагальнення результатів виконаних досліджень свідчить, що першочергові заходи з підвищення енергетичної ефективності будівлі доцільно спрямовувати на ті конструктивні елементи, через які відбуваються

найбільші втрати теплоти. Покращення їх теплозахисних характеристик дає змогу суттєво зменшити потребу в тепловій енергії та підвищити загальну ефективність експлуатації об'єкта.

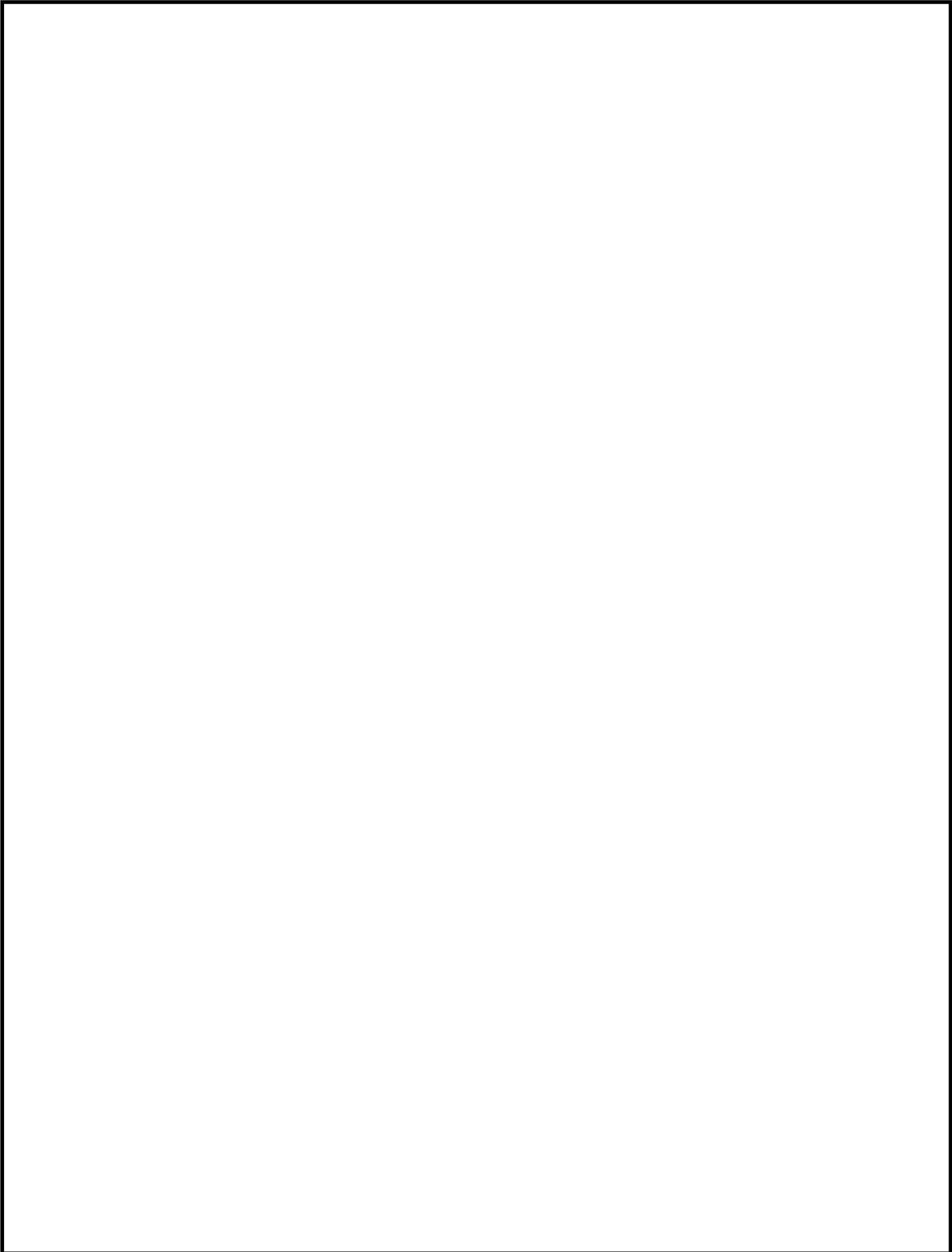
2.6. Висновки за розділом 2

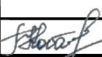
У межах розділу виконано дослідження теплового режиму будівлі закладу освіти та проведено оцінювання її енергетичних характеристик. Здійснено аналіз теплових втрат через зовнішню оболонку будівлі, а також визначено кількість теплоти, що втрачається внаслідок повітрообміну та проникнення зовнішнього повітря через нещільності огорожувальних конструкцій. Додатково розраховано показники теплозахисних властивостей основних конструктивних елементів будівлі та виконано їх порівняння з вимогами чинної нормативної документації.

На підставі отриманих результатів встановлено загальну потребу будівлі в тепловій енергії протягом розрахункового періоду та визначено внесок окремих конструкцій у формування загального теплового балансу. Проведений аналіз показав, що найбільш істотні втрати теплоти відбуваються через зовнішні огорожувальні елементи будівлі, рівень теплозахисту яких не забезпечує необхідної енергетичної ефективності.

Отримані результати дали можливість визначити ключові фактори, які негативно впливають на ефективність використання теплової енергії в будівлі закладу освіти, та обґрунтувати необхідність реалізації заходів з термомодернізації. Запропонований комплекс технічних рішень спрямований на зменшення теплових втрат, оптимізацію роботи інженерних систем і підвищення загального рівня енергоефективності об'єкта.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40



					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3	Літ.		Арк.	Аркушів
Студент		Молчанова А.С.							
Керівник		Воїнов О.П.							
Консульт.									
Зав.каф.		Кобалава Г.О.							
						ХННІ НУК			
						41			

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ
ОБ’ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі

Аналіз використання паливо-енергетичних ресурсів та холодної води за останні 3 роки та визначення рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів наведені в табл. 3.1-3.2 та рис. 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 Витрати енергоресурсів

Рік	Електроенергія, кВт·год/рік	Теплова енергія (газ) м³/рік	Холодна вода, м³/рік
2023	41892	44896	601
2024	49151	32689	805
2025	47556	39783	798
Середнє значення	46200	39123	735

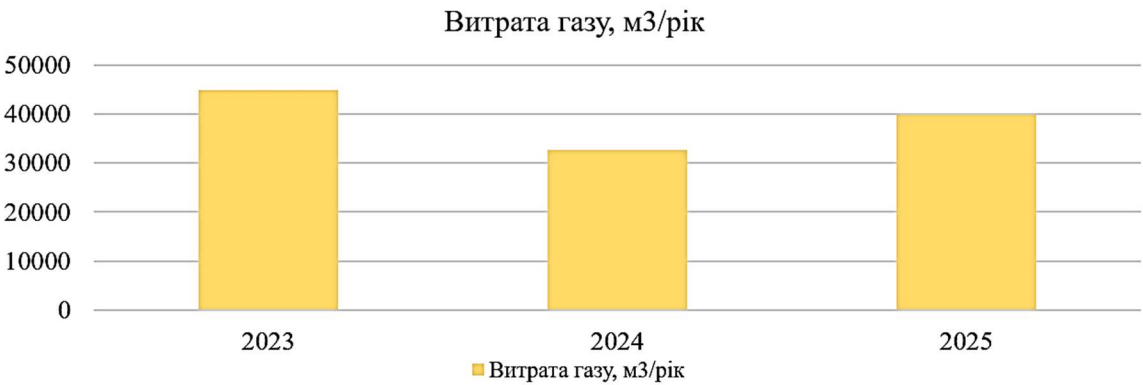




Рис. 3.1 Витрати енергоресурсів

Таблиця 3.2 Видатки на енергоресурси

Рік	Електроенергія	Тепло (газ)	Холодна вода
	грн	грн	грн
2023	188514	743029	29076
2024	270331	541003	45040
2025	309114	716094	49899
Середнє значення	255986	666709	41338

Розподіл видатків на енергоносії за останні три роки (середнє значення)

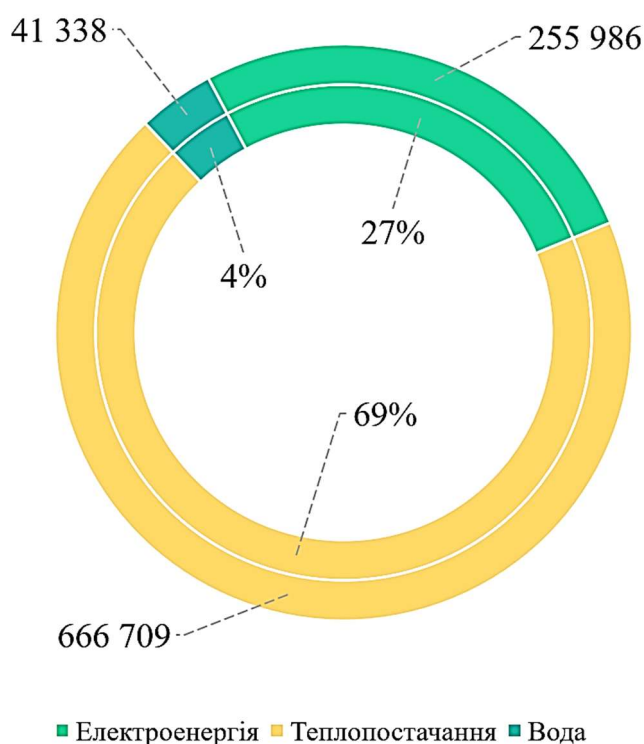


Рис. 3.2 Видатки на енергоносії

Проведений аналіз структури витрат на енергетичні ресурси виявив їх нерівномірний розподіл. Найбільшу частку фінансових витрат становить забезпечення будівлі тепловою енергією, виробництво якої базується на використанні природного газу та складає близько 59 % загальних енергетичних витрат.

Дослідження динаміки показників за попередні роки експлуатації засвідчило тенденцію до зростання витрат на енергозабезпечення об'єкта. Основною причиною цього є поступове підвищення тарифів на енергетичні ресурси. Водночас на цінову ситуацію в енергетичному секторі істотно впливають наслідки воєнних дій, зокрема пошкодження енергетичної інфраструктури та об'єктів передачі енергії. За таких обставин прогнозується подальше збільшення вартості енергоносіїв, що може спричинити зростання експлуатаційних витрат на утримання будівлі в майбутньому.

3.2. Розробка заходів з енергозбереження

Для підвищення енергоефективності будівлі рекомендовано такі заходи:

1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін та цокольного перекриття;
2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху;
3. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття над технічним підпіллям;
4. Комплекс робіт із заміни вікон;
5. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей;
6. Комплекс робіт з модернізації системи опалення в будівлі;
7. Комплекс робіт з влаштування децентралізованої системи вентиляції з рекуперацією теплоти;
8. Модернізація системи освітлення.

1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін та цокольного перекриття

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

Одним із пріоритетних напрямів підвищення енергетичної ефективності будівлі є покращення теплоізоляційних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій. Проведений аналіз свідчить, що існуючий рівень теплозахисту стін і цоколя не відповідає сучасним вимогам, що спричиняє значні втрати теплової енергії в опалювальний період.

Для зниження енергоспоживання пропонується виконати зовнішню теплоізоляцію фасадів та цокольної частини із застосуванням мінераловатних плит товщиною 120 мм та середньою густиною близько 150 кг/м³. Використання такого матеріалу забезпечить підвищення опору теплопередачі конструкцій, зменшення ризику утворення конденсату та покращення температурного режиму всередині приміщень.

Монтаж утеплювача рекомендується здійснювати комбінованим способом із використанням спеціальних клейових сумішей та механічних кріплень. Для захисту теплоізоляційного шару від атмосферних впливів необхідно передбачити армований штукатурний шар із декоративним оздобленням фасаду.

Перед виконанням монтажних робіт слід провести підготовку поверхонь: очистити стіни від пошкоджених оздоблювальних матеріалів, усунути локальні дефекти та демонтувати навісні елементи, які можуть ускладнювати влаштування теплоізоляційної системи. Це сприятиме якісному з'єднанню утеплювача з основою та збільшенню строку експлуатації конструкції.

Застосовувані матеріали повинні відповідати чинним будівельним вимогам і мати підтверджені теплотехнічні характеристики. Усі роботи доцільно виконувати відповідно до сучасних технологій влаштування фасадних систем утеплення.

Реалізація запропонованого заходу дозволить скоротити втрати теплової енергії через зовнішні конструкції, зменшити витрати на опалення, підвищити комфортність експлуатації приміщень та покращити технічний і естетичний стан будівлі.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття над технічним підпіллям

Для зниження тепловтрат і покращення енергетичних показників будівлі рекомендується виконати утеплення перекриття над неопалювальним підвалом. Роботи доцільно проводити з боку підвального приміщення шляхом монтажу теплоізоляційних плит із застосуванням спеціальних клейових сумішей та механічних кріплень. Для захисту утеплювача від механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища необхідно передбачити зовнішній штукатурний шар.

Перед початком виконання робіт рекомендується провести детальне обстеження конструкцій перекриття та виконати необхідні обміри. За результатами технічної оцінки, у разі потреби, слід розробити рішення щодо підсилення окремих конструктивних елементів з урахуванням додаткового навантаження від теплоізоляційної системи.

Проектування заходу необхідно здійснювати відповідно до чинних нормативних документів у сфері будівництва та енергоефективності, враховуючи конструктивні особливості будівлі та вимоги щодо безпечної експлуатації.

Під час вибору теплоізоляційних матеріалів і конструктивного рішення необхідно забезпечити досягнення нормативних показників теплозахисту перекриття над неопалюваними приміщеннями та проїздами. Після виконання робіт конструкція повинна відповідати сучасним вимогам щодо енергозбереження та мати покращені теплотехнічні характеристики.

3. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху

Для зменшення тепловтрат та приведення покрівлі до сучасних вимог енергоефективності рекомендується виконати її комплексну термомодернізацію. Роботи повинні враховувати конструктивні особливості окремих ділянок будівлі.

Для скатної покрівлі доцільно провести капітальний ремонт горищного перекриття, що включає заміну пошкоджених дерев'яних елементів

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

конструкції, очищення поверхні від існуючого утеплювача, який втратив свої експлуатаційні властивості, та влаштування нового теплоізоляційного шару. Як утеплювач рекомендується застосовувати мінераловатні плити густиною 170–220 кг/м³ товщиною 200 мм. Перед укладанням теплоізоляції необхідно передбачити шар гідроізоляційної мембрани, а верхній захист конструкції виконати із сучасних вологостійких матеріалів. За такої конструкції постійні експлуатаційні проходи по поверхні утеплювача не передбачаються.

Для суміщеної покрівлі над спортивною залою рекомендується демонтувати існуючий гідроізоляційний килим та застарілий теплоізоляційний шар. Після підготовки основи необхідно виконати утеплення перекриття мінераловатними плитами густиною 170–220 кг/м³ із товщиною теплоізоляції 250 мм. Конструкція покрівлі повинна передбачати влаштування гідроізоляційного шару під утеплювачем, захисної цементної стяжки та нового зовнішнього гідроізоляційного покриття.

Для теплоізоляції покрівлі доцільно використовувати негорючі мінераловатні матеріали, які відповідають вимогам пожежної безпеки та забезпечують необхідні теплотехнічні характеристики. Застосування таких утеплювачів дозволяє досягти оптимального співвідношення між теплозахисними властивостями, механічною міцністю та допустимим навантаженням на несучі конструкції будівлі.

4. Комплекс робіт із заміни вікон

Одним із напрямів скорочення теплових втрат будівлі є модернізація світлопрозорих огорожувальних конструкцій. Для підвищення теплоізоляційних характеристик рекомендується виконати утеплення віконних відкосів мінераловатними плитами товщиною 30 мм із подальшим улаштуванням захисного штукатурного шару. Такий захід дозволить зменшити тепловтрати в місцях примикання вікон до стін та запобігти утворенню містків холоду.

Зношені дерев'яні вікна доцільно замінити на сучасні металопластикові конструкції з двокамерними склопакетами, заповненими інертним газом, та

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

енергоефективним низькоемісійним склом. Використання таких вікон сприятиме зниженню втрат теплової енергії та покращенню мікроклімату приміщень. Рекомендований коефіцієнт теплопередачі конструкцій має становити не менше 1,67 Вт/(м²·К).

Для забезпечення надійності та тривалого строку експлуатації віконні профілі повинні мати сталеве армування, яке підвищує жорсткість конструкції та її стійкість до механічних і температурних впливів. Для умов другої кліматичної зони оптимальним рішенням є використання п'ятикамерних профільних систем монтажною шириною 70 мм.

Монтаж нових вікон необхідно виконувати з якісною герметизацією стиків та утепленням зон примикання до стін, що забезпечить цілісність теплоізоляційного контуру будівлі.

Впровадження запропонованих заходів дозволить зменшити тепловтрати через віконні конструкції, скоротити витрати на опалення, покращити умови експлуатації приміщень та підвищити загальну енергетичну ефективність будівлі.

5. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей

Аналіз технічного стану показав, що існуючі дверні конструкції характеризуються підвищеним коефіцієнтом теплопередачі, який перевищує нормативні значення. Крім того, через недостатню герметичність дверних полотен та місць їх примикання відбувається інтенсивна інфільтрація зовнішнього повітря, що призводить до додаткових втрат теплової енергії та погіршення мікроклімату приміщень у холодний період року.

Зважаючи на тривалий термін експлуатації та незадовільні теплозахисні властивості, доцільно виконати заміну існуючих дерев'яних дверей на сучасні енергоефективні конструкції. Як оптимальне рішення рекомендується встановлення металопластикових дверних блоків із двокамерними склопакетами, що забезпечуватимуть покращені показники теплоізоляції та герметичності.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

Використання нових дверних конструкцій дозволить суттєво скоротити втрати теплової енергії через зовнішні огорожувальні елементи, зменшити неконтрольоване надходження холодного повітря та підвищити комфортні умови перебування людей у будівлі. Додатковими перевагами такого рішення є підвищення звукоізоляційних характеристик, покращення експлуатаційної надійності та оновлення зовнішнього вигляду будівлі.

Під час виконання робіт із заміни дверних блоків та термомодернізації фасадів необхідно передбачити утеплення дверних відкосів. Це дозволить усунути містки холоду в місцях примикання дверних конструкцій до стін та забезпечити безперервність теплоізоляційного контуру будівлі. Роботи з монтажу повинні виконуватися із застосуванням сучасних герметизуючих та теплоізоляційних матеріалів, що гарантуватиме довговічність конструкції та стабільність її теплозахисних властивостей протягом усього терміну експлуатації.

Впровадження зазначеного заходу сприятиме підвищенню енергетичної ефективності будівлі, скороченню витрат на опалення, зменшенню інфільтраційних тепловтрат та приведенню зовнішніх дверних конструкцій у відповідність до сучасних вимог щодо теплозахисту та енергоощадності.

6. Модернізація системи опалення та ІТП

З метою підвищення енергоефективності та покращення експлуатаційних характеристик будівлі рекомендується провести комплексну модернізацію системи опалення. Основним напрямком реконструкції є переобладнання існуючої внутрішньої мережі тепlopостачання з переходом на двотрубну систему розподілу теплоносія. Така схема забезпечує більш рівномірне постачання теплової енергії до опалювальних приладів та створює умови для індивідуального регулювання температурного режиму в приміщеннях.

У межах реалізації заходу передбачається демонтаж зношених трубопроводів та монтаж нових розподільчих мереж із використанням сучасних матеріалів, що відповідають вимогам надійності та довговічності.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

Одночасно рекомендується виконати заміну існуючих опалювальних приладів на біметалеві радіатори, які характеризуються високою тепловіддачею, стійкістю до корозії та тривалим строком експлуатації.

Для забезпечення автоматичного регулювання температури в окремих приміщеннях доцільно обладнати кожен опалювальний прилад термостатичними клапанами. Використання таких пристроїв дозволяє підтримувати необхідний температурний режим залежно від функціонального призначення приміщення та фактичних потреб користувачів, що сприяє зниженню непродуктивних витрат теплової енергії.

Важливою складовою модернізації є впровадження системи гідравлічного балансування. Для цього рекомендується встановлення автоматичних балансувальних клапанів на стояках та розподільчих ділянках системи опалення. Застосування балансувальної арматури забезпечує оптимальний розподіл витрати теплоносія між окремими контурами та усуває нерівномірність прогріву приміщень.

Під час визначення вартості реалізації заходу можуть бути використані сучасні технічні рішення, аналогічні обладнанню провідних виробників, зокрема автоматичні балансувальні клапани Danfoss серії ASV-P та ASV-M, динамічні регулятори витрати теплоносія Danfoss серії RA-DV та термостатичні клапани Danfoss моделі RA 2920 з можливістю автоматичного підтримання заданої температури. Використання такого обладнання дозволяє підвищити ефективність роботи системи опалення та знизити експлуатаційні витрати.

Після проведення реконструкції очікується покращення гідравлічної стійкості системи, вирівнювання температурного режиму в усіх приміщеннях будівлі та створення комфортних санітарно-гігієнічних умов для її користувачів. Крім того, модернізація сприятиме скороченню перевитрат теплової енергії, зменшенню навантаження на теплогенеруюче обладнання та підвищенню загальної енергетичної ефективності об'єкта.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

Незважаючи на те, що економічний ефект від впровадження цього заходу може характеризуватися тривалим строком окупності, його реалізація є технічно доцільною. Найбільший результат досягається при комплексному впровадженні разом із заходами з утеплення огорожувальних конструкцій, модернізації вікон і дверей, покращення теплового захисту покрівлі та автоматизації роботи інженерних систем. Комплексний підхід забезпечує суттєве скорочення споживання теплової енергії, підвищення комфорту експлуатації будівлі та відповідність сучасним вимогам щодо енергоефективності.

7. Модернізація системи вентиляції

За умови обмеженого фінансування першочерговим заходом доцільно передбачити відновлення працездатності існуючої системи природної вентиляції. Такий підхід дозволить покращити повітрообмін у приміщеннях та забезпечити належні санітарно-гігієнічні умови без значних капітальних витрат.

Комплекс робіт має включати очищення вентиляційних каналів від забруднень, усунення виявлених пошкоджень та відновлення їх проєктної пропускної здатності. Крім того, необхідно забезпечити функціонування всіх вентиляційних отворів і решіток, які в процесі експлуатації могли бути частково або повністю перекриті.

Після виконання заходів з термомодернізації будівлі особливого значення набуває організація контрольованого припливу свіжого повітря. Для цього рекомендується встановлення припливних вентиляційних клапанів у віконних конструкціях та облаштування вентиляційних решіток у нижній частині внутрішніх дверей, що сприятиме безперешкодному переміщенню повітря між приміщеннями.

Для підвищення ефективності роботи системи природної вентиляції необхідно забезпечити належну висоту вентиляційних каналів над покрівлею та їхній справний технічний стан. У приміщеннях із підвищеним рівнем вологості, зокрема санітарних вузлах, доцільно встановити малопотужні

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

втяжні вентилятори, оснащені автоматичними пристроями керування, такими як датчики вологості та таймери.

За відсутності можливості облаштування повноцінної механічної припливно-втяжної системи рекомендується реалізувати мінімальний комплекс заходів із модернізації природної вентиляції. Для організації припливу повітря можуть застосовуватися сучасні віконні вентиляційні клапани або їх аналоги, які забезпечують регульовану подачу зовнішнього повітря, достатній рівень шумоізоляції та можливість налаштування інтенсивності повітрообміну залежно від потреб користувачів.

8. Модернізація системи освітлення

Для скорочення споживання електричної енергії та підвищення ефективності роботи системи освітлення рекомендується провести її комплексну модернізацію. Основним заходом є заміна морально та фізично застарілих освітлювальних приладів на сучасні світлодіодні світильники, які характеризуються низьким енергоспоживанням, тривалим терміном експлуатації та високою світловою віддачею.

Використання LED-технологій дозволить зменшити витрати електроенергії, покращити якість штучного освітлення приміщень та скоротити експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням і заміною джерел світла. Крім економічного ефекту, модернізація системи сприятиме створенню комфортніших умов для перебування людей та забезпеченню нормативних показників освітленості.

Монтаж нової системи освітлення рекомендується виконувати з урахуванням чинних нормативних вимог щодо енергоефективності та електробезпеки. Реалізація запропонованого заходу дозволить знизити споживання електричної енергії, покращити експлуатаційні характеристики освітлювальної системи та підвищити загальний рівень комфорту й безпеки будівлі.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

3.3. Оцінка витрат для запропонованих заходів

Проведена оцінка витрат для запропонованих заходів (табл. 3.3-3.8).

Таблиця 3.3 Розрахунок витрат на утеплення зовнішніх стін

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Підготовка основи, ремонт локальних дефектів	комплекс	1	532596,09
Фасадна теплоізоляційна система з мінеральною ватою	м ²	1780	4362755,21
Утеплення та опорядження відкосів	комплекс	1	589255,25
Армувальний шар, сітка, декоративне покриття	комплекс	1	827223,71
Проектні та супровідні роботи	комплекс	1	214291,74
Разом	-	-	6526122,00

Таблиця 3.4 Розрахунок витрат на утеплення покрівлі

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Пароізоляція та підготовка основи	м ²	1558,00	378436,95
Утеплювач покрівлі, 150 мм	м ²	1558,00	1705969,75
Геотекстиль, кріплення, допоміжні матеріали	комплекс	1	648749,06
Гідроізоляційна мембрана / покриття	м ²	1558,00	937081,98
Технічний нагляд і резерв	комплекс	1	190762,26
Разом	-	-	3861000,00

Таблиця 3.5 Розрахунок витрат на утеплення перекриття над підвалом

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Підготовка поверхні перекриття	м ²	22,8	2556,15
Теплоізоляційні плити / мінеральна вата	м ²	22,8	13632,78
Кріплення, захисний шар, опорядження	комплекс	1	8398,77

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Додаткові та проєктні роботи	комплекс	1	2772,30
Разом	-	-	27360,00

Таблиця 3.6 Розрахунок витрат на заміну дверей

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Демонтаж існуючих дверей	комплект	1	9689,54
Нові утеплені зовнішні двері	м ²	16,20	64596,92
Монтаж, герметизація примикань та відкосів	комплекс	1	20532,59
Додаткові матеріали	комплекс	1	5822,95
Разом	-	-	100642,00

Таблиця 3.7 Розрахунок витрат на встановлення вікон

Найменування робіт	Од. виміру	Кількість	Вартість, грн
Демонтаж існуючих вікон	комплекс	1	293322,69
Нові вікна, підвіконня	м ²	494,08	1955484,60
Монтаж, герметизація примикань та відкосів	комплекс	1	621564,75
Додаткові матеріали	комплекс	1	176272,97
Разом	-	-	3046645,00

Таблиця 3.8 Укрупнений розрахунок вартості інженерних заходів

Захід	Основні складові	Вартість, грн
Модернізація системи опалення	балансування, регулювання, обладнання, монтаж, нові прилади опалення	1675650,00
Модернізація системи вентиляції	цилиндрні провітрювачі, настінні вентилятори, датчики вологості, таймери затримки, монтаж	575000,00
Модернізація системи освітлення	LED лампи, світильники	101379,00

Після впровадження рекомендованих заходів комфортні умови в помешканні будуть відповідати нормативним (ДБН В.2.6-31:2021).

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

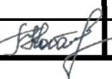
3.4. Висновки за розділом 3

У цьому розділі проведено дослідження рівня енергоспоживання будівлі закладу освіти та визначено можливості скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів за рахунок підвищення її енергоефективності. На основі результатів енергетичного аналізу встановлено найбільш вагомі чинники, що впливають на формування теплових втрат, а також окреслено напрями їх зменшення.

За результатами виконаних розрахунків сформовано перелік заходів, спрямованих на покращення теплотехнічних характеристик будівлі. Запропоновані рішення охоплюють підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій, модернізацію інженерного обладнання та застосування сучасних технологій раціонального використання енергетичних ресурсів. Для кожного із запропонованих заходів визначено обсяги необхідних інвестицій та проведено оцінку їх практичної ефективності.

Проведений аналіз підтвердив, що реалізація комплексу термомодернізаційних заходів дозволить суттєво скоротити споживання енергії та знизити витрати на експлуатацію будівлі. Очікуваним результатом також є покращення енергетичних показників об'єкта, створення комфортніших умов перебування користувачів закладу освіти та забезпечення більш ефективного використання енергетичних ресурсів у процесі його функціонування.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.04		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4		
Студент		Молчанова А.С.					
Керівник		Воїнов О.П.					
Консульт.							
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК 56		

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів

Результати розрахунку варіантів термомодернізації представлено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Варіанти термомодернізації

Заходи	Інвестиції грн.	Річні збереження		Строк окупності (років)
		кВт · год	грн.	
1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін та цокольного перекриття	5526122	106613	302781	18,25
2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху	3861000	71623	203409	18,99
3. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття над технічним підпіллям	27360	675	1917	14,27
4. Комплекс робіт із заміни вікон	3046645	46021	130700	23,31
5. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей	100642	1768	5021	20,04
6. Комплекс робіт з модернізації системи опалення	1675650	22452	63764	26,28
7. Модернізація системи вентиляції	575000	10094	28667	20,06
8. Модернізація системи освітлення	101379	5034	32721	3,10
Разом:	14413798	264280	768980	17,73

Термін простої окупності складає 24 роки при зростанні тарифів модернізація даної будівлі окупиться швидше запланованого строку.

4.2. Оцінка фінансової ефективності

Проведено оцінку фінансової ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів та визначено їх економічну доцільність і строки окупності (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Аналіз економічних факторів при впровадженні заходів від Базового рівня

Заходи	Первинні інвестиції [UAH]	Чиста економія [UAH]	Строк служби [рік]	PВ [рік]	IRR [%]	NPV [UAH]	NPVQ
1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін та цокольного перекриття	5526122	302781	30	18,26	5,0	1505000	0,27
2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття даху	3861000	203409	30	18,99	3,9	-735000	-0,19
3. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття над технічним підпіллям	27360	1917	30	14,30	5,7	2100	0,08
4. Комплекс робіт із заміни вікон	3046645	130700	30	23,31	4,2	-120000	-0,04
5. Комплекс робіт із заміни зовнішніх входних дверей	100642	5021	20	20,04	4,9	-38000	-0,38
6. Комплекс робіт з модернізації системи опалення	1675650	63764	40	30,32	7,8	1120000	0,67
7. Модернізація системи вентиляції	575000	28667	20	15,46	7,2	210000	0,37
8. Модернізація системи освітлення	101379	32721	10	3,10	29,9	151000	1,49
Разом:	14413798	768980	-	18,7	5,8	-1600000	-0,11

Таблиця 4.3 Аналіз економічних факторів при впровадженні заходів від
Пріоритетних заходів

Заходи	Первинні інвестиції [UAH]	Чиста економія [UAH]	Строк служби [рік]	PB [рік]	IRR [%]	NPV [UAH]	NPV Q
1. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін та цокольного перекриття	5526122	302781	30	18,26	5,0	1505000	0,27
2. Комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування перекриття над технічним підпіллям	27360	1917	30	14,30	5,7	2100	0,08
3. Комплекс робіт з модернізації системи опалення	1675650	63764	40	30,32	7,8	1120000	0,67
4. Модернізація системи вентиляції	575000	28667	20	15,46	7,2	210000	0,37
5. Модернізація системи освітлення	101379	32721	10	3,10	29,9	151000	1,49
Разом:	7905511	429850	-	18,39	5,8	457761	0,18

4.3 Висновки по розділу 4

У цьому розділі здійснено оцінювання економічної результативності заходів, запропонованих для покращення енергетичних показників будівлі школи. Дослідження зосереджене на визначенні економічного ефекту, який може бути отриманий унаслідок реалізації комплексу робіт із термомодернізації та оновлення інженерного обладнання.

За результатами проведених розрахунків визначено прогнозоване зменшення споживання енергетичних ресурсів, що супроводжується скороченням витрат на експлуатацію та утримання будівлі. Встановлено, що впровадження запропонованих технічних рішень сприятиме зниженню

поточних експлуатаційних витрат і забезпечить довгостроковий економічний ефект протягом усього періоду використання об'єкта.

Крім того, у межах дослідження виконано аналіз ключових техніко-економічних показників, які характеризують інвестиційну ефективність запропонованих заходів. Проведена оцінка підтверджує економічну обґрунтованість реалізації комплексної термомодернізації будівлі, оскільки вона сприяє більш ефективному використанню енергетичних ресурсів, скороченню експлуатаційних витрат та підвищенню загального рівня енергоефективності об'єкта.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.05			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Молчанова А.С.						
Керівник		Воїнов О.П.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.				ХННІ НУК 61		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1. Аналіз небезпек

Під час виконання робіт з термомодернізації будівлі школи виникає низка небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть створювати загрозу для працівників та учасників освітнього процесу. Особливістю реалізації таких заходів є проведення будівельно-монтажних робіт на території об'єкта соціальної інфраструктури, що потребує ретельного планування виробничих процесів та забезпечення належного рівня безпеки.

Найбільшу небезпеку становлять роботи, пов'язані з утепленням фасадів, ремонтом покрівлі та встановленням окремих елементів інженерних систем. Виконання цих операцій на висоті супроводжується ризиком падіння працівників, будівельних матеріалів та інструментів. Для запобігання нещасним випадкам необхідно використовувати справні риштування, захисні огороження та індивідуальні страхувальні засоби.

Використання електричного обладнання та ручного електроінструменту під час монтажних робіт пов'язане з небезпекою ураження електричним струмом. Додаткові ризики можуть виникати під час виконання робіт у приміщеннях із підвищеною вологістю або під час підключення інженерних мереж будівлі.

У процесі підготовки поверхонь, демонтажу старих конструкцій і монтажу теплоізоляційних матеріалів утворюється будівельний пил, який негативно впливає на органи дихання та зір працівників. Крім того, використання клейових сумішей, герметиків, ґрунтовок і лакофарбових матеріалів може спричиняти подразнення шкіри та слизових оболонок.

Під час проведення термомодернізації існує ймовірність виникнення пожежної небезпеки, що пов'язана із застосуванням окремих теплоізоляційних

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

матеріалів, експлуатацією електрообладнання та порушенням правил зберігання будівельної продукції.

Зниження рівня виробничих ризиків забезпечується впровадженням системи управління охороною праці, проведенням попередньої оцінки небезпечних факторів, використанням засобів індивідуального та колективного захисту, а також постійним контролем за дотриманням вимог безпеки під час виконання робіт.

5.2. Витяг з правил техніки безпеки

Роботи з термомодернізації будівлі школи повинні виконуватися відповідно до чинного законодавства у сфері охорони праці та будівельної діяльності. Організація виробничого процесу має бути спрямована на створення безпечних умов праці та мінімізацію ризиків для працівників і користувачів будівлі.

До виконання будівельно-монтажних робіт допускаються особи, які пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктажі з охорони праці та перевірку знань вимог безпеки. Перед початком кожного етапу робіт проводиться цільовий інструктаж з урахуванням особливостей технологічного процесу. Працівники забезпечуються необхідними засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, захисним взуттям, касками, рукавицями, окулярами та засобами захисту органів дихання. При виконанні висотних робіт обов'язковим є використання страхувальних систем і запобіжних пристроїв.

Риштування, помости та інші допоміжні конструкції повинні бути технічно справними та відповідати вимогам безпечної експлуатації. Небезпечні зони виконання робіт необхідно огорожувати та позначати попереджувальними знаками, обмежуючи доступ сторонніх осіб, особливо учнів і працівників закладу освіти.

Для забезпечення електробезпеки використовують справний електроінструмент із захисним заземленням та пристроями автоматичного

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

відключення. Тимчасові електричні мережі повинні монтуватися відповідно до встановлених вимог і регулярно перевірятися.

Пожежна безпека передбачає правильне зберігання горючих матеріалів, забезпечення об'єкта первинними засобами пожежогасіння та дотримання правил експлуатації електрообладнання. У місцях виконання робіт повинні бути визначені шляхи евакуації та порядок дій у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Робочі місця необхідно підтримувати в належному санітарному та технічному стані, забезпечуючи достатнє освітлення, безпечне складування матеріалів і вільний доступ до обладнання. У разі виявлення небезпечних умов виконання робіт вони повинні бути негайно усунуті.

5.3. Висновки за розділом 5

У розділі проведено аналіз умов праці під час виконання робіт з термомодернізації будівлі школи та визначено основні виробничі небезпеки, які можуть виникати в процесі реалізації проєкту. Встановлено, що найбільш суттєвими факторами ризику є роботи на висоті, використання електрообладнання, вплив будівельного пилу та хімічних речовин, а також пожежна небезпека.

Дослідження показало, що забезпечення належного рівня безпеки залежить від правильної організації будівельного процесу, застосування сучасних технічних рішень та дотримання вимог охорони праці. Особливого значення набуває виконання робіт у межах діючого закладу освіти, де необхідно гарантувати безпеку як працівників, так і учасників освітнього процесу.

Запропоновані організаційні та технічні заходи спрямовані на мінімізацію виробничих ризиків, підвищення рівня безпеки праці та створення належних умов для якісного виконання комплексу робіт з термомодернізації будівлі школи.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі досліджено питання підвищення енергетичної ефективності будівлі закладу освіти та обґрунтовано доцільність впровадження комплексу заходів з термомодернізації. Проведений аналіз технічного стану об'єкта дозволив визначити основні чинники, що впливають на рівень споживання енергоресурсів, а також виявити найбільш суттєві джерела теплових втрат.

У ході дослідження виконано оцінку теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та проаналізовано роботу інженерних систем будівлі. Отримані результати підтвердили необхідність підвищення теплозахисних властивостей конструктивних елементів і вдосконалення систем забезпечення мікроклімату.

На основі проведених розрахунків розроблено комплекс технічних рішень, спрямованих на зменшення енергоспоживання та покращення експлуатаційних характеристик будівлі. Запропоновані заходи передбачають скорочення теплових втрат і підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів.

Техніко-економічна оцінка підтвердила економічну доцільність реалізації запропонованих рішень. Встановлено, що впровадження заходів з термомодернізації сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню енергоефективності будівлі та забезпеченню тривалого економічного ефекту.

У роботі також розглянуто питання охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори й запропоновано організаційні та технічні заходи для забезпечення безпечних умов праці та зниження професійних ризиків.

Отримані результати свідчать, що комплексна термомодернізація будівлі закладу освіти є ефективним напрямом підвищення її енергетичних характеристик. Реалізація запропонованих заходів забезпечить скорочення споживання енергоресурсів, покращення умов експлуатації будівлі,

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

підвищення теплового комфорту та більш раціональне використання фінансових і енергетичних ресурсів.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

ЛІТЕРАТУРА

1. Тренінговий посібник для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті Фонду енергоефективності України / А. Чернявський, В. Литвин, Д. Марусич, К. Шишка, С. Наскальний. Київ : Проект «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні», 2021. 400 с.

2. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко. Київ : Проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», 2020. 278 с.

3. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М. Іншеков, Є.Є. Нікітін, М.В. Тарновский, А.В. Чернявський. Київ : Поліграф плюс, 2014. 238 с.

4. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями / В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний: Навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2009. 437 с.

5. Інструментальний енергоаудит : навч.-практ. посіб. / Юрченко Є.Л., Коваль О.О., Ляховецька-Токарєва М.М., Нікіфорова Т.Д., Косенко Л.В., Бондаренко А.В., Демідов О.Л., Соколова К.В. Електрон. вид. Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025. 277с.

6. Димо Б.В., Пилипчак В.І. Оцінка енергетичної ефективності теплових систем: Навчальний посібник. Київ: Технології і Ремонт, 2008. 144 с.

7. Метрологічне забезпечення енергетичного контролю і аудиту. Посібник для слухачів навчальних курсів з енергетичного менеджменту / Укл. А.А. Маліновський. Львів, 2000. 64с

8. Енергоаудит: Посібник для слухачів навчальних курсів з енергетичного менеджменту / Укл. А.А. Маліновський. Львів, 2000. 92 с.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

9. Енергоаудит у житлово-комунальному господарстві / М.М. Лебедєв, В.П. Розен, О.І. Соловей, І.М. Третьяков та ін.; Під заг. ред. І.М. Третьякова. Київ: Автограф, 2006. 60 с

10. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : Навчальний посібник / О.Д. Демов. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.

11. Закон України «Про енергозбереження».

12. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

13. ДБН В.2.6-31:2021 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

14. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

16. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація.

17. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.

18. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання.

19. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

					КРБ.144.4248.04.05.ПЗ.00	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		