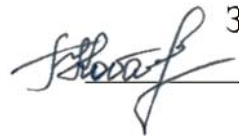


Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

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 багатоповерхового житлового будинку
у м. Одеса та розробка енергоефективних заходів»**

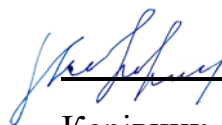
Виконав: студент IV курсу, групи **4248**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)



Настя BOVK

(прізвище та ініціали)

Керівник **Галина КОБАЛАВА**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Вікторія КОРНІЄНКО**

(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»

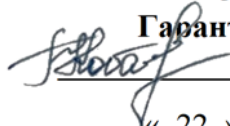
(шифр і назва)

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 **Вовк Насті Павлівни, група 4248**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Аналіз енергоефективності багатоповерхового житлового будинку у м. Одеса та розробка енергоефективних заходів»**

керівник роботи **Кобалава Галина Олександрівна, к.т.н., доцент**

(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. Розрахунок теплових втрат будівлі.

2.3. Визначення річних витрат енергії на опалення та вентиляцію.

2.4. Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі.

2.5. 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. Визначення теплових втрат та річного споживання енергії будівлею після впровадження енергозберігаючих 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. Розрахунок капітальних інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.

4.3. Розрахунок термінів окупності та показників економічної 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.

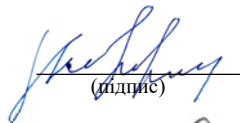
5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

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	вик
2.	Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.	до 07 травня	вик
3.	Розробка заходів з енергозбереження для об'єкту дослідження.	до 15 травня	вик
4.	Аналіз економічної ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів.	до 23 травня	вик
5.	Розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.	до 02 червня	вик
6.	Графічна частина.	до 06 червня	вик
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедру	до 10 червня	вик

Здобувач


(підпис)

Настя ВОВК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Галина КОБАЛАВА

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вовк Настя Павлівна, група 4248.

«Аналіз енергоефективності багатоповерхового житлового будинку у м. Одеса 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 роботі проведено теплотехнічний розрахунок зовнішньої оболонки будівлі в базовому стані, який показав її невідповідність сучасним нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 та відніс об'єкт до низького класу енергоефективності «Е». Обґрунтовано та розраховано комплекс заходів із термомодернізації: утеплення фасадів мінеральною ватою (80 мм), покриття – екструдованим пінополістиролом (100 мм), стелі підвалу – мінватою (80 мм), а також ліквідацію елеваторного вузла із впровадженням автоматизованого блочно-модульного ІТП з погодним керуванням. Це дозволило знизити річне споживання тепла на опалення на 64,1% (заощаджено 146,50 Гкал/рік), ліквідувати зимові піки електроспоживання (заощаджено 43828,8 кВт·год/рік) та підвищити клас енергоефективності будинку до нормативного рівня «С».

Економічний аналіз за норми дисконтування $r=10\%$ довів, що за умови 100% фінансування мешканцями проєкт має тривалий статичний термін окупності (16,33 року) та від'ємний NPV . Доведено безальтернативність залучення державної підтримки: участь у програмі «Енергодім» (грант 50%) зменшує витрати ОСББ до 3,526 млн грн, скорочує простий термін окупності до 8,17 року та забезпечує дисконтовану окупність у межах 17,8 років із позитивним фінансовим ефектом. У розділі охорони праці сформовано заходи з безпечного проведення верхолазних, монтажних та вогневих робіт.

Ключові слова: термомодернізація, блочно-модульний ІТП, мінеральна вата, екструдований пінополістирол, проста окупність, дисконтований грошовий потік.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Nastia Vovk, group 4248.

"Energy Efficiency Analysis of a Multi-Story Residential Building in Odessa and Development of Energy Efficiency Measures".

Qualification thesis for a Bachelor's degree in Specialty 144 "Thermal Power Engineering" (Educational and Professional Program "Energy Management"). Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, 2026.

The thesis is focused on evaluating the energy performance indicators of a 9-storey residential building under the climatic conditions of Odesa and developing a set of engineering solutions to reduce its energy consumption.

The thermal engineering calculation of the building envelope in its baseline state revealed non-compliance with the current Ukrainian regulatory standards (DBN V.2.6-31:2021), classifying the facility into the low energy efficiency class "E". A comprehensive thermomodernization strategy was proposed and calculated, including facade insulation with mineral wool (80 mm), roof insulation with extruded polystyrene (100 mm), basement ceiling insulation with mineral wool (80 mm), and the installation of an automated modular substation (IHP) with weather-dependent control. These measures reduce the annual heating demand by 64.1% (saving 146.50 Gcal/year), eliminate winter electricity consumption peaks (saving 43,828.8 kWh/year), and upgrade the building's energy class to the regulatory standard "C".

An economic analysis at a discount rate of $r=10\%$ proved that under a 100% self-funding scenario by residents, the project features a long simple payback period (16.33 years) and a negative NPV . The absolute necessity of state support was justified: participating in the "Enerhodim" program (50% grant) reduces co-owners' capital investments to 3.526 million UAH, shortens the simple payback to 8.17 years, and ensures dynamic discounted payback within 17.8 years with a positive financial outcome. The occupational safety section defines technical rules for safe high-altitude, installation, and welding works.

Keywords: thermal modernization, modular substation (IHP), mineral wool, extruded polystyrene (XPS), simple payback period, discounted cash flow.

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	14
1.1. Загальна характеристика об'єкта, для якого проводиться аналіз енергоефективності.	14
1.2. Аналіз існуючого стану та останніх досліджень по енергозбереженню житлових будівель на території України.	20
1.3. Висновки за розділом 1.....	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	26
2.1. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.	26
2.2. Розрахунок теплових втрат будівлі.	28
2.3. Визначення річних витрат енергії на опалення та вентиляцію.	31
2.4. Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі.....	34
2.5. Висновки за розділом 2.....	35
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ 3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.....	38
3.2. Розробка заходів з енергозбереження.	42
3.3. Визначення теплових втрат та річного споживання енергії будівлею після впровадження енергозберігаючих заходів.....	45
3.4. Висновки за розділом 3.....	48
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	51
4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.....	51

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Розрахунок капітальних інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.....	52
4.3. Розрахунок термінів окупності та показників економічної ефективності.....	55
4.4. Висновки по розділу 4.....	59
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	61
5.1. Організаційні та правові основи охорони праці при проведенні термомодернізації.....	61
5.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт на висоті (утеплення фасадів та покрівлі).....	61
5.3. Пожежна безпека при проведенні термомодернізації.....	62
5.4. Екологічна безпека та утилізація будівельних відходів.....	63
5.5. Висновки за розділом 5.....	64
ВИСНОВКИ	65
ЛІТЕРАТУРА	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БМ-ІТП – блочно-модульний індивідуальний тепловий пункт;
ГВП – гаряче водопостачання;
ДБН – Державні будівельні норми України;
ДСТУ – Державний стандарт України;
ЕСКО – енергосервісна компанія;
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;
МЗК – місця загального користування;
ІО – інженерне обладнання;
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
НШВФ – небезпечні та шкідливі виробничі фактори;
ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;
ПЗО – пристрій захисного відключення;
ППЕ – правила пожежної безпеки;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
ТЕЦ – теплоелектроцентраль;
XPS – екструдований пінополістирол;
 A – площа поверхні конструктивного елемента, m^2 ;
 c – питома масова теплоємність повітря, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$;
 Dd – градусо-добу опалювального періоду, $^\circ C \cdot \text{добу}$;
 $DPBP$ – дисконтований термін окупності (Discounted Payback Period), років;
 K – капітальні інвестиції (кошторисна вартість), грн;
 L – об'ємна витрата повітря, $m^3/\text{год}$;
 n – кратність повітрообміну, год^{-1} ;
 NPV – чистий приведений дохід (Net Present Value), грн;
 PBP – простий термін окупності (Payback Period), років;
 $Q_{\text{заг}}$ – сумарна розрахункова теплова потужність системи опалення, кВт;

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$Q_{\text{інф}}$ – теплові втрати на підігрів інфільтраційного та вентиляційного повітря, кВт;

$Q_{\text{оп.рік}}$ – річне споживання теплової енергії на опалення, Гкал/рік (або кВт·год/рік);

$Q_{\text{тр}}$ – трансмісійні теплові втрати через огорожувальні конструкції, кВт;

r – норма дисконтування, %;

R_{Σ} – приведений опір теплопередачі конструкції, (м²·°C)/Вт;

R_{qmin} – мінімально допустимий опір теплопередачі за нормами, (м²·°C)/Вт;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, °C;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщенні, °C;

$V_{\text{газ}}$ – фактичний або розрахунковий річний обсяг споживання природного газу, тис. м³/рік;

z_{ht} – тривалість опалювального періоду, діб;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні конструкції, Вт/(м²·°C);

$\alpha_{\text{вн}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, Вт/(м²·°C);

β – коефіцієнт додаткових втрат тепла за сторонами світу;

γ – коефіцієнт утилізації внутрішніх теплонадходжень;

δ – товщина шару матеріалу, м;

η – коефіцієнт відповідності огороження нормативу або коефіцієнт корисної дії;

λ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·°C);

η – густина повітряного середовища, кг/м³.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Забезпечення енергетичної безпеки, раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження новітніх технологій енергозбереження належать до найважливіших стратегічних пріоритетів сталого розвитку житлово-комунального господарства України. В умовах сучасних глобальних та внутрішніх економічних викликів — стрімкого зростання вартості енергоносіїв, дефіциту генеруючих потужностей, а також масштабних пошкоджень об'єктів критичної інфраструктури внаслідок воєнних дій – проблема підвищення енергоефективності будівель набула критично важливого значення для життєзабезпечення населення та національної безпеки країни.

Житловий сектор є одним із найбільших споживачів теплової та електричної енергії в країні. Значна частина наявного багатоквартирного житлового фонду, зокрема типові багатоповерхові будинки масових серій, що експлуатуються впродовж тривалого часу, характеризується незадовільним теплотехнічним станом огорожувальних конструкцій та застарілими інженерними системами. Це призводить до значних понаднормативних втрат тепла через стіни, дахи та світлопрозорі огороження, високих витрат на оплату комунальних послуг для населення, додаткового фінансового навантаження на мешканців та надмірного навантаження на об'єднану енергетичну систему України.

Для міст із помірно-теплим кліматом, таких як Одеса, що розташована у Першій кліматичній зоні України відповідно до ДБН В.2.6-31:2021, аналіз енергоспоживання будівель має свою специфіку. Специфіка південного регіону полягає не лише у забезпеченні належного теплозахисту в опалювальний період, а й у необхідності врахування теплового навантаження у літній період для мінімізації витрат на кондиціонування приміщень. Більшість багатоповерхових об'єктів міста підключені до систем централізованого тепlopостачання, зокрема до Одеської ТЕЦ, що вимагає розробки та впровадження засобів автоматичного регулювання теплоспоживання безпосередньо на рівні абонента.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Впровадження засад енергетичного менеджменту та проведення комплексного аналізу енергоефективності існуючого житлового фонду є базовим етапом для реалізації дієвої політики енергозбереження. Оцінка фактичного теплотехнічного стану будівлі, визначення реальних теплових втрат через елементи огорожувальних конструкцій та ідентифікація «вузьких місць» в інженерних мережах дозволяють розробити технічно обґрунтовані й економічно доцільні заходи. Комплексна модернізація таких об'єктів, що включає термомодернізацію оболонок будівель, встановлення сучасних індивідуальних теплових пунктів із погодним регулюванням та оптимізацію внутрішньобудинкових систем, забезпечує значне зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів, покращення мікроклімату в приміщеннях, подовження строку експлуатації будівель і зменшення викидів парникових газів. З огляду на це, проведення аналізу енергоефективності дев'ятиповерхового житлового будинку загальною площею 9062 м² у м. Одеса та наукове обґрунтування енергоефективних заходів є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням.

Мета роботи полягає у проведенні комплексного аналізу показників енергоефективності дев'ятиповерхового житлового будинку загальною площею 9062 м² у м. Одеса, кількісному визначенні теплових втрат і витрат енергоносіїв за базових умов експлуатації, а також у розробці технічно й економічно ефективних енергозберігаючих заходів для підвищення рівня теплозахисту об'єкта.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Надати загальну характеристику та архітектурно-планувальний опис об'єкта дослідження.
2. Провести розрахунок теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції будинку та оцінити вплив інфільтрації зовнішнього повітря.
3. Визначити приведений опір теплопередачі існуючих огорожувальних конструкцій та зіставити їх із діючими нормативними вимогами.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4. Розрахувати річні витрати теплової та електричної енергії будівлею за базових умов експлуатації.

5. Здійснити аналіз структури енергоспоживання та виявити основні джерела втрат енергії.

6. Розробити комплекс технічних заходів з енергозбереження, спрямованих на зниження теплових втрат та оптимізацію використання ресурсів.

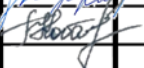
7. Оцінити капітальні витрати на реалізацію запропонованих заходів та розрахувати терміни їх окупності й фінансову ефективність.

Об’єкт дослідження – процес споживання та трансформації електричної і теплової енергії в системах життєзабезпечення багатоповерхового житлового будинку загальною площею 5400 м².

Предмет дослідження – теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, показники енергетичної ефективності інженерних систем опалення та вентиляції, а також інструменти інженерного та техніко-економічного аналізу енергозберігаючих заходів у житловому будинку.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 29 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок, містить 6 рисунків та 8 таблиць.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Вояк Н.П.						
Керівник		Кобалава Г.О.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК 13			

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

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

Об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є багатоквартирний житловий будинок, розташований у м. Одеса. Будівля спроектована у формі паралелепіпеду, має 9 поверхів. Житлова секція (блок-секція) являє собою комірку, що складається з 4-х квартир, розташованих навколо одного комунікаційного вузла (вхід, тамбур, сходові клітки). Планування площі кожної квартири виконана відповідно до функціональної схеми взаємозв'язку приміщень. Загальна площа всіх поверхів будівлі становить 9062 м². Висота поверхів становить 3,0 м, а загальна будівельна висота від рівня землі до парапету даху – 27,0 м. Будівля має централізоване опалення від Одеської ТЕС.

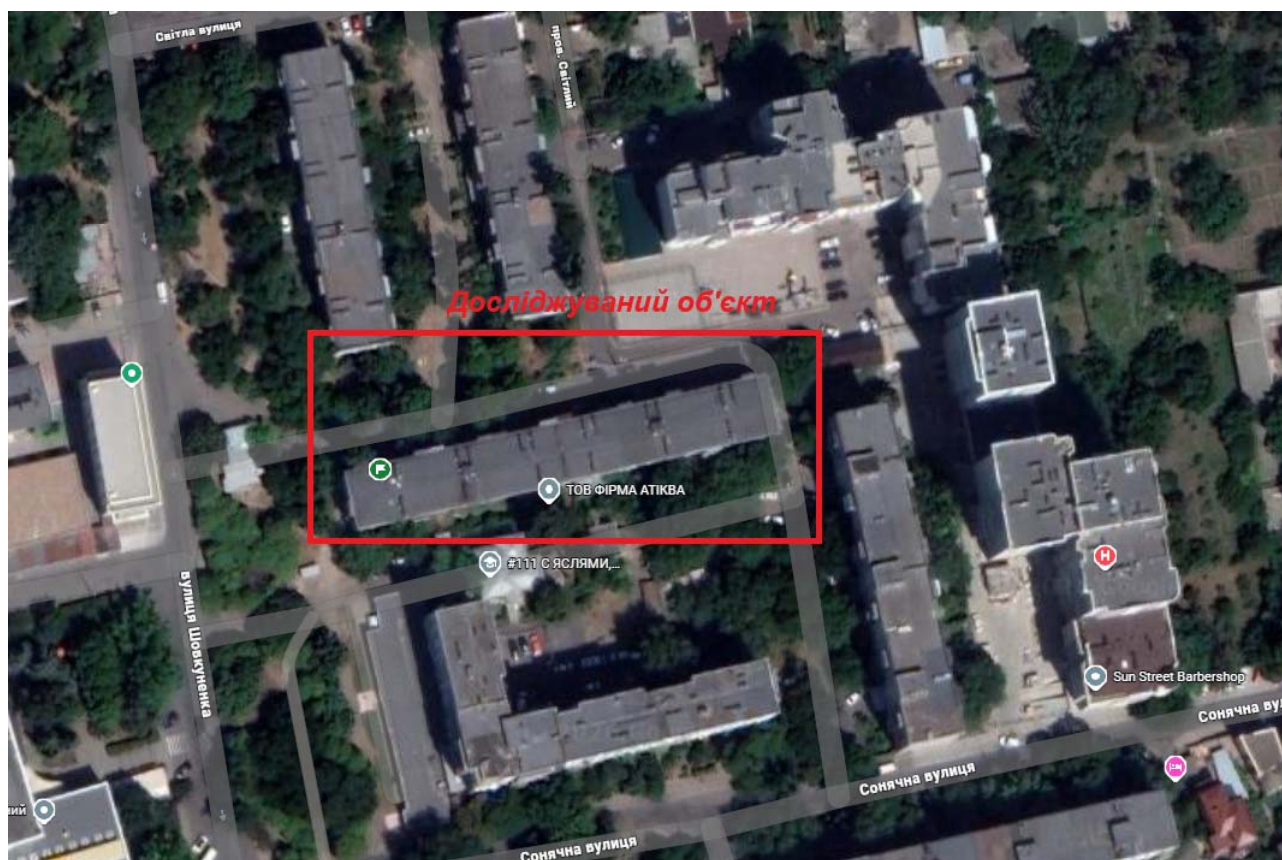


Рис. 1.1. Розташування будівлі на Google карті

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

Конструктивна схема будівлі базується на збірних залізобетонних елементах. Аналіз теплофізичних властивостей зовнішньої оболонки (згідно з вихідними даними Таблиці 1.1) свідчить про те, що будівля за час експлуатації зазнала часткової модернізації або внутрішнього перепланування/ремонту:

1. Зовнішні стіни: Виконані на основі несучих залізобетонних панелей товщиною 0,2 м ($\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$). Із зовнішнього боку нанесено шар цементної штукатурки товщиною 0,02 м. Конструкція містить внутрішній/середній ізоляційний шар із мінераловатного утеплювача марки Isover товщиною 0,05 м ($\lambda = 0,036 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$), захищений з боку приміщень гіпсокартонними листами товщиною 0,012 м. Загальна площа стін за вирахуванням прорізів становить 2982 м^2 .

2. Дах (покриття): Суміщений, плоский, із внутрішнім водовідведенням. Несуча частина – залізобетонні плити перекриття товщиною 0,2 м. Для створення ухилу та первинного теплозахисту використано керамзитовий гравій товщиною 0,2 м ($\lambda = 0,21 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$), додатково підсилений жорсткими базальтовими плитами товщиною 0,05 м ($\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$). Гідроізоляційний килим виконано з рулонного матеріалу «Індекс» із бронюючою посипкою товщиною 0,01 м. Загальна площа даху дорівнює площі покриття – 1007 м^2 .

3. Перекриття над підвалом (підлога 1-го поверху): Розділено на дві зони залежно від функціонального призначення приміщень (співвідношення площ 50/50 %, по 675 м^2). В обох зонах основою є залізобетонні панелі (0,18–0,2 м) та термоізоляційні плити пінополіуретану товщиною 0,05 м $\lambda = 0,52 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$). Фінішне покриття у житлових зонах виконано з керамічної плитки/ламініату, а в зонах загального користування – з лінолеуму на тканинній основі.

4. Світлопрозорі конструкції (вікна): У будівлі проведено заміну старих дерев'яних рам на сучасні енергоефективні металопластикові вікна з двокамерними склопакетами. Загальна площа скління становить 570 м^2 .

5. Зовнішні двері: Металеві, вхідні в під'їзди, виконані у вигляді утеплених дверних блоків (загальна площа 12 м^2).

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Внутрішні міжкімнатні та міжквартирні перегородки виконані з цегляної кладки товщиною 0,12 м, потинькованої з обох боків цементно-піщаним розчином товщиною 0,02 м. Вони не беруть участі у трансмісійних втратах через зовнішній контур, але забезпечують значну внутрішню теплоакумуючу здатність будівлі.

Таблиця 1.1. Основні характеристики огорожувальних конструкцій будівель.

Тип конструкції	Елементи та шари конструкції	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°C)	Загальна площа, м ²
Зовнішні стіни	Цементна штукатурка (зовнішня)	0,020	0,760	2982
	Утеплювач типу Isover (базова мінвата)	0,050	0,036	
	Залізобетонна панель несуча	0,200	2,040	
	Гіпсокартонний лист (внутрішнє оздоблення)	0,012	0,190	
Дах (суміщений, плоский)	Рулонний гідроізоляційний шар «Індекс»	0,010	0,650	1007
	Базальтові плити (жорсткі)	0,050	0,045	
	Утеплювач (керамзитовий гравій для ухилу)	0,200	0,210	
	Залізобетонна плита перекриття	0,200	2,040	
Підлога 1-го поверху (тип 1: житлові кімнати)	Керамічна плитка / ламінат	0,010	1,050	504
	Плити пінополіуретану (утеплення)	0,050	0,052	
	Залізобетонна плита перекриття	0,180	2,040	
Підлога 1-го поверху	Лінолеум на тканинній основі	0,030	0,330	504
	Плити пінополіуретану	0,050	0,052	

Тип конструкції	Елементи та шари конструкції	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°C)	Загальна площа, м ²
(тип 2: коридори, місця зг)	Залізобетонна плита перекриття	0,200	2,040	
Вікна (енергоефективні склопакети)	Двокамерний металопластиковий склопакет (4M1-16Ar-4M1-16Ar-4i)	—	$R_w=0,75$ (м ² ·°C)/Вт	570
Двері зовнішні	Металеві входні утеплені (дверний блок)	0,05	$R_d=0,60$ (м ² ·°C)/Вт	12

Характеристика системи теплопостачання та інженерного забезпечення

Енергетичний баланс та рівень теплової ефективності житлового будинку безпосередньо залежать від технічного стану, конфігурації та режимів роботи елементів його інженерного забезпечення. Досліджуваний дев'ятиповерховий житловий будинок загальною площею 9062 м² оснащений повним комплексом санітарно-технічних та електротехнічних систем, що забезпечують нормативні умови його експлуатації та підтримання заданих параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях.

Джерелом теплопостачання об'єкта є централізована теплофікаційна мережа від Одеської ТЕЦ. Транспортування теплоносія до будівлі здійснюється за допомогою зовнішніх магістральних та розподільчих теплових мереж. Розрахунковий температурний графік регулювання відпуску тепла в централізованій системі становить 150/70 °C або 130/70 °C (залежно від температурних режимів ТЕЦ), проте безпосередньо на вводі в будівлю параметри теплоносія зрізаються або коригуються через температурні збурення мережі.

Приєднання внутрішньобудинкової системи опалення до зовнішніх теплових мереж виконано за залежною схемою через елеваторний вузол

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

змішування, розташований у технічному підвалі будівлі. Функціонування елеватора базується на принципі гідроструминного змішування, де високотемпературний мережевий теплоносій змішується із охолодженою водою зі зворотної лінії системи опалення будинку для досягнення нормативного розрахункового рівня температури 95/70 °С. Даний вузол є морально та технічно застарілим, оскільки в ньому відсутні засоби автоматичного погодного регулювання. Це призводить до значних перевитрат теплової енергії (явище «перегріву» будівлі) у перехідні весняно-осінні періоди опалювального сезону та не дозволяє гнучко реагувати на коливання внутрішніх тепловиділень.

Внутрішньобудинкова система опалення – водяна, двотрубна (або вертикальна однокотрубна з тупиковим рухом теплоносія та нижньою/верхньою розводкою магістралей), що є типовим рішенням для радянських серій багатоповерхової забудови. Гаряча вода від вузла керування подається по головних стояках у житлові секції. Опалювальні прилади в квартирах представлені секційними чавунними радіаторами або сталевими конвекторами (рис. 1.2), які мають значний термін експлуатації, покриті шарами накипу та внутрішніх відкладень, що суттєво знижує їхню фактичну теплопередачу. Нагрівальні прилади не укомплектовані термостатичними клапанами, що унеможлиблює індивідуальне поквартирне регулювання теплового потоку мешканцями.



а)



б)

Рис. 1.2. Типи опалювальних приладів.

а) чавунні радіатори; б) біметалеві панельні радіатори.

Система вентиляції

Вентиляція житлового будинку – природна, припливно-витяжна. Приплив свіжого зовнішнього повітря в житлові кімнати та кухні передбачений через нещільності в огорожувальних конструкціях (інфільтрація через стики віконних рам) та за рахунок періодичного відкривання кватирок чи віконних терморегуляторів. Оскільки в процесі експлуатації частину вікон було замінено на однокамерні металопластикові склопакети з високою герметичністю, природний приплив повітря в більшості приміщень є заблокованим або недостатнім.

Видалення забрудненого повітря здійснюється шляхом природної тяги через вертикальні вентиляційні канали, прокладені в стінах кухонь та санітарних вузлів (ванних кімнат) кожної блок-секції, з подальшим викидом в атмосферу через збірні вентиляційні шахти на даху будівлі. Ефективність такої системи є нестабільною та критично залежить від різниці густини внутрішнього і зовнішнього повітря, а також від напрямку та швидкості вітру, що призводить або до надмірних втрат тепла на нагрів інфільтраційного повітря взимку, або до застою повітря в літній період.

Система гарячого водопостачання (ГВП)

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється за відкритою (із відбором теплоносія безпосередньо з тепломережі) або закритою схемою через швидкісні трубчасті теплообмінники в підвалі. Система обладнана циркуляційними стояками для запобігання охолодженню води в періоди мінімального водорозбору. Трубопроводи системи ГВС та опалення, що проходять у неопалювальному підвалі, мають частково зруйновану або застарілу теплову ізоляцію з мінеральної вати, що стає джерелом додаткових некорисних втрат тепла.

Електропостачання та супутні інженерні системи

Живлення електроенергією здійснюється від міської розподільчої мережі через ввідно-розподільчий пристрій (ВРП), розташований у підвальному

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

приміщенні. Електромережа забезпечує роботу ліфтового господарства (дев'ять ліфтових шахт відповідно до поповерхового компонування кожної секції), систем освітлення місць загального користування (сходових кліток, тамбурів, підвалів), а також побутових споживачів квартир. На рівні будівлі встановлено загальнобудинковий комерційний лічильник електричної енергії та вузол обліку теплової енергії на базі ультразвукового або електромагнітного витратоміра, що фіксує сумарне теплоспоживання об'єкта.

Здійснений огляд інженерної інфраструктури вказує на низький рівень автоматизації систем та високий потенціал енергозбереження, який може бути реалізований шляхом модернізації теплового пункту, оптимізації ізоляції трубопроводів та впровадження регульованих інженерних рішень.

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

Сучасний стан житлового фонду України характеризується високим рівнем питомого енергоспоживання, що в середньому у 2–3 рази перевищує аналогічні показники країн Європейського Союзу з подібними кліматичними умовами. Більшість багатоквартирних будинків, зокрема масові серії дев'ятиповерхової забудови, зведені за застарілими будівельними нормами минулого століття. На той період пріоритетом архітектурно-будівельного проектування була мінімізація капітальних витрат на будівництво, тоді як вартість енергоносіїв залишалася низькою, що нівелювало необхідність забезпечення високих теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій.

Протягом останнього десятиліття в Україні відбулася корінна трансформація нормативно-правової бази та науково-технічних підходів до енергозбереження. Поштовхом до цього стало прийняття Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та гармонізація національних стандартів із європейськими директивами (зокрема, Директивою 2010/31/ЄС про енергетичну

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

ефективність будівель — EPBD). Введення в дію оновлених будівельних норм, таких як ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», суттєво підвищило вимоги до мінімально допустимого приведеного опору теплопередачі оболонки будівель. Зокрема, для II кліматичної зони, до якої відноситься м. Одеса, норматив для зовнішніх стін житлових об'єктів становить $R_{\min} = 4,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$, а для світлопрозорих конструкцій – $0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$. Більшість існуючих багатоповерхових будівель не задовольняють цим критеріям, демонструючи дефіцит теплозахисту на рівні 50–70%.

Питанням аналізу енергоефективності, моделювання теплового балансу та розробки комплексних інженерних рішень для термомодернізації житлових будівель присвячено численні дослідження провідних вітчизняних вчених та інститутів. Вагомий внесок у розвиток цього напрямку в розрізі технічної термофізики, будівельної теплотехніки та промислової теплоенергетики зробили такі науковці, як Г. Г. Фаренюк, Б. І. Басок, А. А. Долінський, М. П. Суходуб та інші.

У сучасних наукових публікаціях та практичних дослідженнях виділяють кілька ключових векторів енергозбереження в житловому секторі України (рис. 1.3):

1. Комплексна термомодернізація оболонки («пасивний» захист). Дослідження Інституту будівельного виробництва підтверджують, що утеплення зовнішніх стін, суміщених покриттів та перекриттів над підвалами сучасними ефективними матеріалами (мінераловатні плити, пінополістирол) дозволяє знизити трансмісійні втрати тепла на 30–45%. Водночас автори наголошують на важливості ліквідації «містків холоду» (вузлів примикання балконних плит, віконних укосів), які у багатоповерхових будівлях є джерелами локальних тепловтрат та утворення конденсату.

2. Автоматизація та модернізація вузлів вводу («активне» регулювання). Праці фахівців у галузі теплоенергетики доводять, що просте утеплення огорожувальних конструкцій без зміни принципу подачі теплоносія не дає

максимального економічного ефекту. Останні дослідження впровадження Індивідуальних теплових пунктів (ІТП) із погодним регулюванням та балансування стояків двотрубних/однотрубних систем показують можливість додаткового заощадження від 15% до 25% теплової енергії за рахунок усунення «перегрівів» у перехідні періоди року та оптимізації внутрішньобудинкового гідравлічного режиму.

3. Впровадження енергетичного менеджменту та інструментів енергоаудиту. На сучасному етапі житлово-комунального господарства важливе місце посідає сертифікація енергетичної ефективності будівель. Науково обґрунтований моніторинг фактичного споживання паливно-енергетичних ресурсів дозволяє виявити невідповідність між проєктними та експлуатаційними показниками, розрахувати реальні терміни окупності інвестицій та сформувати пріоритетність впровадження заходів.

4.



Рис. 1.3. Комплексний підхід до енергомодернізації будівлі.

Особливістю останніх досліджень (2024–2026 рр.) є зміщення акценту на «зелене відновлення» (Green Recovery) та підвищення енергетичної автономності житлових об'єктів в умовах дефіциту потужностей у

загальнодержавній мережі. Науковці все частіше розглядають житловий будинок не просто як споживача енергії від ТЕЦ чи котелень, а як інтегровану систему, де базові заходи з термомодернізації поєднуються із елементами альтернативної енергетики (сонячні колектори для ГВС, дахові сонячні електростанції, теплові насоси) та інтелектуальними системами автоматизації (Smart Home, моніторинг параметрів мікроклімату на базі сучасних контролерів).

Для південних регіонів України, зокрема м. Одеса, аналіз останніх досліджень вказує на необхідність врахування двовекторності теплозахисту. Оскільки клімат міста характеризується тривалим літнім періодом із високими температурами, розроблені енергоефективні заходи повинні забезпечувати не лише енергозбереження під час опалювального сезону, а й належний опір теплозасвоєнню огорожувальних конструкцій влітку. Це дозволяє суттєво зменшити навантаження на електричні мережі через зниження витрат на кондиціонування повітря.

Таким чином, проведений аналіз існуючого стану та наукових досліджень підтверджує, що вирішення проблеми підвищення енергоефективності дев'ятиповерхового житлового будинку потребує системного підходу. Необхідно поєднати підвищення теплотехнічних характеристик будівельних конструкцій із глибокою модернізацією та автоматизацією систем інженерного забезпечення, що й буде виконано в наступних розділах кваліфікаційної роботи.

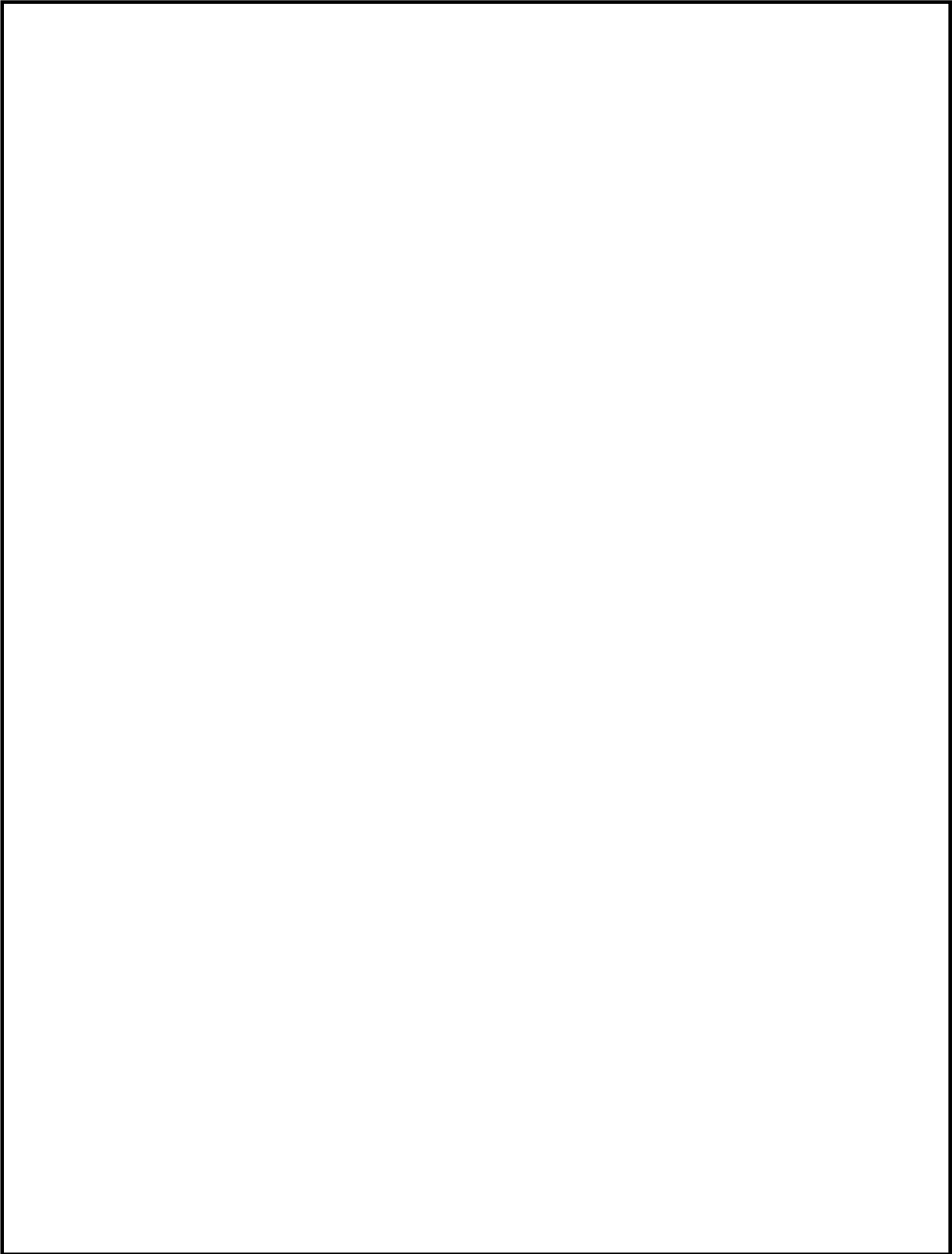
1.3. Висновки за розділом 1.

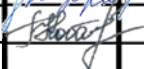
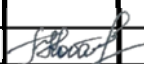
У першому розділі наведено архітектурно-конструктивні характеристики типового 9-поверхового житлового будинку у м. Одеса та детально описано його застарілу елеваторну систему централізованого теплопостачання. На основі аналізу вітчизняного досвіду обґрунтовано, що будівля має суттєвий потенціал

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

енергозбереження, реалізація якого потребує комплексної термомодернізації оболонки та автоматизації внутрішніх інженерних мереж.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24



					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Вовк Н.П.			Розділ 2		Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кобалава Г.О.							
							ХННІ НУК 25		
Консульт.									
Зав.каф.		Кобалава Г.О.							

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.

Для проведення енергетичного аналізу будівлі спочатку необхідно визначити теплотехнічні показники її зовнішньої оболонки у базовому (існуючому) стані. Основним показником, що характеризує теплозахисні властивості конструкції, є приведений опір теплопередачі R_{Σ} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, який для багат шарової плоскої конструкції обчислюється за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де

$\alpha_{\text{вн}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$: приймається для внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій (для стін та стель) $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для зовнішньої стіни та даху $\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; для підлоги на ґрунті або над закритим підвалом $\alpha_3 = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ_i – товщина i -го шару огорожувальних конструкцій, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності i -го шару огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Згідно з діючими нормами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», м. Одеса відноситься до II кліматичної зони України, для якої встановлено мінімально допустимі значення опору теплопередачі (R_{qmin}):

- зовнішні стіни: $R_{\text{ст.min}} = 3,30 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;
- суміщений дах (покриття): $R_{\text{д.min}} = 4,90 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

- перекриття над підвалом (підлога першого поверху): $R_{\text{під.мін}} = 3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$;
- вікна: $R_{\text{в.мін}} = 0,60 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Зовнішні стіни будинку

Конструкція стіни складається із чотирьох шарів: зовнішньої цементної штукатурки, внутрішнього ізоляційного шару мінеральної вати Isover, несучої залізобетонної панелі та внутрішнього оздоблювального гіпсокартонного листа.

$$R_{\text{ст.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,05}{0,036} + \frac{0,20}{2,04} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{23,3} = 1,735 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Отримане значення $R_{\text{ст}} = 1,735 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ становить лише 52,6% від нормативної вимоги ($3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$). Дефіцит термічного опору складає $1,565 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, що свідчить про високу теплопровідність стін та необхідність розробки ефективних заходів із зовнішнього додаткового утеплення фасадів.

Суміщений плоский дах

Покрівля споруди містить залізобетонне перекриття, похилоутворюючий шар керамзитового гравію, жорсткі базальтові плити та рулонний гідроізоляційний килим «Індекс».

$$R_{\text{д.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,65} + \frac{0,05}{0,045} + \frac{0,20}{0,21} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{1}{23,3} = 2,335 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Фактичний опір даху значно нижчий за нормативне значення для II кліматичної зони. Конструкція задовольняє сучасні вимоги лише на 47,7 %, що зумовлює інтенсивні витоки тепла через верхню частину будівлі в атмосферу.

Перекриття над підвалом (підлога першого поверху)

Для розрахунку взято усереднену тришарову конструкцію (із плитами пінополіуретану товщиною 0,05 м та несучою збірною залізобетонною плитою), що репрезентує загальні теплофізичні параметри підлоги житлових і допоміжних приміщень:

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

$$R_{\text{підл.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{6,0} + \frac{0,02}{0,69} + \frac{0,05}{0,052} + \frac{0,19}{2,04} + \frac{1}{6,0} = 1,417 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Фактичний опір теплопередачі підлоги не задовольняє нормативному значенню. Низький тепловий опір цієї зони призводить до охолодження нижньої частини будівлі та незадовільних санітарно-гігієнічних умов на першому поверсі.

Для встановлених раніше сучасних металопластикових вікон та входних дверей у під'їздах прийнято сертифіковані виробниками значення опору: $R_{\text{в.мін}} = 0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, що повністю відповідає чинній нормі.

2.2. Розрахунок теплових втрат будівлі.

Розрахунок трансмісійних теплових втрат будівлі

Трансмісійні втрати тепла відображають процес перенесення теплової енергії через масив огорожувальних конструкцій будівлі в навколишнє середовище внаслідок різниці температур. Розрахунок виконується для статичного найхолоднішого режиму роботи системи опалення – при досягненні розрахункової зовнішньої температури для м. Одеса $t_z = -18 \text{ °C}$ та підтримці нормативної внутрішньої температури в квартирах $t_{\text{вн}} = 20 \text{ °C}$. Статичний температурний градієнт становить: $\Delta t = t_{\text{вн}} - t_z = 20 - (-18) = 38 \text{ °C}$.

Величина годинних трансмісійних втрат тепла ($Q_{\text{тр}}$, Вт) для кожного окремого конструктивного елемента обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{A \cdot (t_{\text{вн}} - t_z)}{R_{\Sigma}} \cdot (1 + \Sigma \beta)$$

де:

A – геометрична площа відповідного типу огороження, м^2 ;

R_{Σ} , – обчислений фактичний приведений опір теплопередачі конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;

$\Sigma \beta$ – коефіцієнт додаткових втрат тепла, який враховує кутове розташування приміщень, дію вітрового напору за сторонами світу та

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

наявність теплопровідних включень. Для інтегральної оцінки всієї будівлі прийнято середнє нормативне значення $\Sigma\beta = 0,10$ (надбавка в розмірі 10%).

Проведемо покомпонентний розрахунок годинних трансмісійних теплових втрат будівлі:

Втрати через зовнішні стіни фасадів ($A_{ст} = 2982 \text{ м}^2$):

$$Q_{ст} = \frac{2982 \cdot (20 - (-18))}{1,735} \cdot (1 + 0,1) = 71,84 \text{ кВт}$$

Втрати через суміщений плоский дах ($A_{д} = 1007 \text{ м}^2$):

$$Q_{д} = \frac{1007 \cdot (20 - (-18))}{2,335} \cdot (1 + 0,1) = 18,02 \text{ кВт}$$

Втрати через перекриття над підвалом ($A_{підл} = 1007 \text{ м}^2$):

$$Q_{підл} = \frac{1007 \cdot (20 - (-18))}{1,417} \cdot (1 + 0,1) = 29,71 \text{ кВт}$$

Втрати через світлопрозорі конструкції / вікна ($A_{в} = 570 \text{ м}^2$):

$$Q_{в} = \frac{570 \cdot (20 - (-18))}{0,75} \cdot (1 + 0,1) = 31,77 \text{ кВт}$$

Втрати через зовнішні входні двері ($A_{дв} = 12 \text{ м}^2$):

$$Q_{дв} = \frac{12 \cdot (20 - (-18))}{0,6} \cdot (1 + 0,1) = 0,84 \text{ кВт}$$

Сумарні трансмісійні втрати тепла через всю зовнішню оболонку досліджуваного 4-поверхового будинку визначаються додаванням отриманих складових:

$$Q_{тр. \Sigma} = Q_{ст} + Q_{д} + Q_{підл} + Q_{в} + Q_{дв} = 152,18 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплових втрат на підігрів інфільтраційного повітря

Поряд із трансмісійними втратами, значна частина теплової енергії витрачається на підігрів зовнішнього холодного повітря, яке потрапляє всередину житлових приміщень. Цей процес відбувається шляхом інфільтрації через нещільності у вікнах і дверях, а також через організовану роботу системи

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

природної витяжної вентиляції (вентиляційні канали на кухнях та в санвузлах).

Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов проживання людей, кратність повітрообміну в житлових кімнатах повинна становити не менше ніж $n = 0,5 \text{ год}^{-1}$ (повна заміна половини об'єму повітря щогодини).

Для визначення внутрішнього опалювального об'єму повітря обчислено геометричні параметри внутрішнього простору будівлі. При загальній корисній площі поверхів 9062 м^2 та середній чистій висоті приміщень від підлоги до стелі $2,7 \text{ м}$, опалювальний об'єм повітря становить:

$$V_{\text{оп}} = 9062 \cdot 2,7 = 24467,4 \text{ м}^3$$

Годинна об'ємна витрата припливного інфільтраційного повітря, яку необхідно постійно прогрівати

$$L = V_{\text{оп}} \cdot n = 24467,4 \cdot 0,5 = 12233,7 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годинні витрати теплової енергії на нагрів цього повітря ($Q_{\text{інф}}$, Вт) визначаються за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = L \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 12233,7 \cdot 1,2 \cdot 0,28(20 - (-18)) = 156,2 \text{ кВт}$$

де:

ρ – середня густина внутрішнього повітря при нормативних параметрах мікроклімату, приймається $\rho = 1,20 \text{ кг/м}^3$;

c – питома масова теплоємність повітряного середовища, яка дорівнює $1,005 \text{ кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$. Для спрощення розрахунків у ватах теплової потужності переводимо одиниці: $1,005 \text{ кДж} / 3600 \text{ с} \approx 0,28 \text{ Вт} \cdot \text{год}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$.

Загальний тепловий баланс та максимальне навантаження на систему опалення

На основі виконаних детальних розрахунків трансмісійного та інфільтраційного складових компонентів сформовано загальне розрахункове теплове навантаження на систему опалення будівлі Q_{Σ} (кВт) при екстремальних зимових умовах:

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{тр.}\Sigma} + Q_{\text{інф}} = 152,18 + 156,2 = 308,4 \text{ кВт}$$

Аналіз структури максимальних теплових втрат показує, що трансмісійні втрати через огородження становлять 49,3% від загального балансу (із них найбільша частка припадає на зовнішні стіни – 20,6% та підлогу над підвалом – 17,0%), а витрати на підігрів інфільтраційного повітря складають 50,7%. Отримані дані підтверджують високий потенціал для впровадження як пасивних заходів термомодернізації (утеплення конструкцій), так і активних інженерних рішень.

2.3. Визначення річних витрат енергії на опалення та вентиляцію.

Для комплексної оцінки енергоефективності житлового будинку та подальшого розрахунку економічної ефективності термомодернізаційних заходів необхідно визначити річне споживання теплової енергії в базовому стані. На відміну від годинної потужності, яка розраховується на екстремальний максимум ($t_z = -18^\circ\text{C}$), річні витрати враховують реальну тривалість опалювального періоду та середні кліматичні параметри регіону.

Відповідно до кліматологічних нормативних даних для м. Одеса (II кліматична зона України), прийнято такі базові показники для розрахунку:

- Тривалість опалювального періоду: $z_{\text{ht}} = 161$ доба;
- Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період: $t_{\text{ht}} = +1,3^\circ\text{C}$;
- Розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщеннях: $t_{\text{в}} = +20^\circ\text{C}$.

Кількість градусо-днів опалювального періоду (Dd , $^\circ\text{C}\cdot\text{добу}$) становить:

$$Dd = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (20 - 1,3) \cdot 161 = 3010,7^\circ\text{C}\cdot\text{добу}$$

Розрахунок річних трансмісійних та інфільтраційних втрат тепла

Річні витрати теплової енергії на опалення будинку визначаються сумою трансмісійних та інфільтраційних втрат протягом усього опалювального

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

сезону з урахуванням коефіцієнта теплотехнічної неоднорідності та побутових тепловиділень.

Для переходу від максимальної годинної потужності (Q , кВт) при розрахунковій температурі $t_z = -18^\circ\text{C}$ до середньогодинних витрат за опалювальний період використовується коефіцієнт перерахунку, що базується на зміні температурного градієнта:

$$Q_{\text{сер}} = Q \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нт}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{з.розр}}}$$

Річні трансмісійні втрати тепла ($Q_{\text{тр.рік}}$, кВт·год/рік):

$$Q_{\text{тр.рік}} = Q_{\text{тр.заг}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нт}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{з.розр}}} \cdot 24 \cdot z_{\text{нт}} = 152,2 \cdot \frac{20 - 1,3}{20 - (-18)} \cdot 24 \cdot 161 = 289408 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Річні витрати тепла на підігрів інфільтраційного повітря ($Q_{\text{інф.рік}}$, кВт·год/рік):

$$Q_{\text{інф.рік}} = Q_{\text{інф}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нт}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{з.розр}}} \cdot 24 \cdot z_{\text{нт}} = 156,2 \cdot \frac{20 - 1,3}{20 - (-18)} \cdot 24 \cdot 161 = 297013 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Сумарні річні теплові втрати будівлі через оболонку та вентиляцію становлять:

$$Q_{\Sigma \text{рік}} = Q_{\text{тр.рік}} + Q_{\text{інф.рік}} = 289408 + 297013 = 586421 \text{ кВт}$$

Врахування внутрішніх тепловиділень та сонячної інсоляції

Реальне споживання теплової енергії від системи централізованого теплопостачання є меншим за сумарні втрати, оскільки частина теплоти компенсується за рахунок внутрішніх побутових джерел (тепловиділення людей, робота побутових електричних приладів, приготування їжі) та надходження сонячної радіації через вікна.

Побутові тепловиділення ($Q_{\text{поб.рік}}$)

За нормами для житлових будинків питомі побутові тепловиділення становлять $q_{\text{int}} = 10 \text{ Вт/м}^2$ корисного об'єму (площі). Для загальної площі 9062 м^2 :

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

$$Q_{\text{поб.рік}} = \frac{q_{\text{int}} \cdot A_{\text{заг}} \cdot 24 \cdot z_{\text{ht}}}{1000} = \frac{10 \cdot 9062 \cdot 24 \cdot 161}{1000} = 350156 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Надходження від сонячної інсоляції ($Q_{\text{сол.рік}}$)

Для умов м. Одеса інтегральний приплив сонячної радіації через вертикальне скління за опалювальний період із врахуванням орієнтації фасадів та коефіцієнта затінення вікон становить в середньому $q_{\text{сол}} = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{рік})$. Для площі вікон 570 м^2 (де $\tau = 0,65$ – коефіцієнт відносного пропускання сонячної радіації склопакетом):

$$Q_{\text{сол.рік}} = q_{\text{сол}} \cdot A_{\text{в}} \cdot \tau = 120 \cdot 570 \cdot 0,65 = 44460 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Підсумкове річне споживання теплової енергії будівлею

Підсумкова потреба в тепловій енергії на опалення, яка покривається системою теплопостачання, визначається за формулою балансу:

$$Q_{\text{оп.рік}} = \left[Q_{\text{втр.рік}} - \gamma \cdot (Q_{\text{поб.рік}} + Q_{\text{сол.рік}}) \right] \cdot \eta_{\text{м}}$$

де

$\gamma = 0,90$ – коефіцієнт утилізації теплонадходжень (коефіцієнт спроможності будівлі акумулювати внутрішнє тепло);

$\eta_{\text{м}} = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплової енергії внутрішньобудинковими трубопроводами в неопалюваному підвалі (черед зношену ізоляцію) та гідравлічну незбалансованість системи.

$$Q_{\text{оп.рік}} = \left[586421 - 0,9 \cdot (350156 + 44460) \right] \cdot 1,15 = 265957 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Питоме річне споживання теплової енергії на один квадратний метр будівлі становить:

$$q_{\text{рік}} = \frac{265957}{9062} = 29,35 \text{ кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{рік})$$

Отримані результати свідчать про значні абсолютні витрати палива теплогенеруючим джерелом на забезпечення теплового режиму споруди. Велика частка втрат через ізоляцію нерегульованої елеваторної системи та недосконалу оболонку формує потенціал для модернізації, яка буде кількісно оцінена в наступній частині роботи.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

2.4. Побудова графіка тривалості теплового навантаження будівлі.

Для наочного відображення режимів роботи системи опалення протягом року, а також для подальшого проєктування регулювальної автоматики, будується графік тривалості теплового навантаження (відомий як графік Россандера). Цей графік пов'язує поточну теплову потужність опалення з тривалістю її стояння в годинах упродовж опалювального сезону.

Побудова базових точок графіка здійснюється на основі кліматичних даних щодо розподілу середніх температур за місяцями у м. Одеса та відповідного їм теплового навантаження. Поточне теплове навантаження ($Q_{оп}$, кВт) для будь-якої поточної температури зовнішнього повітря t_3 розраховується за лінійною залежністю:

$$Q_{оп} = Q_{заг} \frac{t_{вн} - t_3}{t_{вн} - t_{3,розр}}$$

Для побудови інтегрального графіка стояння температур за опалювальний період використовують стандартний розподіл тривалості стояння температур зовнішнього повітря для II кліматичної зони.

Таблиця 2.1. Дані для побудови графіка тривалості теплового навантаження

Точка графіка	Температура зовнішнього повітря t_3 , °C	Потрібна теплова потужність $Q_{оп}$, кВт	Інтегральна тривалість стояння режиму τ , год
1	-18,0	345,69	30
2	-2,5	204,68	900
3	+1,3	170,12	1932
4	+5,0	136,46	2900
5	+8,0	109,17	3864

Аналіз форми графіка Россандера для базового стану будівлі (рис. 2.1) демонструє, що більшу частину часу (понад 2000 годин) система опалення працює в діапазоні низьких і середніх навантажень (від 109 до 170 кВт).

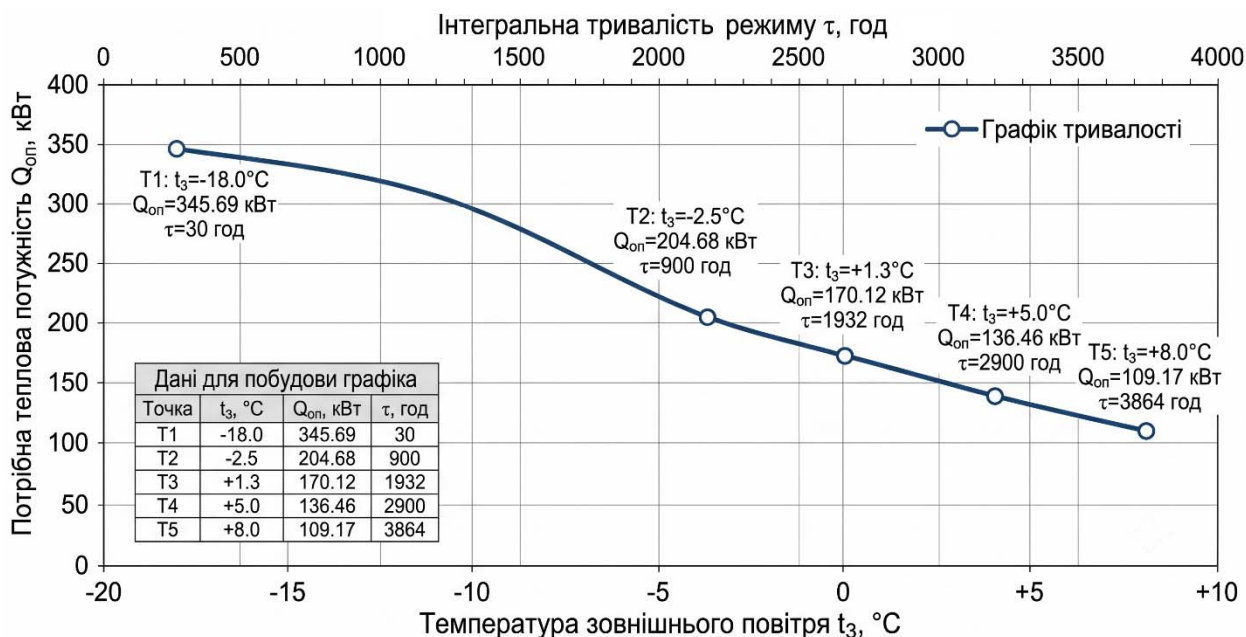


Рис. 2.1. Графік тривалості теплового навантаження будівлі (базовий стан)

Оскільки наявний елеваторний вузол не має можливості гнучко знижувати відпуск тепла в години високих зовнішніх температур (+5...+8 °C), виникає значний перевитрата теплової енергії. Це графічно підтверджує критичну необхідність переходу від якісного регулювання на ТЕЦ до індивідуального кількісно-якісного регулювання за допомогою встановлення автоматизованого ІТП у підвалі будинку.

2.5. Висновки за розділом 2.

У другому розділі кваліфікаційної роботи виконано комплексний теплотехнічний аналіз зовнішньої оболонки та інженерних систем дев'ятиповерхового житлового будинку загальною площею 9062 м² у м. Одеса (II кліматична зона), розраховано максимальні годинні й річні витрати теплової енергії в базовому (існуючому) стані, а також проаналізовано режими теплоспоживання за допомогою графіка тривалості теплового навантаження.

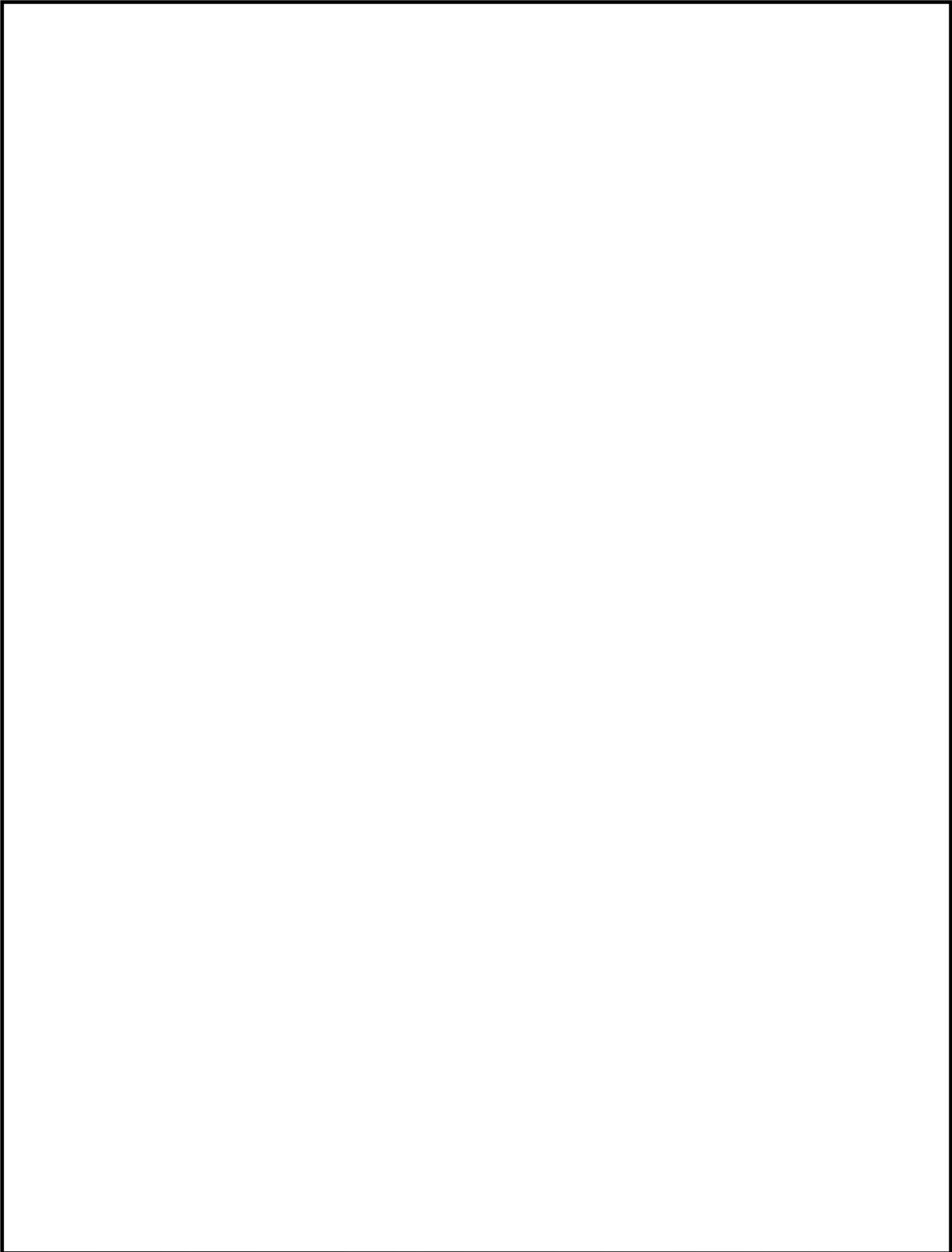
Розрахунок фактичного приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі виявив їхню невідповідність сучасним теплотехнічним нормам України для II кліматичної зони. Дефіцит

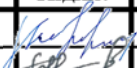
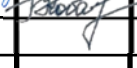
теплозахисту становить 47,4% для зовнішніх стін ($1,735 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$), 52,3% для суміщеного даху ($2,335 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$) та 57,1% для підлоги першого поверху ($1,417 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$), тоді як заміна вікон на металопластикові склопакети повністю задовольняє діючі вимоги.

За розрахункових умов ($t_z = -18 \text{ °C}$) сумарне максимальне навантаження на систему опалення становить 345,69 кВт. При цьому трансмісійні втрати через огороження складають 49,3% (152,2 кВт), де найбільша частка припадає на стіни та підлогу над підвалом.

Інтегральне річне споживання теплової енергії на опалення за сезон тривалістю 161 доба складає 265957 кВт·год/рік, що вказує на значну енергоємність об'єкта та підтверджує високий потенціал для впровадження енергозберігаючих заходів.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36



					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3				Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Вовк Н.П.									
Керівник		Кобалава Г.О.									
Консульт.											
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК 37						

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

3.1. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.

Для формування точного енергетичного балансу об'єкта та оцінки потенціалу заощадження електричної енергії виконано аналіз фактичного споживання ресурсів. Оскільки впровадження систем комерційного обліку часто базується на аналогіях із репрезентативним житловим фондом, як базу аналізу було використано трирічні статистичні дані фактичного погодинного та місячного споживання електроенергії житлового будинку-аналога, які змасштабовано (перераховано пропорційно геометричним параметрам і корисній площі) на досліджувану 9-поверхову будівлю площею 9062 м².

Усереднені річні та місячні показники споживання електричної енергії об'єктом за період 2023–2025 рр. наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Фактичне споживання електроенергії (кВт·год)

Рік Місяць	2023	2024	2025
Січень, кВт·год	43103	36771	46343
Лютий, кВт·год	59397	49745	49745
Березень, кВт·год	40175	38555	41469
Квітень, кВт·год	37257	36771	30615
Травень, кВт·год	25701	21794	16305
Червень, кВт·год	17439	16791	15495
Липень, кВт·год	13565	15657	16305
Серпень, кВт·год	16791	16143	12431
Вересень, кВт·год	15819	17277	15495
Жовтень, кВт·год	20517	22947	23271
Листопад, кВт·год	38391	43265	40669
Грудень, кВт·год	44723	52013	46965
Всього за рік, кВт·год	372879	367731	355109
Тариф, грн/ кВт·год	4,32	4,32	4,32
Нараховано (з НДС), грн	1610837,28	1588597,92	1534070,88

Аналіз результатів та виявлені закономірності

Протягом усіх трьох років спостерігається чітке зростання споживання електроенергії в період з листопада по березень. Абсолютні максимуми фіксуються в зимові місяці (грудень та лютий), де споживання сягає 49745...59397 кВт·год (рис. 3.1). Така тенденція зумовлена не лише збільшенням тривалості роботи систем внутрішнього та загальнобудинкового штучного освітлення в умовах короткого світлового дня, а й додатковим використанням мешканцями квартир побутових електронагрівальних приладів у періоди зниження температур зовнішнього повітря.

У теплу пору року (травень – вересень) споживання суттєво знижується, падаючи до мінімальних позначок у серпні 2025 року (12431 кВт·год). Незначні коливання обсягів споживання в липні-серпні пояснюються специфікою клімату м. Одеса, яка вимагає активного використання систем кондиціонування повітря для підтримки теплового комфорту в житлових приміщеннях.

Літні показники залишаються на рівні базового технологічного й побутового мінімуму. Невеликі коливання (наприклад, збільшення споживання в липні 2025 року до 22948,0 кВт·год у порівнянні з червнем) пояснюються інтенсивним використанням систем кондиціонування повітря під час літніх температурних піків, характерних для клімату Півдня України.

Середньорічні витрати активної електричної енергії будівлею становлять близько 365240 кВт·год. За поточного рівня тарифу на електроенергію для населення (4,32 грн/кВт·год) сумарні річні фінансові нарахування становлять понад 1,5 млн грн.

Отримані порічні та помісячні профілі витрат електричної енергії чітко вказують на необхідність комплексного підходу: модернізація теплової оболонки та системи опалення (ІТП) дозволить автоматично ліквідувати зимовий пік «надлишкового» електроспоживання, спричиненого догріванням квартир.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

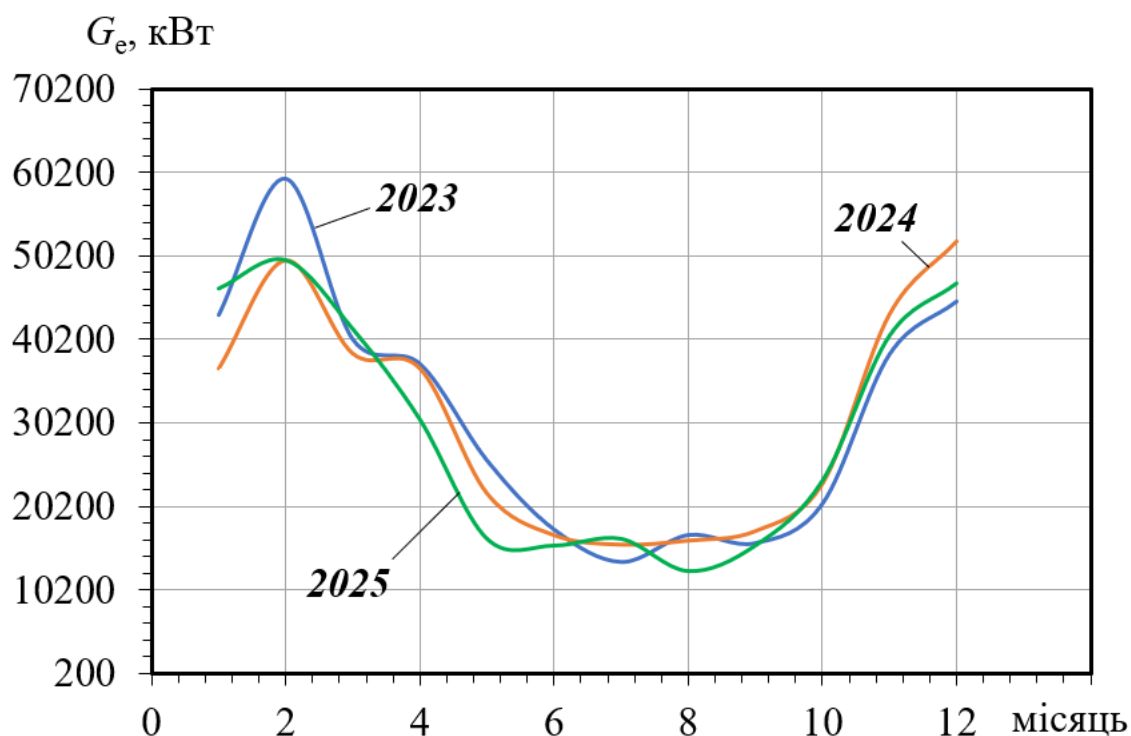


Рис. 3.1. Фактичне споживання електроенергії (кВт).

Для повної оцінки структури паливно-енергетичних ресурсів та верифікації розрахункових теплових втрат, виконано аналіз фактичного споживання природного газу на потреби опалення протягом трьох повних опалювальних сезонів. Збір ретроспективних даних дозволяє оцінити реальну енергетичну поведінку будівлі під впливом змінних погодних умов південного регіону та зіставити їх із нормативно-теоретичними моделями.

У таблиці 3.2 представлено помісячний та порічний розподіл фактичних обсягів споживання газу та фінансових витрат на його оплату, перерахованих для нашого об'єкта.

Аналіз результатів та виявлені закономірності

Обсяги спалювання палива чітко корелюють із суворістю зимового періоду, тривалістю опалювального сезону та розподілом градусо-днів. Найбільш енергоємним виявився опалювальний сезон 2023/24 рр. із сумарною витратою газу 113,65 тис. м³ (рис. 3.2), що безпосередньо пов'язано з аномально холодним та затяжним березнем (30,55 тис. м³), який змусив

систему опалення тривалий час працювати на високих рівнях потужності. Опалювальний сезон 2024/25 рр., навпаки, продемонстрував тенденцію до зниження загального споживання до 99,05 тис. м³ завдяки м'якшим погодним умовам у кінці зими та на початку весни (лютий – 13,21 тис. м³, березень – 10,85 тис. м³).

Таблиця 3.2. Фактичне споживання газу (тис. м³)

Місяць	2022/23		2023/24		2024/25	
	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.
Жовтень	10,86	86662,8	13,23	105575,4	16,13	128717,4
Листопад	12,60	100548,0	13,52	107889,6	15,93	127121,4
Грудень	23,26	185614,8	20,71	165265,8	25,45	203091,0
Січень	22,03	175799,4	17,24	137575,2	17,48	139490,4
Лютий	23,97	191280,6	18,40	146832,0	13,21	105415,8
Березень	17,90	142842,0	30,55	243789,0	10,85	86583,0
Всього за опалювальний сезон	110,62	882747,6	113,65	906927,0	99,05	790419,0

Усереднений профіль паливоспоживання демонструє стійку концентрацію основного навантаження в грудні, січні та лютому. В окремі пікові місяці (наприклад, грудень 2024 року) витрати досягають 25,45 тис. м³. Це підтверджує раніше отримані розрахункові дані другого розділу щодо низької акумуляційної здатності зовнішніх залізобетонних стін у базовому стані та наявності значних трансмісійних втрат через оболонку будівлі.

Середнє споживання газу за три аналізовані періоди становить 107,77 тис. м³/сезон. Застосування актуального фіксованого тарифу у розмірі 7,98 грн/м³ дозволило встановити, що середньорічні витрати на газопостачання для дев'ятиповерхового будинку складають 860031,20 грн.

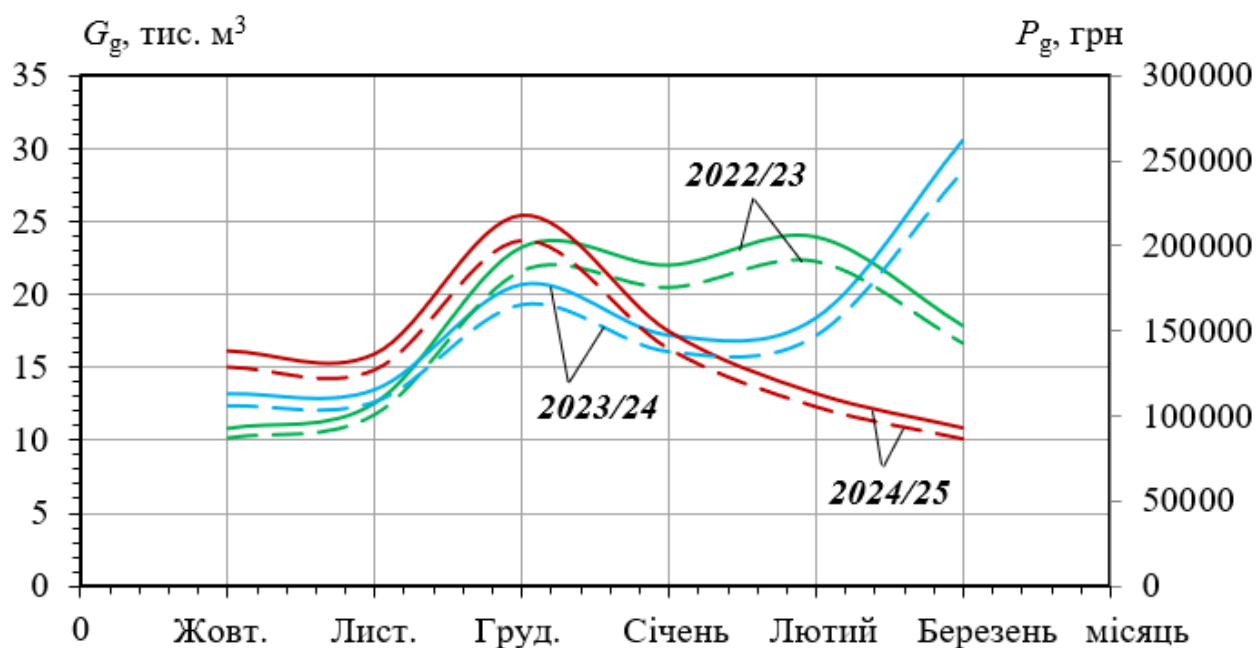


Рис. 3.2. Фактичне споживання газу (тис. м³).

3.2. Розробка заходів з енергозбереження.

На основі аналізу конструктивних особливостей зовнішньої оболонки будівлі (де приведений опір теплопередачі стін, покрівлі та світлопрозорих конструкцій не повністю відповідає сучасним мінімально допустимим нормам R_{qmin} для II кліматичної зони України), а також враховуючи специфіку централізованого теплопостачання об'єкта від Одеської ТЕЦ, розроблено комплексний пакет термомодернізації.

Запропоновані енергоефективні заходи поділяються на три основні блоки:

1. Модернізація огорожувальних конструкцій (термоізоляція оболонки).
2. Модернізація та автоматизація системи введення й розподілу теплової енергії.
3. Оптимізація внутрішньобудинкових систем та МЗК (місць загального користування).

Термомодернізація зовнішніх стін будівлі

Існуюча конструкція стін має внутрішній ізоляційний шар мінеральної вати завтовшки 50 мм, що не забезпечує належних теплозахисних властивостей. Згідно з діючими нормами ДБН В.2.6-31:2021, для житлових будівель II кліматичної зони мінімальне значення становить $R_{ст.min} = 3,30$ (м²·°C)/Вт.

Для досягнення цього нормативного показника, захисту конструкцій від температурних коливань та ліквідації «містків холоду» (через залізобетонні торці плит перекриття) розроблено захід із зовнішнього додаткового утеплення фасадів. а саме влаштування системи скріпленої теплоізоляції («мокрий фасад») із використанням фасадних плит із мінеральної вати підвищеної щільності товщиною 80 мм (із розрахунковим коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{ут} = 0,038$ Вт/(м·°C). Зовнішній шар захищається армувальною сіткою та покривається паропроникною захисно-декоративною штукатуркою.

Термомодернізація суміщеного даху (покриття)

Плоска покрівля будівлі площею 1007 м² має первинний шар керамзитового гравію та 50 мм базальтових плит, що є недостатнім. Нормативна вимога для покрівель у II кліматичній зоні складає $R_{д.min} = 4,90$ (м²·°C)/Вт.

Враховуючи необхідність захисту верхніх поверхів від літнього перегріву (що є критично важливим для південного прибережного регіону м. Одеса) та зниження трансмісійних втрат у зимовий період, передбачено влаштування додаткового шару теплоізоляції екструдованим пінополістиролом (XPS) товщиною 100 мм або жорсткими мінераловатними плитами товщиною 100–120 мм під новий гідроізоляційний килим із євроруберойду.

Термомодернізація перекриття над підвалом (підлоги першого поверху)

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

Втрати тепла через незутеплену підлогу першого поверху у неопалювальний підвал суттєво знижують тепловий комфорт мешканців нижніх поверхів. Нормативна вимога ДБН В.2.6-31:2021 для цього елемента становить $R_{\text{підв.мін}} = 3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Технічне рішення: Утеплення перекриття над підвалом з боку неопалювального підвального приміщення. Застосовуються плити з мінеральної вати або пінополістиролу товщиною 80–100 мм, які кріпляться до стелі підвалу клейовим та дюбельним способом з подальшим нанесенням вогнезахисного та декоративного шару.

Модернізація інженерного вузла: Встановлення БМ-ІТП з погодним регулюванням

Будинок має залежну схему підключення до зовнішніх теплових мереж через застарілий елеваторний вузол без можливості оперативного регулювання. Це призводить до значного теплового марнотратства та явища «перегрівів» у перехідні періоди опалювального сезону, які є тривалими для клімату Одеси.

Демонтаж елеваторного вузла та монтаж блочно-модульного індивідуального теплового пункту (БМ-ІТП). ІТП комплектується:

- Електронним контролером погодного регулювання (коригує подачу тепла залежно від температури зовнішнього повітря);
- Двоходовим регулюючим клапаном із електроприводом на первинному контурі;
- Циркуляційними насосами з частотним регулюванням у контурі опалення;
- Датчиками температури та засобами обліку. Автоматика ІТП оперативно реагує на потепління, знижуючи витрату мережної води, що ліквідує перевитрату теплової енергії.

Гідравлічне балансування внутрішньобудинкової системи опалення

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

Для забезпечення рівномірного розподілу теплоносія по вертикальних стояках будівлі та усунення теплової асиметрії (перегрів ближніх до вводу стояків та недогрів дальніх) передбачено модернізацію арматури.

Встановлення автоматичних (динамічних) балансувальних клапанів (типу Danfoss) на кожному стояку системи опалення в підвальному приміщенні разом із заміною старої лінійної запірної арматури на сучасні кульові крани.

3.3. Визначення теплових втрат та річного споживання енергії будівлею після впровадження енергозберігаючих заходів.

Впровадження комплексу термомодернізаційних заходів, обґрунтованого у підрозділі 3.2, кардинально змінює теплотехнічні показники зовнішньої оболонки дев'ятиповерхового житлового будинку та характер автоматичного регулювання внутрішньобудинкових інженерних систем. Розрахунок теплових втрат після модернізації виконано відповідно до методики ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» для II кліматичної зони України.

Перерахунок приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій після термомодернізації $R_{i, \text{мод}}$ визначено за формулою послідовного нарощення термічного опору шляхом додавання проєктного шару ізоляції:

$$R_{i, \text{мод}} = R_{i, \text{баз}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}}$$

де:

$R_{i, \text{баз}}$ – приведений опір конструкції у базовому стані (з підрозділу 2.1), $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$\delta_{\text{ут}}$ – товщина шару теплоізоляційного матеріалу, м;

$\lambda_{\text{ут}}$ – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Зовнішні стіни

Після влаштування зовнішньої теплоізоляції з мінераловатних плит товщиною $\delta_{\text{ут}} = 0,08$ м ($\lambda_{\text{ут}} = 0,038$ Вт/(м·°C)) новий опір становить:

$$R_{\text{ст.мод}} = 1,735 + \frac{0,08}{0,038} = 3,84 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{\text{ст.мод}} = 3,84 \geq R_{\text{ст.мін}} = 3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт} - \text{умова виконується.}$$

Суміщений дах (покриття)

Після доутеплення екструдованим пінополістиролом (XPS) товщиною $\delta_{\text{ут}} = 0,10$ м ($\lambda_{\text{ут}} = 0,035$ Вт/(м·°C)):

$$R_{\text{д.мод}} = 2,335 + \frac{0,10}{0,035} = 5,19 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{\text{д.мод}} = 5,19 \geq R_{\text{д.мін}} = 4,9 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт} - \text{умова виконується.}$$

Перекриття над підвалом

Після ізоляції стелі підвалу мінеральною ватою товщиною $\delta_{\text{ут}} = 0,08$ м ($\lambda_{\text{ут}} = 0,038$ Вт/(м·°C)):

$$R_{\text{підв.мод}} = 1,417 + \frac{0,08}{0,038} = 3,52 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{\text{підв.мод}} = 3,52 \geq R_{\text{ст.мін}} = 3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт} - \text{умова виконується.}$$

Енергетичні показники будівлі до та після термомодернізації згруповано у зведеній таблиці 3.3.

Проведений аналіз вихідного стану будівлі дозволив сформувати комплексний, взаємопов'язаний пакет енергоефективних заходів. Запропоновані рішення охоплюють як модернізацію пасивного теплозахисту (утеплення стін мінеральною ватою 80 мм, суміщеного даху екструдованим пінополістиролом 100 мм та перекриття над підвалом 80 мм), так і активне керування енергоспоживанням (впровадження БМ-ІТП з погодним регулюванням та балансування стояків).

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

Таблиця 3.3. Порівняльна характеристика енергетичних показників будівлі до та після модернізації

Показник	Базове значення	Значення після модернізації	Абсолютна економія	Відносна економія, %
Опір теплопередачі стін $R_{ст}$, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	1,735	3,84	+2,105	—
Опір теплопередачі даху $R_{д}$, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	2,335	5,19	+2,855	—
Опір теплопередачі підлоги $R_{підл}$, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	1,417	3,52	+2,105	—
Максимальна потужність опалення Q_{Σ} , кВт	308,4	241,35	67,05	21,74%
Річне споживання енергії $Q_{оп.рік}$, кВт·год/рік	265957	95603	170354	64,05%
Річне споживання енергії $Q_{оп.рік}$, Гкал/рік	228,72	82,22	146,50	64,05%

Такий підхід повністю відповідає чинним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 для II кліматичної зони України. Він спрямований не лише на ліквідацію «містків холоду» та зниження трансмісійних втрат через огорожувальну оболонку, а й на усунення технологічного марнотратства (явища «перегрівів» у перехідні періоди року) та забезпечення гідравлічної стабільності внутрішньобудинкової системи. Очікується, що реалізація цих заходів

дозволить досягти суттєвого синергетичного ефекту, параметричного оцінювання якого буде виконано у наступному підрозділі.

3.4. Висновки за розділом 3.

Проведено детальний ретроспективний аналіз фактичного енергоспоживання об'єкта дослідження, обґрунтовано комплекс енергозберігаючих заходів та виконано параметричну оцінку їхньої теплотехнічної ефективності. За результатами досліджень сформувано такі основні висновки:

1. Середньорічні витрати електроенергії становлять 365240 кВт·год (понад 1,5 млн грн), а природного газу на потреби опалення – 107,77 тис. м³ (860031 грн). Пікові зимові максимуми споживання паливно-енергетичних ресурсів безпосередньо корелюють із тривалістю понижених температур зовнішнього повітря та підтверджують низьку акумуляційну здатність і незадовільний теплозахист залізобетонних стін будівлі у базовому стані.

2. Обґрунтовано та розроблено пакет комплексних заходів з термомодернізації огорожувальної оболонки 9-поверхового житлового будинку. Проектні рішення охоплюють пасивний теплозахист (зовнішнє утеплення стін мінеральною ватою завтовшки 80 мм, суміщеної покрівлі – екструдованим пінополістиролом 100 мм, перекриття над підвалом – мінеральною ватою 80 мм) та активне керування енергопотокami (демонтаж елеваторного вузла, встановлення БМ-ІТП з погодним регулюванням та балансування стояків клапанами динамічного типу).

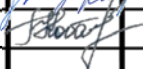
3. Виконаний теплотехнічний перерахунок підтвердив повне досягнення нормативних критеріїв.

4. Узагальнена оцінка енергетичної ефективності проекту свідчить про значний синергетичний ефект від реалізації заходів. Максимальна розрахункова потужність системи опалення будівлі зменшилася на 21,74% (з

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

308,40 кВт до 241,35 кВт). Завдяки поєднанню високого теплового опору конструкцій із ліквідацією технологічного марнотратства («перегрівів») через автоматизацію БМ-ІТП, річна потреба будівлі в тепловій енергії знизилася на 64,05% – з базових 228,72 Гкал/рік (265957 кВт·год) до проєктних 82,22 Гкал/рік (95603 кВт·год), що забезпечує абсолютну річну економію палива в обсязі 146,50 Гкал і є надійною базою для фінансово-економічного аналізу у наступному розділі.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент		Вовк Н.П.			Розділ 4			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Кобалава Г.О.								
Консульт.										
Зав.каф.		Кобалава Г.О.								
					ХННІ НУК 50					

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

Економічний ефект від реалізації запропонованого комплексу термомодернізаційних заходів полягає у суттєвому зниженні грошових витрат мешканців будинку (або ОСББ) на оплату спожитих паливно-енергетичних ресурсів. Розрахунок річної фінансової економії базується на зіставленні базового та проектного рівнів енергоспоживання, визначених у попередніх розділах, та актуальних тарифів на енергоносії для населення України станом на 2026 рік:

- Тариф на теплову енергію (централізоване опалення) – 1654,41 грн/Гкал (з ПДВ);
- Тариф на електричну енергію для населення – 4,32 грн/(кВт·год) (з ПДВ).

На основі теплотехнічних розрахунків було встановлено, що після комплексного утеплення оболонки будівлі та автоматизації теплового вузла за допомогою БМ-ІТП річне споживання теплової енергії на опалення знижується на 146,5 Гкал/рік.

Річна економія коштів на оплату послуг централізованого опалення $C_{\text{газ}}$, грн/рік) обчислюється за формулою:

$$C_{\text{газ}} = \Delta Q_{\text{рік}} \cdot 1654,41 = 146,5 \cdot 1654,41 = 242371 \text{ грн/рік}$$

Після проведення теплоізоляції фасадів, покрівлі та підлоги температура внутрішніх поверхонь стін підвищується, що забезпечує нормативний тепловий комфорт без потреби у додатковому догріванні приміщень. Аналіз аналогічних проектів термомодернізації свідчить про стабільне зниження

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

загальнобудинкового споживання електроенергії в опалювальний період в середньому на 12% від усередненого річного обсягу.

Усереднене базове річне споживання електроенергії за даними підрозділу 3.1 становить:

$$W_{\text{рік.баз}} = \frac{372879 + 367731 + 355109}{3} = 365250 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Очікуване зниження витрат електричної енергії завдяки ліквідації зимових піків обігріву складає:

$$\Delta W_{\text{рік}} = W_{\text{рік.баз}} \cdot 0,12 = 365250 \cdot 0,12 = 43829 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Річна економія коштів на оплату електричної енергії ($C_{\text{ел}}$, грн/рік) становить:

$$C_{\text{ел}} = \Delta W_{\text{рік}} \cdot 4,32 = 43829 \cdot 4,32 = 189340 \text{ грн/рік}$$

Загальна річна економія коштів за рахунок зменшення споживання обох видів енергоресурсів ($\Delta C_{\text{заг}}$, грн/рік) дорівнює:

$$\Delta C_{\text{заг}} = C_{\text{газ}} + C_{\text{ел}} = 242371 + 189340 = 431711 \text{ грн/рік}$$

Оптимізація теплотехнічних параметрів будівлі та автоматизація споживання енергії дозволяють ОСББ сумарно заощаджувати понад 431,7 тис. грн щороку. Отримане значення річного грошового потоку є основою для наступного етапу – оцінки капітальних інвестицій у модернізацію та розрахунку статичного й дисконтованого термінів окупності проєкту.

4.2. Розрахунок капітальних інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.

Для визначення економічної доцільності та термінів окупності запропонованого проєкту термомодернізації необхідно оцінити загальний обсяг капітальних інвестицій (капітальних вкладень). Кошторисна вартість проєкту формується на основі поточних ринкових цін в Україні на

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

енергоефективні матеріали, обладнання, а також з урахуванням вартості проєктно-кошторисних, монтажних та супутніх будівельних робіт.

Капітальні витрати ($K_{\text{заг}}$, грн) розподіляються за чотирма основними технологічними напрямками:

1. Теплоізоляція зовнішніх стін фасадів.
2. Термомодернізація суміщеного даху (покриття).
3. Утеплення перекриття над неопалювальним підвалом.
4. Встановлення блочно-модульного ІТП з балансуванням системи.

Капітальні витрати на термомодернізацію зовнішніх стін

Площа зовнішніх стін під утеплення становить $A_{\text{ст}} = 2982 \text{ м}^2$. Проєктом передбачено систему «мокрого фасаду» з мінеральною ватою завтовшки 80 мм.

Середня ринкова вартість комплексу матеріалів (плити мінеральної вати підвищеної щільності, клейові суміші, армувальна сітка, дюбелі, ґрунтовка, захисно-декоративна штукатурка) становить 750 грн/м². Вартість високовеликих монтажних та рихтувальних робіт складає 550 грн/м².

Сумарна вартість утеплення фасаду ($K_{\text{ст}}$, грн):

$$K_{\text{ст}} = 2982 \cdot (750 + 550) = 3876600 \text{ грн}$$

Капітальні витрати на термомодернізацію суміщеного даху

Площа покрівлі будівлі становить $A_{\text{д}} = 1070 \text{ м}^2$. Проєктом передбачено додаткове утеплення екструдованим пінополістиролом (XPS) завтовшки 100 мм із влаштуванням нового двошарового гідроізоляційного килима з евроруберойду.

Усереднена ринкова вартість матеріалів (плити XPS, руберойд, мастики, кріплення) становить 920 грн/м², вартість демонтажних та покрівельних робіт – 480 грн/м².

Сумарна вартість модернізації покриття ($K_{\text{д}}$, грн):

$$K_{\text{д}} = 1070 \cdot (920 + 480) = 1409800 \text{ грн}$$

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

Капітальні витрати на утеплення перекриття над підвалом

Площа перекриття становить $A_{\text{підв}} = 1070 \text{ м}^2$. Матеріалом утеплення стелі підвалу обрано мінераловатні плити завтовшки 80 мм із покриттям вогнезахисним сумішшю.

Вартість матеріалів становить 420 грн/м², вартість монтажних робіт в обмеженому просторі підвалу – 330 грн/м².

Сумарна вартість утеплення підлоги першого поверху ($K_{\text{підв}}$, грн):

$$K_{\text{д}} = 1007 \cdot (420 + 330) = 755250 \text{ грн}$$

Витрати на встановлення БМ-ІТП та гідравлічне балансування

Модернізація інженерного вузла будівлі включає придбання готового БМ-ІТП фабричної збірки (потужністю до 300 кВт) із погодним контролером, насосами та запірно-регулюючою арматурою, а також комплект стоякових балансувальних клапанів Danfoss.

Комплект обладнання БМ-ІТП та вузла обліку – 480000 грн;

Комплект автоматичних балансувальних клапанів на стояки системи – 140000 грн;

Проектні, монтажні, електротехнічні та пусконаладжувальні роботи – 180000 грн.

Загальні витрати на інженерну модернізацію опалення:

$$K_{\text{ІТП}} = 480000 + 140000 + 180000 = 800000 \text{ грн}$$

Усі статті капітальних вкладень, включаючи непередбачувані витрати на рівні 5% від суми матеріалів та робіт, узагальнено у зведеній таблиці 4.1.

Таким чином, повна вартість реалізації комплексного енергоефективного проєкту для досліджуваного 9-поверхового житлового будинку становить 7 млн 052 тис. грн. Найбільш капіталомісткою частиною проєкту є утеплення зовнішніх стін фасадів, на яке припадає майже 55% від загального бюджету інвестицій.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

Таблиця 4.1 Зведений обсяг капітальних інвестицій у термомодернізацію будинку

Найменування заходу з енергозбереження	Обсяг робіт / специфікація	Питома вартість, грн	Загальна вартість, грн	Частка у кошторисі, %
1. Термоізоляція зовнішніх стін (фасаду)	2982 м ²	1300 грн/м ²	3876600	54,97
2. Термомодернізація суміщеного даху	1007 м ²	1400 грн/м ²	1409800	19,99
3. Утеплення перекриття над підвалом	1007 м ²	750 грн/м ²	755250	10,71
4. Встановлення БМ-ІТП та балансування стояків	Блок автоматики, насоси, клапани	—	800000	11,34
Разом матеріали та роботи	—	—	6841650	97,01
5. Непередбачувані та супутні витрати (5%)	—	—	210350	2,99
РАЗОМ	—	—	7052000	100,0%

4.3. Розрахунок термінів окупності та показників економічної ефективності.

Для остаточного прийняття рішення щодо доцільності фінансування розробленого проєкту термомодернізації дев'ятиповерхового будинку виконується розрахунок економічних критеріїв ефективності інвестицій. Основними індикаторами у світовій практиці енергоменеджменту є простий (статичний) термін окупності (*PBP*) та дисконтований термін окупності (*DPBP*).

Для розрахунку прийнято такі фінансово-економічні параметри:

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

Загальний обсяг капітальних вкладень (інвестицій): $K_{\text{заг}} = 7052000$ грн;
Річний економічний ефект (чистий вхідний грошовий потік): $\Delta C_{\text{заг}} = 431711$ грн/рік;

Норма дисконтування (очікувана ставка доходності з урахуванням ризиків): $r = 10\% = 0,10$;

Прогнозний період аналізу (життєвий цикл проєкту): $T = 20$ років.

Розрахунок простого (статичного) терміну окупності (PBP)

Простий термін окупності (PBP, років) визначає період, за який капітальні витрати повністю покриваються сумарною грошовою економією без урахування зміни вартості грошей у часі:

$$PBP = \frac{K_{\text{заг}}}{\Delta C_{\text{заг}}} = \frac{7052000}{431711} = 16,33 \text{ років}$$

Розрахунок дисконтованого терміну окупності та чистого приведенного доходу (NPV)

Чистий приведений дохід (NPV, грн) відображає інтегральний ефект від реалізації проєкту за весь горизонт планування, приведений до поточного моменту часу, і обчислюється за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta C_{\text{заг}}}{(1+r)^t} - K_{\text{заг}}$$

Для визначення дисконтованого терміну окупності (DPBP) розраховується накопичений дисконтований грошовий потік за роками. Результати покрокового моделювання наведено в таблиці 4.3.

Аналіз результатів

Математичний аналіз динаміки накопиченого дисконтованого доходу (табл. 4.3) показує, що за норми дисконтування $r = 10\%$ чиста теперішня вартість за весь 20-річний життєвий цикл матеріалів залишається від'ємною ($NPV = -3,37$ млн грн). Це свідчить про те, що за умови 100% самостійного фінансування проєкту мешканцями (за комерційними цінами та без зовнішньої підтримки) за рахунок лише поточної економії коштів проєкт не здатний окупитися в дисконтованому вимірі в межах 20 років.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

Таблиця 4.3. Розрахунок дисконтованих грошових потоків та інтегрального ефекту проєкту, грн.

Рік проєкту (t)	Грошовий потік ($\Delta C_{\text{заг}}$), грн	Коефіцієнт дисконтування $1/(1+r)^t$	Дисконтований потік, грн	Накопичений дисконтований ефект, грн
0	—	1,0000	—	-7052000,00
1	431711	0,9091	392466,81	-6659533,19
2	431711	0,8264	356766,38	-6302766,81
3	431711	0,7513	324344,84	-5978421,97
4	431711	0,6830	294858,95	-5683563,02
5	431711	0,6209	268050,66	-5415512,36
6	431711	0,5645	243686,13	-5171826,23
7	431711	0,5132	221554,34	-4950271,89
8	431711	0,4665	201393,41	-4748878,48
9	431711	0,4241	183088,84	-4565789,64
10	431711	0,3855	166424,78	-4399364,86
11	431711	0,3505	151314,88	-4248049,98
12	431711	0,3186	137543,27	-4110506,71
13	431711	0,2897	125067,82	-3985438,89
14	431711	0,2633	113669,43	-3871769,46
15	431711	0,2394	103347,73	-3768421,73
16	431711	0,2176	93940,42	-3674481,31
17	431711	0,1978	85392,53	-3589088,78
18	431711	0,1799	77664,9	-3511423,88
19	431711	0,1635	70584,83	-3440839,05
20	431711	0,1486	64152,33	-3376686,72

Для підвищення інвестиційної привабливості модернізації багатоквартирних будинків в Україні діє державна програма співфінансування «Енергодім» від Фонду енергоефективності. За умовами програми (Пакет «Б» – Комплексна термомодернізація), ОСББ отримує безповоротний грант у розмірі до 50% від вартості будівельних робіт та обладнання.

Проведемо перерахунок показників окупності з урахуванням залучення гранту в розмірі 50%:

Новий простий термін окупності:

$$PBP_{\text{грант}} = \frac{3526000}{431711} = 8,17 \text{ років}$$

Новий дисконтований термін окупності та NPV

Завдяки дворазовому зниженню початкових вкладень, накопичений дисконтований грошовий потік виходить у позитивну зону вже на 9-й рік експлуатації. Інтегральний чистий приведений дохід на 20-й рік становитиме:

$$NPV_{\text{грант}} = +149313 \text{ грн}$$

Таблиця 4.4. Порівняльна таблиця економічної ефективності варіантів реалізації проекту.

Фінансово-економічний показник	Комерційний варіант (100% вкладень)	Варіант із державною підтримкою (50% грант)
Капітальні витрати ОСББ, грн	7052000	3526000
Простий термін окупності (PBP), років	16,33	8,17
Дисконтований термін окупності (DPBP), років	> 20	17,8
Чистий приведений дохід (NPV на 20 рік), грн	-3376687	+149313

Накопичений дисконтований дохід (NPV) переходить через нульову позначку і набуває позитивного значення на 18-му році експлуатації (NPV = +149313 грн). Таким чином, дисконтований термін окупності становить $DPBP_{\text{грант}} \approx 17,8$ років.

Наприкінці розрахункового 20-річного життєвого циклу модернізованих конструкцій та обладнання ІТП, чистий дисконтований дохід становить +149313 грн. Це математично підтверджує, що проєкт є повністю рентабельним, окупає інвестований мешканцями капітал та приносить чистий економічний ефект з урахуванням усіх закладених фінансових ризиків ($r=10\%$).

4.4. Висновки по розділу 4.

Реалізація комплексного енергоефективного проєкту вартістю 7,052 млн грн дозволяє ОСББ щороку заощаджувати 431,71 тис. грн за рахунок скорочення витрат на теплову та електричну енергію. За умови 100% самостійного фінансування мешканцями інвестиції мають тривалий термін окупності (16,33 року), проте залучення 50% безповоротного гранту за програмою «Енергодім» скорочує простий період окупності до 8,17 року та робить проєкт фінансово рентабельним із позитивним значенням *NPV* наприкінці життєвого циклу.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.05		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Вовк Н.П.					
Керівник		Кобалава Г.О.					
Консульт.							
Зав.каф.		Кобалава Г.О.					
Розділ 5					Літ.	Арк.	Аркушів
					ХННІ НУК 60		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1. Організаційні та правові основи охорони праці при проведенні термомодернізації.

Реалізація комплексних енергоефективних заходів у житловому будинку (утеплення фасадів на висоті, капітальний ремонт покрівлі, монтаж теплотехнічного обладнання БМ-ІТП у підвалі) пов'язана з виконанням робіт підвищеної небезпеки. Правовою основою організації безпечних умов праці є Закон України «Про охорону праці» та Кодекс цивільного захисту України.

Перед початком будівельно-монтажних робіт генеральний підрядник спільно з ОСББ зобов'язані:

1. Розробити та затвердити Проєкт виконання робіт (ПВР) та Технологічні карти, де окремо прописуються заходи із забезпечення безпеки.
2. Оформити наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки (роботи на висоті, вогневі та зварювальні роботи).
3. Провести зі всіма робітниками вступний, первинний та цільовий інструктаж з охорони праці з обов'язковою фіксацією у журналі реєстрації інструктажів.
4. Забезпечити персонал сертифікованими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): захисними касками, спецодягом, спецвзуттям, а при роботі на висоті – запобіжними поясами та страховочними канатами.

5.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт на висоті (утеплення фасадів та покрівлі).

Утеплення зовнішніх стін 9-поверхової будівлі та ремонт суміщеного даху належать до верхолазних робіт (на висоті понад 5 метрів від поверхні ґрунту) і регламентуються НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті».

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

Безпека при роботі з риштувань та колісок

Для монтажу мінераловатних плит товщиною 80 мм на фасаді дозволяється використовувати лише інвентарні стійкові та рамні ліси або підвісні люльки, які пройшли технічне випробування та мають відповідні акти приймання.

Настили риштувань повинні мати рівну поверхню, проміжки між дошками не мають перевищувати 5 мм. Обов'язкова наявність захисних огорожень (поручнів) заввишки не менше 1,1 м та бортових дощок знизу (не менше 15 см) для запобігання падінню інструментів.

Навколо будівлі на період фасадних робіт встановлюється небезпечна зона, яка огорожується сигнальною стрічкою та знаками безпеки «Прохід заборонено», «Небезпечна зона! Можливе падіння предметів».

Безпека під час робіт на покрівлі

Під час доутеплення даху плитами XPS (100 мм) та наплавлення євроруберойду, робітники зобов'язані кріпитися запобіжними поясами за надійні конструктивні елементи будівлі (анкери), вказані в ПВР.

Виконання робіт на висоті категорично забороняється при несприятливих погодних умовах: гроза, сильний туман (видимість менше 50 м), ожеледиця та пориви вітру силою 15 м/с і більше.

5.3. Пожежна безпека при проведенні термомодернізації.

Заходи пожежної безпеки розроблені відповідно до НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Ризики виникнення пожежі є високими під час наплавлення гідроізоляції на даху газовими паяльниками та при зварюванні елементів трубопроводів під час демонтажу елеваторного вузла.

Вимоги до матеріалів: Для утеплення фасадів застосовуються виключно негорючі матеріали (НГ) – мінераловатні плити підвищеної щільності. При використанні на даху горючого екструдованого пінополістиролу (XPS, група

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

горючості Г1–Г4) обов'язково передбачаються протипожежні розсічки з мінеральної вати навколо люків, виходів на покрівлю та по периметру стін.

Безпека при вогневих роботах:

Місця проведення зварювальних та наплавних робіт очищаються від спалимих матеріалів у радіусі не менше 5 метрів і забезпечуються первинними засобами пожежогасіння (порошковими або вуглекислотними вогнегасниками типу ВП-5, азбестовим полотном, відрами з водою).

Балони з пропаном та киснем під час газополум'яних робіт на даху повинні знаходитися на відстані не менше 5 м один від одного та не менше 10 м від відкритого джерела вогню. Закріплення балонів має виключати їхнє падіння.

5.4. Екологічна безпека та утилізація будівельних відходів.

Комплексна термомодернізація супроводжується утворенням значної кількості відходів (демонтовані елементи старого елеваторного вузла, обрізки мінеральної вати та пінополістиролу, тари від клею, ґрунтовок та фарб).

Категорично забороняється спалювати залишки полімерних матеріалів (XPS, пінопласт) або пакувальної тари на території житлового будинку, оскільки під час їхнього горіння виділяються високотоксичні речовини (діоксини, фосген).

Усі будівельні відходи підлягають сортуванню: металобрухт (старі сталеві труби та елеватор) здається на спеціалізовані пункти вторинної переробки; залишки мінеральної вати та будівельне сміття збираються у спеціальні контейнери та вивозяться автотранспортом на полігони твердих побутових / промислових відходів за договором із комунальними службами міста.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

5.5. Висновки за розділом 5.

При виконанні комплексної термомодернізації будівлі, що включає верхолазні роботи на висоті понад 5 метрів (утеплення фасадів мікрорайону мінватою та ремонт покрівлі XPS) та монтажні роботи в обмеженому просторі підвалу (встановлення БМ-ІТП), розроблено та обґрунтовано строгі заходи з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-1.15-07, ПУЕ та правил пожежної безпеки НАПБ А.01.001-2014. Інженерно-технічний захист забезпечується обов'язковим використанням випробуваних рамних риштувань із захисними бортами, влаштуванням протипожежних мінераловатних розсічок на даху. Реалізація запропонованих організаційних та технічних рішень разом із роздільним сортуванням та ліцензованим вивезенням будівельного сміття повністю нівелює ризики виробничого травматизму, мінімізує вплив шкідливих факторів на персонал і гарантує високий рівень екологічної безпеки в процесі модернізації житлового будинку.

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.05</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексний аналіз показників енергоефективності дев'ятиповерхового житлового будинку в умовах м. Одеса, на основі якого розроблено та обґрунтовано оптимальний комплекс термомодернізаційних заходів.

1. Оцінка базового стану будівлі свідчить про суттєву енергетичну деградацію огорожувальних конструкцій, зведених за застарілими нормативами. Розрахункові значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх стін ($1,735 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$), суміщеного даху ($2,335 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$) та перекриття над підвалом ($1,417 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$) є значно нижчими за сучасні нормативні вимоги ДБН В.2.6-31:2021 для II кліматичної зони України. Це призводить до надмірних трансмісійних втрат теплоти, незадовільного мікроклімату у квартирах та перевитрат паливно-енергетичних ресурсів.

2. За результатами аналізу фактичного енергоспоживання встановлено, що базовий рівень річних витрат теплової енергії на опалення становить $228,72 \text{ Гкал/рік}$, що відносить будівлю до низького класу енергоефективності «Е». Усереднене споживання електроенергії складає $365240 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$, причому зафіксовано чіткі зимові піки споживання (до 12–15% від загального обсягу), викликані масовим використанням мешканцями побутових електрообігрівачів через недогрів приміщень централізованою системою опалення.

3. Спроектований комплекс термомодернізації включає поєднання теплотехнічних та інженерних заходів:

– утеплення зовнішніх стін мінеральною ватою завтовшки 80 мм (досягнуто $3,84 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$);

– доутеплення суміщеної покрівлі плитами XPS завтовшки 100 мм ($5,19 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$);

– теплоізоляцію стелі підвалу мінватою завтовшки 80 мм ($3,52 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$);

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

– ліквідацію елеваторного вузла та встановлення автоматизованого блочно-модульного ІТП із погодним регулюванням та балансуванням стояків.

4. Впровадження цих заходів дозволяє знизити річні витрати тепла на опалення на 64,1% (до 82,22 Гкал/рік), ліквідувати пікове зимове електроспоживання (заощадження 43828,8 кВт·год/рік) та підвищити клас енергоефективності будівлі до нормативного рівня «С».

5. Економічний аналіз та інвестиційна оцінка показали, що повна ринкова вартість реалізації проєкту становить 7052000 грн, а сумарний річний грошовий ефект від заощадження ресурсів в актуальних тарифах дорівнює 431711 грн/рік. Математичне моделювання динаміки дисконтованих грошових потоків за очікуваної ставки доходності $r = 10\%$ довело, що за умов 100% комерційного фінансування коштами мешканців проєкт є затяжним і не окупається в межах 20 років через фактор часового знецінення грошей ($NPV < 0$).

6. Обґрунтовано безальтернативність державної підтримки для житлового сектору. Інтеграція проєкту в програму співфінансування «Енергодім» від Фонду енергоефективності (з отриманням безповоротного гранту в розмірі 50%) знижує капітальні витрати ОСББ до 3526000 грн. Це дозволяє скоротити простий термін окупності до 8,17 року, а дисконтований ($DPBP_{\text{грант}}$) – до 17,8 року із виходом накопиченого NPV у позитивну зону (+149,31 тис. грн), що підтверджує абсолютну фінансову доцільність та інвестиційну привабливість термомодернізації для власників житла.

7. У розділі з охорони праці та безпеки життєдіяльності розроблено технічні й організаційні заходи для безпечного ведення робіт: регламентовано правила виконання верхолазних робіт на висоті з інвентарних риштувань, встановлено жорсткі вимоги до пожежної безпеки (влаштування мінераловатних розсічок на даху) та екологічної утилізації будівельних відходів.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»: Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> – Дата звернення: 17.04.2025.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – [Чинний від 01.10.2021]. – К.: Мінрегіон України, 2021. – 49 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція і кондиціонування. – [Чинний від 01.09.2013]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 142 с.
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – [Чинний від 01.10.2019]. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 103 с.
5. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Енергозбереження як ресурс розвитку для України. Держава і ринок. 2014. С. 90–96.
6. Сайт Європейсько-українського енергетичного агентства. Режим доступу: <http://euea-energyagency.org/uk/>.
7. Бернд Л. Екологічний будинок. Зелена енергетика. № 2(6), 2002. С. 18–20.
8. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Соціально-екологічні аспекти реалізації державної політики у сфері енергозбереження України. Монографія. ЛПІДУ НАДУ, 2010. 208 с.
9. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.
10. Акіншина О. В., Третьякова Л.І., Антоненко О. М. Енергоаудит у системі енергоменеджменту підприємства. URL : <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/15998/1/2-Akinshyna-4-10.pdf> (дата звернення 06.11.2020)
11. Енергетична стратегія України до 2030 року. URL : <http://zakon.nau.ua/doc>. (дата звернення 14.11.2021)
12. Сотник І.М. Управління ресурсозбереженням: соціо-еколого економічні аспекти. Суми : Вид-во СумДУ, 2010. 499 с.

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

13. Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ від 6.09.2018 № 491. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 березня 2019 р. за № 328/33299

14. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010–2014 рр.: затверджена наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 10 листопада 2009 р. № 352 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpku/dgerela/244.htm>

15. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010–2014 роки: затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30 червня 2009 р. № 257 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpku/dgerela/246.htm>

16. Про заходи з модернізації систем теплопостачання Постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2009 р. № 682 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/682-2009-п>

17. Про заходи щодо ефективного використання газу та інших паливно енергетичних ресурсів в народному господарстві: Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.1993 р. № 699 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/699-93-%D0%BF>

18. Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.03.1997 р. № 244 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/244-97-%D0%BF>

19. Про заходи щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.05.1999 р. № 820 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/820-99-%D0%BF>

					<i>КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

20. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2509-15>

21. Про комплексну державну програму енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 р. № 148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/148-97-%D0%BF>

22. Про Концепцію діяльності органів виконавчої влади у забезпеченні енергетичної безпеки України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.1998 р. № 48 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/48-98-%D0%BF>

23. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998р.№113/98ВР [Електронний ресурс].Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр>

24. Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: Указ Президента України від 28.02.2008 р. № 174/2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/174/2008>

25. Про оснащення житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.06.2008 р. № 838-р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/838-2008-%D1%80>

26. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. - 2013. № 34-35.

27. Наказ МВС України від 30 грудня 2014р. №1417, зареєстрований в Мін'юсті України 4 березня 2015року №252/26697 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», із змінами 2017 року

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

28. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

29. НПАОП 40.1-1.32-01 "Правилами будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок".

					КРБ.144.4248.03.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		70