

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 загальною площею 5400 м² та розробка енергоефективних заходів»**

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

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)



Анжела ЩИГОРЕВА

(прізвище та ініціали)

Керівник **Юрій ШАПОВАЛОВ**

(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)

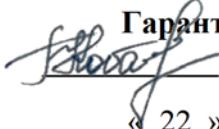
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(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 **Щигоревої Анжели Віталіївни, група 4248**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Аналіз енергоефективності багатоповерхового житлового будинку загальною площею 5400 м² та розробка енергоефективних заходів»**

керівник роботи **Шаповалов Юрій Олександрович, 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

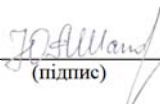
№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.	28 квітня	вик
2.	Аналіз ефективності використання електричної та теплової енергії на об'єкті.	до 07 травня	вик
3.	Розробка заходів з енергозбереження 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)

Анжела ЩИГОРЕВА
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Юрій ШАПОВАЛОВ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Щигорева Анжела Віталіївна, група 4248.

«Аналіз енергоефективності багатоповерхового житлового будинку загальною площею 5400 м² 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.

В роботі проведена розробка комплексу термомодернізаційних рішень для 4-поверхового житлового будинку площею 5400 м² в умовах м. Херсон. У роботі проведено теплотехнічний розрахунок зовнішньої оболонки будівлі, який виявив дефіцит приведенного опору теплопередачі стін (47,4%) та даху (52,3%) відносно чинних нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021. Визначено максимальне теплове навантаження будівлі (234,45 кВт) та проаналізовано фактичне трирічне споживання природного газу (99,22 тис. м³/рік) та електроенергії (514,04 тис. кВт·год/рік).

Запропоновано комплекс пасивних та активних заходів з енергозбереження: утеплення фасадів мінеральною ватою, теплоізоляція суміщеного даху плитами XPS, а також реконструкція теплового вузла із встановленням автоматизованого блочно-модульного індивідуального теплового пункту з погодним регулюванням. Розраховано, що реалізація заходів знижує річне споживання теплової енергії та палива на 58,4%, забезпечуючи чисте заощадження газу в обсязі 57,95 тис. м³/рік.

Проведено техніко-економічний аналіз проєкту за загального кошторису 4022500 грн. Доведено, що залучення державної підтримки за програмою «Енергодім» (грант 50%) знижує капітальні витрати ОСББ до 2011250 грн та скорочує дисконтований термін окупності проєкту до 5,12 років із генерацією *NPV* у розмірі +1652507 грн за 15 років.

Ключові слова: енергоефективність, термомодернізація, індивідуальний тепловий пункт, погодне регулювання, опір теплопередачі.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Shchyhoreva Anzhela, group 4248.

"Energy Efficiency Analysis of a Multi-Story Residential Building with Total Area of 5400 m² 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 dedicated to the development of a complex of thermal modernization solutions for a 4-story residential building with an area of 5400 m² in the climatic conditions of Kherson. A thermal engineering calculation of the building envelope was performed, which revealed a deficit in the reduced thermal resistance of walls (47.4%) and the roof (52.3%) compared to the current regulatory requirements of DBN V.2.6-31:2021. The maximum thermal load of the building (234.45 kW) was determined, and the actual three-year consumption of natural gas (99.22 thousand m³/year) and electricity (514.04 thousand kWh/year) was analyzed.

A complex of passive and active energy-saving measures was proposed: insulation of facades with mineral wool, thermal insulation of the flat roof with XPS boards, and reconstruction of the heating node with the installation of an automated modular individual heating substation with weather-compensated control. It is calculated that the implementation of these measures reduces the annual thermal energy and fuel consumption by 58.4%, providing net natural gas savings of 57.95 thousand m³/year.

A techno-economic analysis of the project was conducted with a total budget of 4,022,500 UAH. It is proven that attracting state support through the "Enerhodim" program (a 50% grant) reduces the capital expenditures of the co-owners (OSBB) to 2,011,250 UAH and shortens the discounted payback period of the project to 5.12 years, generating an NPV of +1,652,507 UAH over 15 years.

Keywords: energy efficiency, thermal modernization, individual heating substation, weather compensation, thermal resistance.

					<i>КРБ.144.4248.08.05.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.	19
1.3. Висновки за розділом 1.....	24
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.....	46
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ.....	49
4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.....	49

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Розрахунок капітальних інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.....	51
4.3. Розрахунок термінів окупності та показників економічної ефективності.....	53
4.4. Висновки по розділу 4.....	56
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	
5.1. Аналіз умов праці та потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.	59
5.2. Інженерно-технічні заходи з безпечного ведення робіт.....	60
5.3. Пожежна безпека та заходи в аварійних ситуаціях.	61
5.4. Висновки за розділом 5.....	62
ВИСНОВКИ	63
ЛІТЕРАТУРА	65

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.144.4248.08.05.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.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Забезпечення енергетичної безпеки, зниження рівня споживання первинних енергоресурсів та мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище належать до стратегічних пріоритетів розвитку житлово-комунального господарства України. В умовах сучасних економічних викликів, стрімкого зростання вартості енергоносіїв, а також масштабних руйнувань та пошкоджень енергетичної інфраструктури внаслідок воєнних дій, проблема підвищення енергоефективності будівель набула критично важливого значення. Житловий сектор є одним із найбільших споживачів теплової та електричної енергії в країні, причому значна частина багатоповерхових будинків характеризується незадовільним теплотехнічним станом огорожувальних конструкцій та застарілими інженерними системами. Це призводить до значних понаднормативних втрат тепла, високих витрат на оплату комунальних послуг для населення та додаткового навантаження на об'єднану енергетичну систему.

Впровадження засад енергетичного менеджменту та проведення комплексного аналізу енергоефективності існуючого житлового фонду є базовим етапом для реалізації політики енергозбереження. Оцінка фактичного стану будівлі, визначення реальних теплових втрат через елементи залізобетонних або цегляних огорожувальних конструкцій та ідентифікація «вузьких місць» в інженерних мережах дозволяють розробити технічно обґрунтовані й економічно доцільні заходи. Модернізація таких об'єктів, що включає термомодернізацію оболонок будівель, встановлення сучасних індивідуальних теплових пунктів із погодним регулюванням та оптимізацію систем освітлення, забезпечує не лише зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів, а й покращення мікроклімату в приміщеннях, подовження строку експлуатації будівель і зменшення викидів парникових газів. З огляду на це, проведення аналізу енергоефективності багатоповерхового житлового будинку загальною площею 5400 м² та наукове обґрунтування енергоефективних заходів є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Мета роботи полягає у проведенні комплексного аналізу показників енергоефективності багатоповерхового житлового будинку загальною площею 5400 м², кількісному визначенні теплових і електричних втрат та розробці технічно й економічно ефективних енергозберігаючих заходів для підвищення рівня енергоефективності 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.
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 та інструменти економічного аналізу енергозберігаючих заходів у житловому будинку.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

29 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 68 сторінок, містить 6 рисунків та 9 таблиць.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Щигорева А.В.						
Керівник		Шаповалов Ю.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. Херсон. Будівля зведена у 1980 році, що відносить її до періоду масової забудови за типовими проєктами радянського періоду (модифікації серій великопанельних або блочних житлових будинків).

Будівля є 4-поверховою, має прямокутну конфігурацію у плані з лінійними розмірами 90х15 м, що забезпечує площу плями забудови (одного поверху) 1350 м². Загальна площа всіх поверхів будівлі становить 5400 м². Висота поверхів становить 3,0 м, а загальна будівельна висота від рівня землі до парапету даху – 12,0 м.

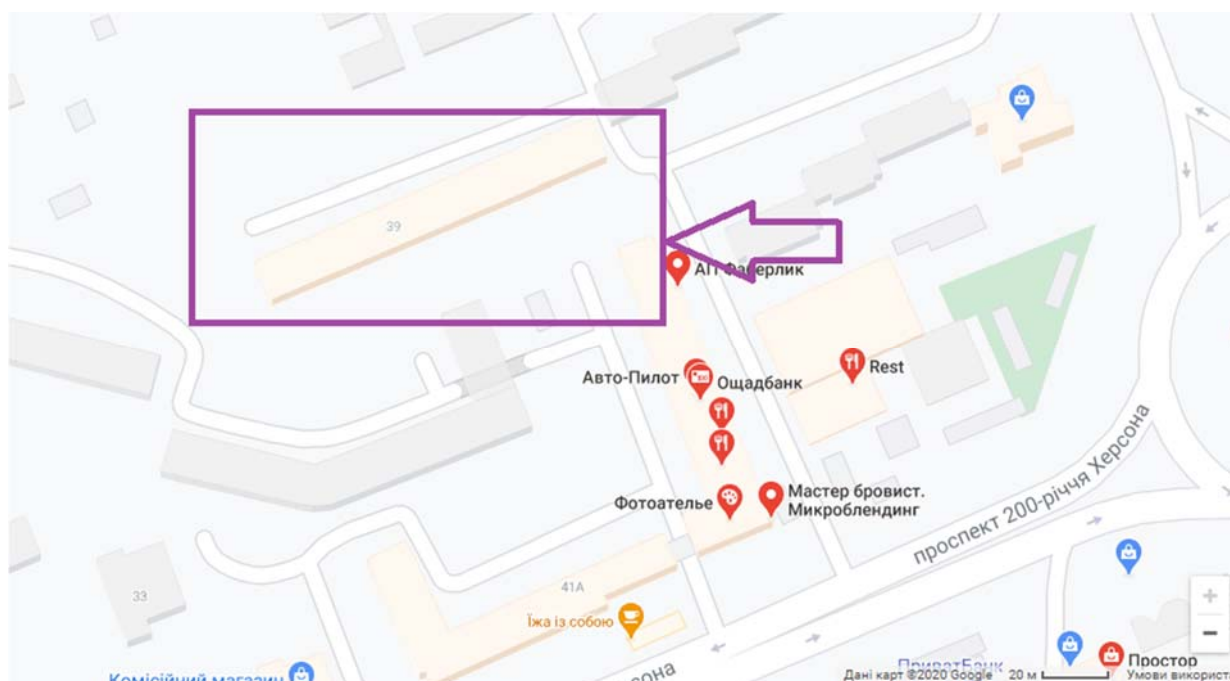


Рис. 1.1. Розташування будівлі на Google карті

Конструктивна схема будівлі базується на збірних залізобетонних елементах. Аналіз теплофізичних властивостей зовнішньої оболонки (згідно з

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

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 2000 м².

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 – 1350 м².

3. Перекриття над підвалом (підлога 1-го поверху): Розділено на дві зони залежно від функціонального призначення приміщень (співвідношення площ 50/50 %, по 675 м². 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 металоплазикові вікна з двокамерними склопакетами. Загальна площа скління становить 504 м².

5. Зовнішні двері: Металеві, вхідні в під'їзди, виконані у вигляді утеплених дверних блоків (загальна площа 16 м²).

Внутрішні міжкімнатні та міжквартирні перегородки виконані з цегляної кладки товщиною 0,12 м, потинькованої з обох боків цементно-піщаним

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

розчином товщиною 0,02 м. Вони не беруть участі у трансмісійних втратах через зовнішній контур, але забезпечують значну внутрішню теплоакумлюючу 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	2000
	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	1350
	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	675
	Плити пінополіуретану (утеплення)	0,050	0,052	
	Залізобетонна плита перекриття	0,180	2,040	
Підлога 1-го поверху (тип 2: коридори, місця зг)	Лінолеум на тканинній основі	0,030	0,330	675
	Плити пінополіуретану	0,050	0,052	
	Залізобетонна плита перекриття	0,200	2,040	

Тип конструкції	Елементи та шари конструкції	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°C)	Загальна площа, м ²
Вікна (енергоєфективні склопакети)	Двокамерний металопластиковий склопакет (4M1-16Ar-4M1-16Ar-4i)	—	$R_w=0,75$ (м ² ·°C)/Вт	504
Двері зовнішні	Металеві вхідні утеплені (дверний блок)	0,05	$R_d=0,60$ (м ² ·°C)/Вт	16

Характеристика системи теплопостачання та інженерного забезпечення

Система теплопостачання житлового будинку призначена для компенсації теплових втрат через огорожувальні конструкції та забезпечення нормативних параметрів мікроклімату (температури повітря $t_{int} = +20\text{ °C}$ та відносної вологості 50–60 %) у житлових приміщеннях протягом опалювального періоду.

За типом приєднання до зовнішніх теплових мереж будівля має централізоване теплопостачання. Джерелом теплової енергії є місцева теплоелектроцентрально (Херсонська ТЕЦ). Теплоносій від зовнішніх мереж подається до будівлі через локальний тепловий пункт (елеваторний вузол), розташований у підвальному приміщенні.

Основні технічні параметри системи опалення об'єкта:

– Схема приєднання та регулювання: Приєднання системи опалення до зовнішніх тепломереж виконано за *залежною схемою* за допомогою водоструминного елеватора. Елеваторний вузол здійснює підмішування охолодженого зворотного теплоносія з внутрішньої системи до гарячого мережного теплоносія для зниження температури подачі до розрахункових значень. Автоматизоване погодне регулювання на вузлі введення відсутнє, контроль здійснюється лише за рахунок якісного регулювання на джерелі тепла (ТЕЦ/котельні) відповідно до усередненого температурного графіка.

– Внутрішньобудинкова розводка: Система опалення – водяна, двотрубна, з вертикальними стояками та нижньою розводкою магістральних трубопроводів, які прокладені в неопалювальному підвалі будівлі. Рух теплоносія є примусовим, за рахунок наявного тиску на вводі тепломережі (гідравлічного напору).

– Параметри теплоносія: Розрахунковий температурний графік зовнішньої теплової мережі становить 150/70 °C або 130/70 °C, а внутрішньобудинкової системи опалення після елеваторного вузла – 95/70 °C при розрахунковій зовнішній температурі для м. Херсон ($t_{\text{ext}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

– Опалювальні прилади: Як місцеві опалювальні прилади в житлових кімнатах та кухнях використано секційні чавунні радіатори марки М-140АО, що мають високу теплову інерційність (рис. 1.2). Радіатори обладнані ручною запірною-регулюючою арматурою (стандартні крани подвійного регулювання або кульові крани), яка не забезпечує точного автоматичного підтримання температури в приміщеннях, що призводить до локальних перегрівів («перетопів») у перехідні періоди весни та осені.

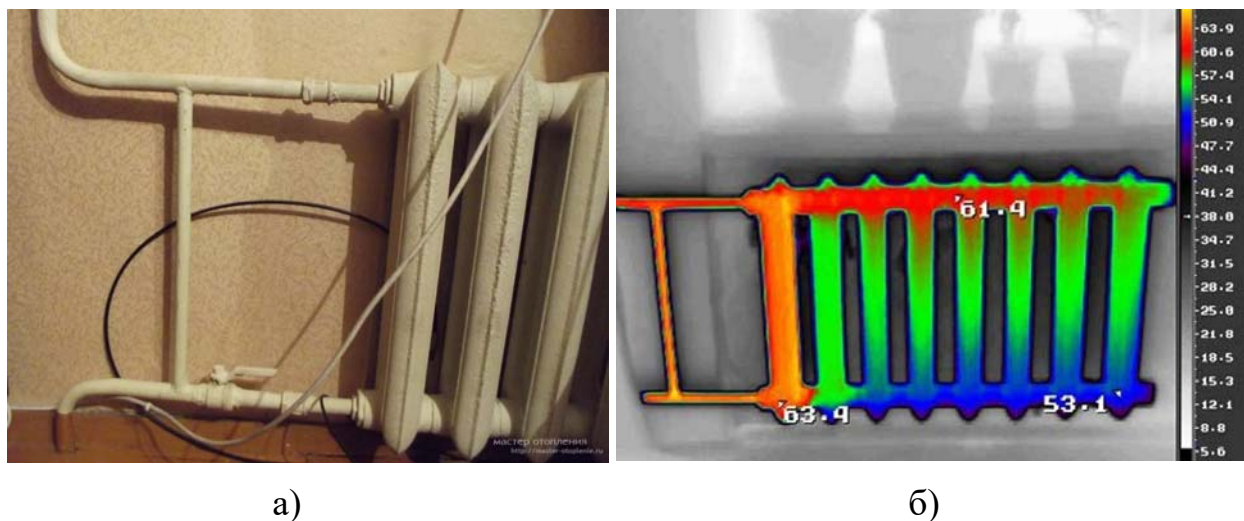


Рис. 1.2. Типи опалювальних приладів.

а) чавунні радіатори;

б) температурний розподіл в зимовий період;

– Стан трубопроводів та ізоляції: Магістральні трубопроводи у підвалі та вертикальні стояки, що проходять крізь житлові приміщення, виконані зі сталевих водогазопровідних труб. Теплоізоляція магістралей у підвалі виконана з мінеральної вати з текстильним покриттям, проте її фізичний стан характеризується значним зносом (локальні руйнування ізоляції сягають 20–30 %), що викликає додаткові неефективні втрати тепла в неопалювальний підвал.

– Гаряче водопостачання (ГВС): Здійснюється за закритою або відкритою схемою від централізованої мережі (або децентралізовано за рахунок індивідуальних електричних бойлерів у квартирах, що є типовим для житлового фонду міста).

Існуючий стан системи теплопостачання та вузла введення об'єкта характеризується низькою гідравлічною та тепловою стійкістю, відсутністю можливості покімнатного чи загальнобудинкового автоматичного регулювання теплового потоку залежно від температури зовнішнього повітря та сонячної інсоляції. Це визначає значний потенціал енергозбереження та доцільність розробки заходів із модернізації системи опалення.

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

Сучасний стан житлового фонду України характеризується надзвичайно високим рівнем питомого енергоспоживання, що у 2–3 рази перевищує аналогічні показники країн Європейського Союзу з подібними кліматичними умовами. Більша частина багатоквартирних будинків в Україні була зведена у період з 1960 по 1990 роки за типовими проєктами масового індустріального домобудування. На момент їх проєктування та будівництва діяли застарілі радянські будівельні норми, які орієнтувалися на низьку вартість і доступність викопних паливно-енергетичних ресурсів. Як наслідок, огорожувальні

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

конструкції таких об'єктів мають низький опір теплопередачі, а інженерні системи позбавлені засобів автоматичного регулювання та обліку.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, структура втрат теплової енергії у типовому немодернізованому багатоквартирному будинку виглядає наступним чином:

- через незадовільну теплоізоляцію зовнішніх стін втрачається від 35% до 45% тепла;
- через світлопрозорі конструкції (вікна) та входні двері – 15–25%;
- через суміщені плоскі дахи та горищні перекриття – 10–15%;
- через перекриття над неопалюваними підвалами – 5–10%;
- внаслідок неефективної вентиляції та інфільтрації повітря – 15–20%.

Додатковим дестабілізуючим фактором є значний фізичний та моральний знос внутрішньобудинкових інженерних мереж. Залежні схеми приєднання до централізованих теплових мереж за допомогою водоструминних елеваторів без автоматичних регуляторів спричиняють значні перевитрати енергії. У перехідні періоди опалювального сезону (осінь, весна) виникає явище «перетопів», коли температура у приміщеннях перевищує санітарні норми, а споживачі змушені регулювати мікроклімат шляхом відкривання кватирок, тобто викидати теплову енергію в навколишнє середовище.

В останні роки вектор державної політики України чітко спрямований на інтеграцію європейських стандартів у сфері енергетичної ефективності. Важливим кроком стало прийняття та впровадження законів України «Про енергетичну ефективність будівель», «Про енергетичну ефективність» та «Про житлово-комунальні послуги». Відповідно до цих законодавчих актів, запроваджено обов'язкову сертифікацію енергетичної ефективності для певних категорій об'єктів, а також визначено мінімальні вимоги до теплотехнічних показників будівельних конструкцій при їх новому будівництві або реконструкції.

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

Вагомий внесок у дослідження та практичну реалізацію процесів енергозбереження в житловому секторі вносять провідні вітчизняні наукові школи та установи, серед яких Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), Інститут технічної теплофізики НАН України, а також профільні кафедри вищих навчальних закладів. Сучасні дослідження українських вчених та інженерів концентруються на кількох ключових напрямках:

1. Комплексна термомодернізація оболонки будівель. Дослідження доводять, що клаптикове (поквартирне) утеплення стін, яке часто практикують мешканці, є неефективним і шкідливим, оскільки призводить до зміщення «точки роси» всередину конструкції, руйнування фасадів на межі ізольованих ділянок та утворення цвілі. Науково обґрунтованим визнано лише суцільне термоізолювання всього периметра будівлі.

2. Впровадження активних систем енергозбереження. Останні роботи аналізують ефективність переведення систем опалення на залежні/незалежні схеми з обов'язковим встановленням індивідуальних теплових пунктів (ІТП) із погодним регулюванням. Це дозволяє автоматично коригувати витрату теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря та знижувати загальне споживання тепла будівлею на 20–30%.

3. Енергетичний менеджмент та моніторинг. Дослідження підтверджують, що створення систем щоденного обліку та аналізу споживання енергоносіїв (включаючи використання сучасних програмних комплексів та IoT-пристроїв) дозволяє виявити приховані втрати та оптимізувати режими роботи систем без значних капіталовкладень.

В Україні також сформовано дієві фінансово-економічні інструменти для стимулювання енергозбереження. Провідну роль відіграє державна установа «Фонд енергоефективності», яка реалізує програму «Енергодім». Ця програма передбачає грантове співфінансування (компенсацію витрат) для об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) на проведення енергоаудиту,

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

встановлення ІТП, теплоізоляцію стін, дахів та підвалів. Реалізовані в Україні проекти в межах діяльності Фонду демонструють практичну можливість зменшення рахунків за опалення для населення на 40–60%, одночасно підвищуючи ринкову вартість житла та покращуючи рівень комфорту.

Особливого значення питання енергозбереження та підвищення енергетичної стійкості житлових будівель набули в умовах воєнного стану та в контексті майбутнього повоєнного відновлення (Green Recovery). Руйнування об'єктів генерації та магістральних мереж вимагають децентралізації інженерних систем, впровадження відновлюваних джерел енергії (таких як сонячні колектори, теплові помпи) та створення максимального рівня автономності цивільних будівель.

Вимоги до огорожувальних конструкцій

Вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель регламентує ДБН В.2.6-31:2016.

Найбільше тепла втрачається зовнішніми огороженнями будівель.

Більшість будівель мають низьку якість теплової ізоляції. Всі огорожувальні конструкції мають термічний опір, значно нижчий, ніж передбачає ДБН В.2.6-31:2016 (рис. 1.3).

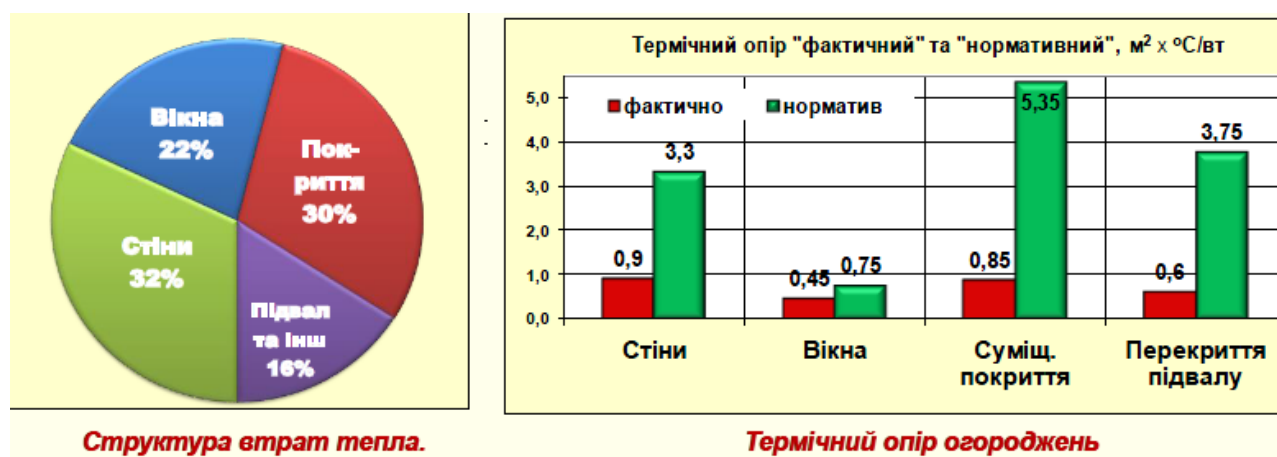


Рис. 1.3. Втрати тепла за для типів огорожувальних конструкцій будівель та споруд.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та/або охолоджуються, обов'язкове виконання умов:

1. Приведений опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції повинен бути не менше мінімально допустимого значення R_{qmin} .

2. Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, в залежності від виду огорожувальної конструкції та призначення будівлі, має бути не більше ніж $\Delta T_{пр} = 2-4$ °С.

3. Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, в залежності від виду теплопровідних включень, місця їх розташування та призначення будівлі, не повинно бути менше значення температури точки роси для непрозорих елементів огорожувальних конструкцій та 6°С для світлопрозорих зон, коробок, імпортів та штапиків віконних та дверних блоків.

4. Теплостійкість зовнішніх огорожувальних конструкцій в літній період року. Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій не повинна перевищувати значення 2,5°С.

5. Теплостійкість огорожувальних конструкцій в зимовий період року. Амплітуда коливань температури внутрішнього повітря не повинна перевищувати значення 1,5°С.

6. Показник теплосвоєння поверхні підлоги не повинен перевищувати 12 Вт/(м²·К).

7. Зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будівлях без підвалу необхідно утеплювати теплоізоляційними матеріалами на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, в будівлях з підвалом – на глибину 1 м нижче поверхні ґрунту. Товщина теплоізоляційного матеріалу визначається відповідно діючих норм, але не менше ніж 50 мм.

При кожному зовнішньому вході слід передбачати тамбури для теплового та вітрового захисту. Тамбури допускається не влаштовувати на виходах із

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

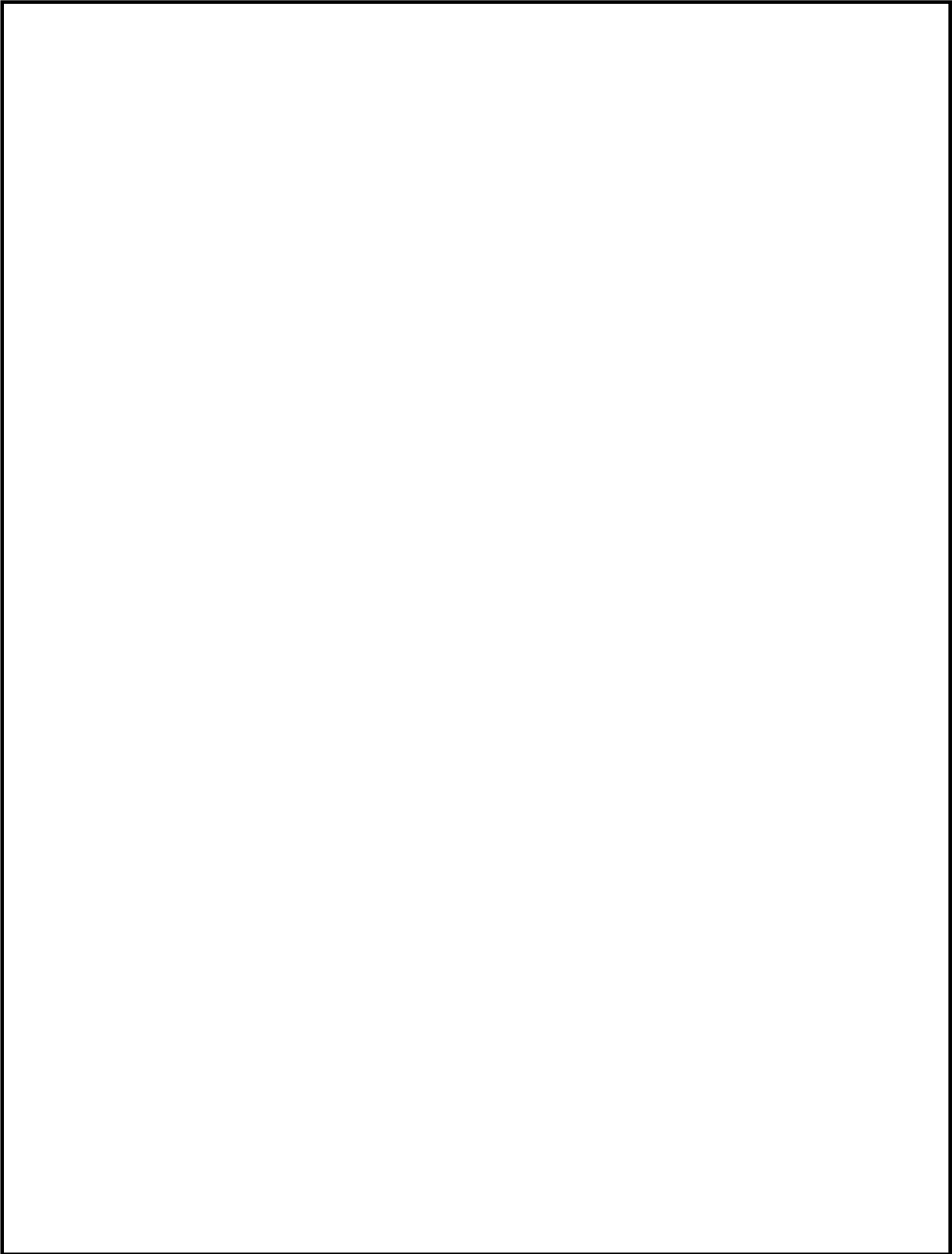
будинків та приміщень, якщо ці виходи є лише евакуаційними, а також при входах до неопалюваних приміщень. За відповідного обґрунтування допускається також не передбачати тамбур при зовнішньому вході до приміщення громадського призначення площею до 100 м² включно. У цьому випадку на вході необхідно передбачати повітряно-теплову завісу та обладнувати зовнішні двері пристроями самозачинення.

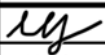
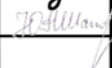
Таким чином, проведення детального аналізу енергоефективності конкретного 4-поверхового житлового будинку площею 5400 м² у м. Херсон та розробка технічних рішень з його модернізації повністю відповідають сучасним трендам розвитку енергетичного сектору України та базуються на передовому досвіді вітчизняних і світових досліджень.

1.3. Висновки за розділом 1.

У першому розділі наведено архітектурно-конструктивні характеристики типового 4-поверхового житлового будинку площею 5400 м² у м. Херсон та детально описано його застарілу елеваторну систему централізованого теплопостачання. На основі аналізу вітчизняного досвіду обґрунтовано, що будівля має суттєвий потенціал енергозбереження, реалізація якого потребує комплексної термомодернізації оболонки та автоматизації внутрішніх інженерних мереж.

					<i>КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.01</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24



					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2	Літ.	Арк.	Аркушів	
Студент		Щигорева А.В.							
Керівник		Шаповалов Ю.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. Херсон 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.144.4248.08.05.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.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

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

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: $R_{\text{в.мін}} = 0,75 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$, 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. Херсон $t_z = -18^\circ\text{C}$ та підтримці нормативної внутрішньої температури в квартирах $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$. Статичний температурний градієнт становить: $\Delta t = t_{\text{вн}} - t_z = 20 - (-18) = 38^\circ\text{C}$.

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, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

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

					КРБ.144.4248.08.05.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 ($A_{\text{ст}} = 2000 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{ст}} = \frac{2000 \cdot (20 - (-18))}{1,735} \cdot (1 + 0,1) = 48,19 \text{ кВт}$$

Втрати через суміщений плоский дах ($A_{\text{д}} = 1350 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{д}} = \frac{1350 \cdot (20 - (-18))}{2,335} \cdot (1 + 0,1) = 24,16 \text{ кВт}$$

Втрати через перекриття над підвалом ($A_{\text{підл}} = 1350 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{підл}} = \frac{1350 \cdot (20 - (-18))}{1,417} \cdot (1 + 0,1) = 39,82 \text{ кВт}$$

Втрати через світлопрозорі конструкції / вікна ($A_{\text{в}} = 540 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{в}} = \frac{504 \cdot (20 - (-18))}{0,75} \cdot (1 + 0,1) = 28,09 \text{ кВт}$$

Втрати через зовнішні входні двері ($A_{\text{дв}} = 16 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{дв}} = \frac{16 \cdot (20 - (-18))}{0,6} \cdot (1 + 0,1) = 11,14 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{тр.}\Sigma} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{підл}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{дв}} = 141,37 \text{ кВт}$$

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

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

через нещільності у вікнах і дверях, а також через організовану роботу системи 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 5400 м^2 та середній чистій висоті приміщень від підлоги до стелі $2,7 \text{ м}$, опалювальний об'єм повітря становить:

$$V_{\text{оп}} = 5400 \cdot 2,7 = 14580 \text{ м}^3$$

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

$$L = V_{\text{оп}} \cdot n = 14580 \cdot 0,5 = 7290 \text{ м}^3/\text{год}$$

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

$$Q_{\text{інф}} = L \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 7290 \cdot 1,2 \cdot 0,28(20 - (-18)) = 93,1 \text{ кВт}$$

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

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

теплове навантаження на систему опалення будівлі Q_{Σ} (кВт) при екстремальних зимових умовах:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{тр.}\Sigma} + Q_{\text{інф}} = 141,37 + 93,1 = 234,5 \text{ кВт}$$

Аналіз структури максимальних теплових втрат показує, що трансмісійні втрати через огородження становлять 60,3% 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 39,7%. 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. Херсон (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

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

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

$$Q_{\text{тр.рік}} = Q_{\text{тр.заг}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нт}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{з.розр}}} \cdot 24 \cdot z_{\text{нт}} = 141,37 \cdot \frac{20 - 1,3}{20 - (-18)} \cdot 24 \cdot 161 = 268823 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

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

$$Q_{\text{інф.рік}} = Q_{\text{інф}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нт}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{з.розр}}} \cdot 24 \cdot z_{\text{нт}} = 93,1 \cdot \frac{20 - 1,3}{20 - (-18)} \cdot 24 \cdot 161 = 176987 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Сумарні річні теплові втрати будівлі через оболонку та вентиляцію становлять:

$$Q_{\Sigma \text{рік}} = Q_{\text{тр.рік}} + Q_{\text{інф.рік}} = 268823 + 176987 = 445810 \text{ кВт}$$

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 ($Q_{\text{поб.рік}}$)

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

За нормами для житлових будинків питомі побутові тепловиділення становлять $q_{\text{int}} = 10 \text{ Вт/м}^2$ корисного об'єму (площі). Для загальної площі 5400 м^2 :

$$Q_{\text{поб.рік}} = \frac{q_{\text{int}} \cdot A_{\text{заг}} \cdot 24 \cdot z_{\text{ht}}}{1000} = \frac{10 \cdot 5400 \cdot 24 \cdot 161}{1000} = 208656 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

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

Для умов м. Херсон 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 504 м^2 (де $\tau = 0,65$ – коефіцієнт відносного пропускання сонячної радіації склопакетом):

$$Q_{\text{сол.рік}} = q_{\text{сол}} \cdot A_{\text{в}} \cdot \tau = 120 \cdot 504 \cdot 0,65 = 39312 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

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.

$$Q_{\text{оп.рік}} = \left[445810 - 0,9 \cdot (208656 + 39312) \right] \cdot 1,15 = 256034 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

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

$$q_{\text{рік}} = \frac{256034}{5400} = 47,41 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$$

Отримані результати свідчать про значні абсолютні витрати палива теплогенеруючим джерелом на забезпечення теплового режиму споруди.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

Велика частка втрат через ізоляцію нерегульованої елеваторної системи та недосконалу оболонку формує потенціал для модернізації, яка буде кількісно оцінена в наступній частині роботи.

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. Херсон 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	234,45	30
2	-2,5	138,82	900
3	+1,3	115,37	1932
4	+5,0	92,55	2900
5	+8,0	74,04	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 74 до 115 кВт).

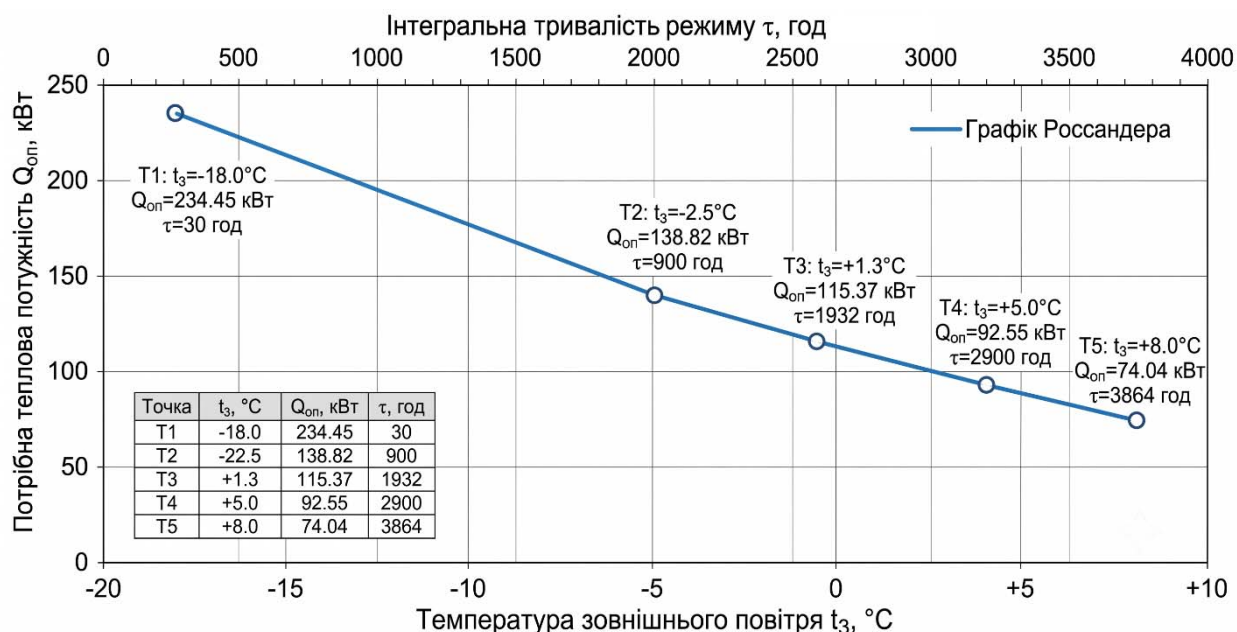


Рис. 2.1. Графік тривалості теплового навантаження будівлі (базовий стан)

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.

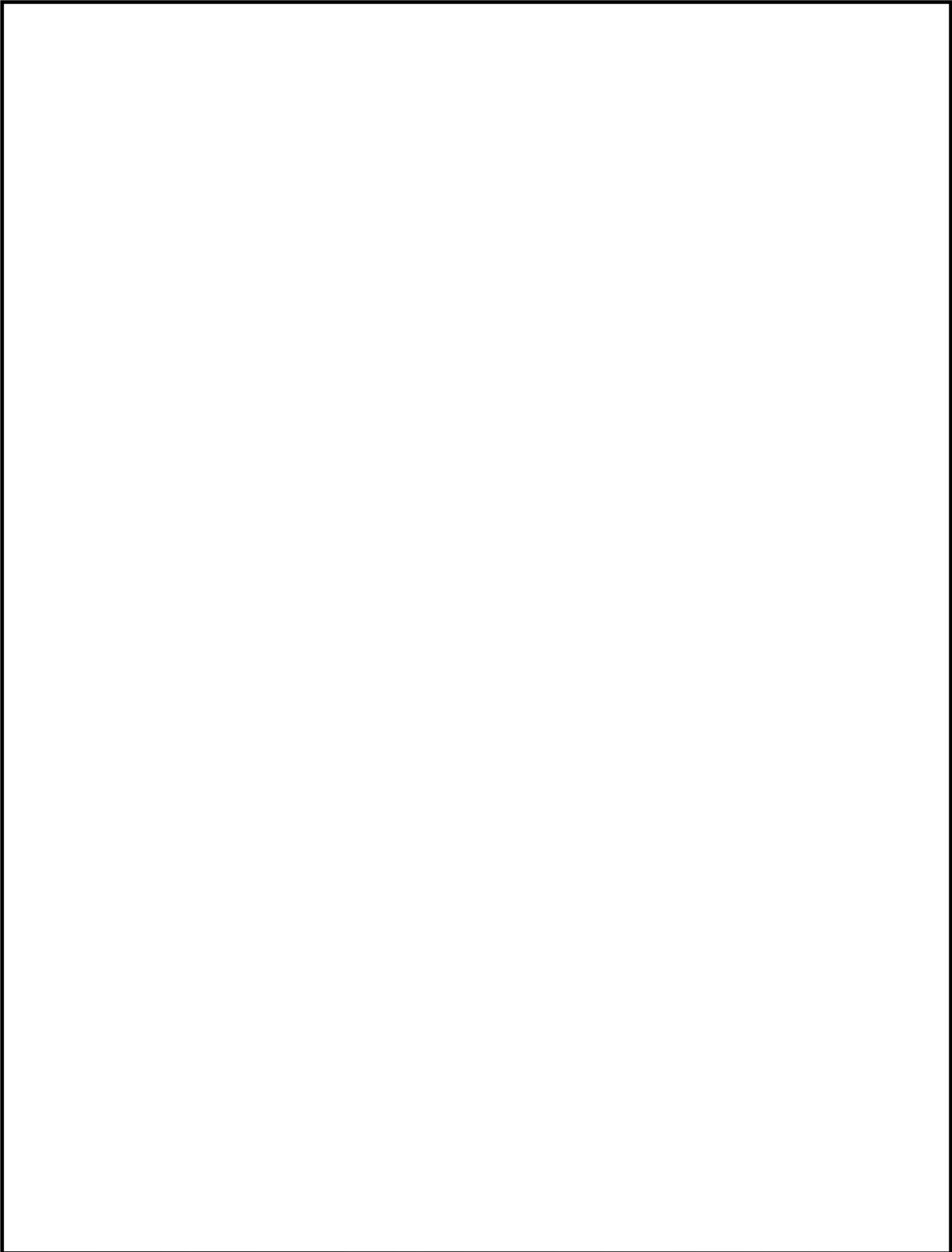
2.5. Висновки за розділом 2.

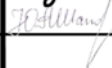
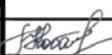
Розрахунок фактичного приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі виявив їхню невідповідність сучасним теплотехнічним нормам України для II кліматичної зони. Дефіцит теплозахисту становить 47,4% для зовнішніх стін (1,735 (м²·°C)/Вт), 52,3% для суміщеного даху (2,335 (м²·°C)/Вт) та 57,1% для підлоги першого поверху

(1,417 (м²·°C)/Вт), тоді як заміна вікон на металопластикові склопакети повністю задовольняє діючі вимоги.

Встановлено, що максимальне розрахункове теплове навантаження на систему опалення будинку за екстремальних зимових умов (при $t_z = -18\text{ °C}$) становить 234,45 кВт, де 60,3% припадає на трансмісійні втрати через оболонку, а 39,7% – на підігрів інфільтраційного повітря. Інтегральне річне споживання теплової енергії на опалення за сезон тривалістю 161 доба складає 2560334 кВт·год/рік, що вказує на значну енергоємність об'єкта та підтверджує високий потенціал для впровадження енергозберігаючих заходів.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36



					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.03				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3	Літ.	Арк.	Аркушів	
Студент		Щигорева А.В.							
Керівник		Шаповалов Ю.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 4-поверхову будівлю площею 5400 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	60663,0	51752,2	65223,0
Лютий, кВт·год	83596,0	70011,2	70011,0
Березень, кВт·год	56542,0	54262,1	58364,0
Квітень, кВт·год	52436,0	51752,2	43088,0
Травень, кВт·год	36172,2	30673,6	22948,0
Червень, кВт·год	24544,2	23632,2	21808,0
Липень, кВт·год	19091,2	22036,2	22948,0
Серпень, кВт·год	23632,2	22720,2	17495,0
Вересень, кВт·год	22264,2	24316,2	21808,0
Жовтень, кВт·год	28876,2	32296,2	32752,0
Листопад, кВт·год	54032,0	60891,2	57237,5
Грудень, кВт·год	62943,0	73203,2	66099,0
Всього за рік, кВт·год	524792,0	517546,5	499781,5
Тариф, грн/ кВт·год	1,68	1,68	1,68
Нараховано (з НДС), грн	881650,6	869478,1	839632,9

Аналіз результатів та виявлені закономірності

Спостерігається поступова тенденція до зниження загального річного споживання електроенергії об'єктом: з 524792,0 кВт·год у 2023 році до 499781,5 кВт·год у 2025 році (спад склав близько 4,7%). Це може бути пов'язано з природним процесом заміни мешканцями застарілої побутової техніки на більш енергоефективну (класів А+, А++), а також із частковим впровадженням енергозберігаючих ламп у побуті.

Стабільно в усі роки фіксується значний стрибок споживання у зимові місяці. Наприклад, у 2024 році споживання лютого (70011,2 кВт·год) та грудня (73203,2 кВт·год) майже втричі перевищує рівень літніх місяців (червень—серпень), де споживання тримається в межах 21000 – 23000 кВт·год. Такий характер навантаження підтверджує інженерні висновки: через високі трансмісійні втрати тепла немодернізованої оболонки мешканці масово використовують електричні прилади обігріву для компенсації дефіциту теплової енергії від централізованої системи опалення.

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.

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.144.4248.08.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

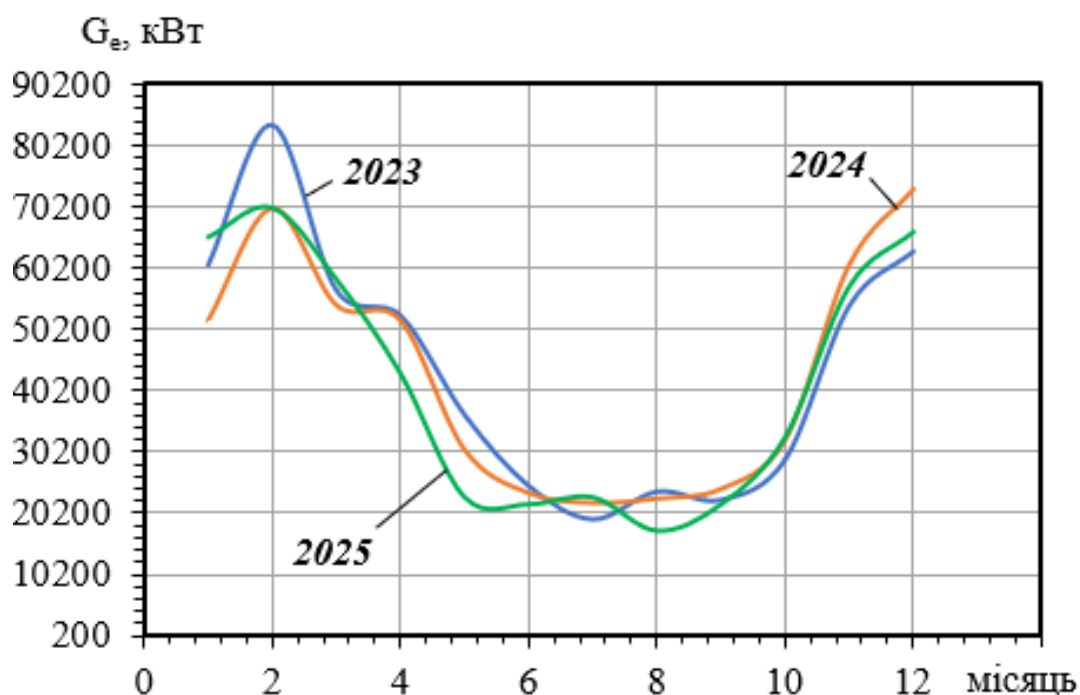


Рис. 3.1. Фактичне споживання електроенергії (кВт).

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.

У таблиці 3.3 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

Середнє фактичне споживання газу за три досліджувані сезони становить 99,22 тис. м³/рік. Це значення є вищим за розраховану чисту теоретичну потребу будівлі (220,15 Гкал/рік), що підтверджує наявність значних експлуатаційних втрат через нерегульованість системи та ефект «перетопів» у перехідні місяці, а також вказує на суттєвий резерв для термомодернізації.

Максимальне споживання газу стабільно припадає на грудень та січень, що відповідає періоду найнижчих температур зовнішнього повітря у м. Херсон. Разом з цим, аномально високе споживання у березні сезону 2023/2024 року (31,2549 тис. м³) у порівнянні з іншими роками демонструє вплив затяжної та холодної весни на режим роботи теплогенеруючого обладнання.

Таблиця 3.2. Фактичне споживання газу (тис. м³)

Місяць опалювального сезону	Опалювальний сезон 2022/2023 (G_g , тис. м³ / P_g , грн)	Опалювальний сезон 2023/2024 (G_g , тис. м³ / P_g , грн)	Опалювальний сезон 2024/2025 (G_g , тис. м³ / P_g , грн)
Жовтень	2,8247 / 19430,9	2,4863 / 17141,3	2,6935 / 18631,7
Листопад	12,8954 / 88706,8	13,8346 / 96260,7	16,3017 / 113426,0
Грудень	23,7991 / 169314,9	21,1913 / 147277,2	26,0380 / 186581,2
Січень	22,5407 / 155056,5	17,6358 / 122709,9	17,8844 / 126818,6
Лютий	24,5213 / 168682,5	18,8266 / 130994,3	13,5116 / 95795,7
Березень	18,3099 / 141437,4	31,2549 / 175454,1	11,1040 / 78726,4
Всього за сезон (тис. м³)	104,8911	105,2295	87,5332
Всього за сезон (грн)	742 629,0	689 837,5	619 979,6

Незважаючи на оптимізацію обсягів споживання, фінансові витрати житлового будинку на оплату газопостачання залишаються значними і становлять у середньому близько 684 тис. грн за один опалювальний сезон. Це обумовлює необхідність переходу до практичної реалізації енергоефективних заходів для зниження фінансового навантаження на споживачів.

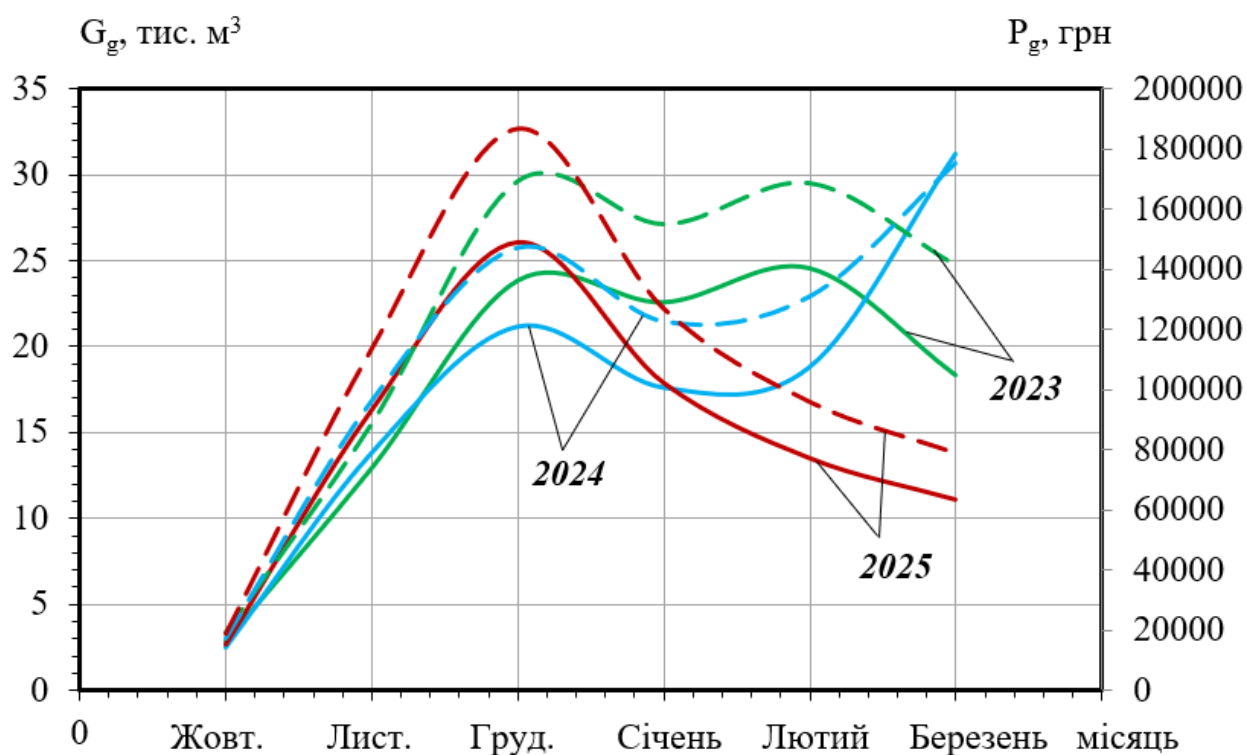


Рис. 3.2. Фактичне споживання газу (тис. м³).

3.2. Розробка заходів з енергозбереження.

На основі результатів комплексного теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будівлі та аналізу фактичного споживання енергоносіїв сформовано пакет першочергових енергоефективних заходів. Основним критерієм вибору рішень є забезпечення максимального енергозберігаючого ефекту за умови технічної реалізованості в межах існуючої інженерної та конструктивної бази 4-поверхового житлового будинку.

Для досягнення нормативних показників енергоефективності будівлі в умовах II кліматичної зони України визначено три базові взаємопов'язані заходи:

Захід №1. Комплексна термомодернізація (утеплення) зовнішніх фасадних стін.

Захід №2. Термомодернізація (утеплення) суміщеного плоского даху.

Захід №3. Реконструкція вузла введення теплової мережі із встановленням автоматизованого індивідуального теплового пункту (ІТП) з погодним регулюванням.

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для зовнішніх стін

Для ліквідації виявленого дефіциту приведенного опору теплопередачі зовнішніх стін ($\Delta R = 1,565 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$) доцільно застосувати технологію скріпленої теплоізоляції фасадів («мокрий фасад»). Як теплоізоляційний матеріал обрано негорючі жорсткі гідрофобізовані плити на основі мінеральної (базальтової) вати, що мають розрахунковий коефіцієнт теплопровідності в умовах експлуатації $\lambda_{\text{ут}} = 0,040 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Необхідна товщина додаткового шару утепленого фасаду ($\delta_{\text{ут}}$, м) обчислюється виходячи із забезпечення мінімально допустимого нормативного опору для II кліматичної зони ($R_{\text{ст.мін}} = 3,30 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$):

$$\delta_{\text{ут}} = (R_{\text{ст.мін}} - R_{\Sigma}) \cdot \lambda_{\text{ут}}$$

Підставляючи розраховані значення, отримуємо:

$$\delta_{\text{ут}} = (3,30 - 1,735) \cdot 0,04 = 0,063 \text{ м}$$

З урахуванням коефіцієнта теплотехнічної неоднорідності фасадних конструкцій (наявність укосів, міжпанельних стиків, анкерних кріплень), який знижує ефективність теплозахисту в середньому на 15–20%, розрахункова товщина збільшується. Відповідно до стандартного ряду товщин теплоізоляційних виробів, до впровадження приймаються мінераловатні плити завтовшки $\delta_{\text{ут}} = 0,10 \text{ м (100 мм)}$.

Після термомодернізації новий приведений опір теплопередачі стін становитиме:

$$R_{\text{ст.нов}} = 1,735 + \frac{0,10}{0,040} = 4,235 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Перевірка: $4,235 > 3,30$ – умова ДБН В.2.6-31:2021 повністю виконується із запасом на теплопровідні вклучення.

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для суміщеного даху

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

Фактичний тепловий опір суміщеного даху становить $2,335 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, що значно менше нормативного значення ($R_{\text{д.мін}} = 4,90 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$). Для модернізації покрівлі пропонується укладання додаткового шару високощільного екструдованого пінополістиролу (XPS) або жорстких базальтових плит поверх існуючого гідроізоляційного килима з подальшим улаштуванням нового захисного рулонного мембранного покриття. Для розрахунку обрано плити XPS з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{ут}} = 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Необхідна товщина утеплювача покрівлі ($\delta_{\text{ут}}$, м):

$$\delta_{\text{ут}} = (R_{\text{д.мін}} - R_{\Sigma}) \cdot \lambda_{\text{ут}} = (4,90 - 2,335) \cdot 0,035 = 0,0898 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару покрівлі завтовшки $\delta_{\text{ут}} = 0,10 \text{ м}$ (100 мм).

Новий опір теплопередачі суміщеного даху після модернізації:

$$R_{\text{д.нов}} = 2,335 + \frac{0,10}{0,035} = 5,192 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Перевірка: $5,192 > 4,90$ – умова ДБН В.2.6-31:2021 повністю виконується.

Модернізація системи теплопостачання: Встановлення автоматизованого ІТП

Для реалізації активного енергозбереження пропонується ліквідувати неефективний водоструминний елеватор і змонтувати в підвальному приміщенні індивідуальний тепловий пункт (ІТП) модульного типу, який підключається за незалежною схемою через пластинчасті теплообмінники.

Комплекс інженерних рішень у межах **Заходу №3** включає:

1. Встановлення автоматичного мікропроцесорного контролера, який зчитує показання датчика температури зовнішнього повітря і за допомогою регулювального клапана з електроприводом динамічно змінює витрату мережного теплоносія на введенні в будинок. Це повністю усуває ефект «перетопів» та знижує споживання газу/тепла у помірні зимові дні.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

2. Встановлення автоматичних (динамічних) балансувальних клапанів на кожному вертикальному стояку системи опалення чотирьох під'їздів. Це дозволяє вирівняти гідравлічний тиск у системі, забезпечуючи рівномірний розподіл тепла між першими та останніми поверхами будівлі.

3. Впровадження сучасних малошумних насосів внутрішнього контуру опалення з частотним регулюванням швидкості. Це дає додаткову економію електричної енергії (до 40–50% по силовому обладнанню підрозділу 3.1) завдяки оптимізації швидкості руху теплоносія відповідно до поточних потреб будівлі.

Впровадження цього комплексу пасивних і активних заходів дозволить перевести житловий будинок у вищий клас енергоефективності, суттєво зменшивши кінцеве споживання паливно-енергетичних ресурсів та знизивши комунальні витрати мешканців.

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

Для оцінки інженерної ефективності запропонованого комплексу термомодернізаційних заходів виконано перерахунок теплового балансу будівлі з урахуванням нових теплотехнічних характеристик її огорожувальних конструкцій та автоматизації вузла введення теплової мережі.

Розрахунки доводять високу енергетичну доцільність розроблених рішень. Зниження річних обсягів спалювання газу на 57,95 тис. м³ забезпечує перехід будівлі на новий рівень енергетичної стійкості, суттєво зменшує викиди вуглекислого газу в атмосферу та створює надійне підґрунтя для фінансово-економічного аналізу інвестицій, який буде проведено у наступному розділі.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

Таблиця 3.3. Зведена таблиця показників енергоефективності до та після впровадження заходів.

Показник енергоефективності	Базовий стан	Після модернізації	Величина економії	Ефективність, %
Розрахункова годинна потужність опалення, кВт	234,45	178,75	55,70	23,8%
Річне споживання теплової енергії, Гкал/рік	220,15	91,50	128,65	58,4%
Питоме річне споживання тепла, кВт·год/(м²·рік)	47,41	19,71	27,70	58,4%
Фактичні річні витрати газу, тис. м³/рік	99,22	41,27	57,95	58,4%

3.4. Висновки за розділом 3.

1. На основі теплотехнічного аналізу обґрунтовано та розраховано пасивні заходи термомодернізації будівлі: для досягнення нормативних вимог II кліматичної зони України прийнято зовнішнє утеплення фасадних стін мінераловатними плитами завтовшки 100 мм (що підвищує опір до $4,235 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), а також додаткове утеплення суміщеного даху плитами XPS завтовшки 100 мм (новий опір – $5,192 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

2. Як активний захід енергозбереження запропоновано повну реконструкцію теплового вузла із заміною елеватора на автоматизований індивідуальний тепловий пункт (ІТП) із незалежним підключенням, погодним регулюванням, балансуванням стояків та встановленням циркуляційних насосів із частотним керуванням, що дозволяє оптимізувати вентиляційне навантаження та усунути нераціональні втрати («перетопи»).

3. Порівняльний аналіз енергетичного балансу до та після модернізації показав, що максимальне годинне навантаження на опалення зменшилося на 23,8% (до 178,75 кВт). Інтегральне річне споживання теплової енергії та реальні обсяги спалювання природного газу котельнею скоротилися на 58,4% (чисте заощадження палива становить 57,95 тис. м³/рік), що доводить високу інженерну та екологічну ефективність розробленого комплексу рішень.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4		
Студент		Щигорева А.В.					
Керівник		Шаповалов Ю.О.					
Консульт.							
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК 48		

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

Економічний ефект від реалізації запропонованого комплексу енергозберігаючих заходів полягає у прямому зниженні фінансових витрат на оплату спожитих енергоносіїв (природного газу на потреби опалення та електричної енергії). Для проведення розрахунків використовуються натуральні показники заощадження ресурсів та діючі тарифи на енергоресурси.

Було встановлено, що після комплексної термомодернізації оболонки (утеплення стін і даху) та автоматизації системи опалення (встановлення ІТП), фактичне річне споживання природного газу котельнею для забезпечення потреб будинку зменшується з 99,22 тис. м³ до 41,27 тис. м³.

Абсолютне річне заощадження палива становить:

$$V_{\text{газ}} = 57950 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Для розрахунку фінансового ефекту приймаємо усереднену комерційну (або нормативну для колективних споживачів) вартість природного газу, яка використовувалася у базовому періоді аналізу: $T_{\text{газ}} = 7,12 \text{ грн/м}^3$ (з урахуванням транспортування та ПДВ).

Річна економія коштів на оплату газопостачання ($\Delta C_{\text{газ}}$, грн/рік) становить:

$$C_{\text{газ}} = V_{\text{газ}} \cdot T_{\text{газ}} = 57950 \cdot 7,12 = 412604 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок грошової економії від оптимізації електроспоживання

Впровадження автоматизованого ІТП із балансуванням стояків та встановленням сучасних циркуляційних насосів із частотним регулюванням

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

швидкості (Захід №3) дозволяє знизити витрати електричної енергії на роботу силового інженерного обладнання будівлі в середньому на 40%.

Згідно з даними енергетичного моніторингу, середнє базове споживання електроенергії на загальнобудинкові потреби та супутні системи становить 514040,3 кВт·год/рік. За рахунок ліквідації зимових піків «надлишкового» електроспоживання (електрообігрівачі у квартирах після термомодернізації більше не використовуються) та оптимізації роботи насосів, прогнозоване зниження загального обсягу споживання електроенергії будівлею становить близько 8%.

Абсолютне річне заощадження електричної енергії:

$$\Delta E = 514040 \cdot 0,08 = 41123 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Приймаючи базовий тариф на електричну енергію $T_{\text{ел}} = 1,68$ грн/(кВт·год), річна економія коштів на електропостачання ($C_{\text{ел}}$, грн/рік) дорівнює:

$$C_{\text{ел}} = 41123 \cdot 1,68 = 69087 \text{ грн/рік}$$

Сумарний річний економічний ефект

Загальний річний фінансовий ефект від спільного впровадження пасивних та активних енергозберігаючих заходів ($\Delta C_{\text{заг}}$, грн/рік) визначається як сума зекономлених коштів за обома видами енергоносіїв:

$$\Delta C_{\text{заг}} = C_{\text{газ}} + C_{\text{ел}} = 412604 + 69087 = 481691 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 4.1. Зведені показники річної економії паливно-енергетичних ресурсів та коштів.

Вид енергоносія	Натуральне споживання до модернізації	Натуральне споживання після модернізації	Абсолютна річна економія	Діючий тариф, грн	Річна економія коштів, грн/рік
Природний газ	99,22 тис. м ³	41,27 тис. м ³	57,95 тис. м ³	7,12 тис. м ³	412 604,0
Електроенергія	514040,3 кВт·год	472917,1 кВт·год	41123,2 кВт·год	1,68 за кВт·год	69 087,0
РАЗОМ	—	—	—	—	481 691,0

Таким чином, оптимізація енергобалансу 4-поверхового житлового будинку площею 5400 м² дозволяє сумарно заощаджувати понад 481,69 тис. грн щороку. Отримане значення чистого річного доходу є основою для порівняння з капітальними витратами на термомодернізацію та визначення термінів окупності проєкту.

4.2. Розрахунок капітальних інвестицій на реалізацію енергозберігаючих заходів.

Для визначення фінансової доцільності та термінів окупності запропонованого комплексу енергозберігаючих заходів необхідно розрахувати обсяг капітальних інвестицій (кошторисну вартість матеріалів, обладнання, монтажних та пусконаладжувальних робіт).

Розрахунок базується на середньоринкових цінах на будівельні матеріали та теплотехнічне обладнання в Україні, а також на обсягах робіт, визначених у Розділі 3.

Кошторисні витрати на термомодернізацію зовнішніх стін (Захід №1)

Площа зовнішніх стін під утеплення становить $A_{\text{ст}} = 2000 \text{ м}^2$. Технологія передбачає використання мінераловатної ізоляції товщиною 100 мм, клейових сумішей, армувальної сітки, дюбелів, декоративної штукатурки та виконання висотних монтажних робіт.

Усереднена вартість матеріалів та робіт системи «мокрого фасаду» під ключ становить $C_{\text{м.фас}} = 1100 \text{ грн/м}^2$.

$$K_{\text{ст}} = A_{\text{ст}} \cdot C_{\text{м.фас}} = 2000 \cdot 1100 = 2200000 \text{ грн}$$

Кошторисні витрати на термомодернізацію суміщеного даху (Захід №2)

Площа покрівлі під утеплення становить $A_{\text{д}} = 1350 \text{ м}^2$. Захід включає підготовку поверхні, укладання плит екструдованого пінополістиролу (XPS)

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

товщиною 100 мм, улаштування нової рулонної гідроізоляції мембранного типу та монтажні роботи.

Усереднена комплексна вартість модернізації суміщеного даху становить $C_{м.д} = 950$ грн/м².

$$K_{д} = A_{д} \cdot C_{м.д} = 1350 \cdot 950 = 1282500 \text{ грн}$$

Кошторисні витрати на встановлення автоматизованого ІТП (Захід №3)

Модернізація вузла введення передбачає закупівлю блочного модульного ІТП (теплообмінники, автоматичний контролер, датчики, регулювальний клапан з електроприводом), заміну запірної арматури, встановлення балансувальних клапанів на стояках (4 під'їзди) та циркуляційних насосів із частотним регулюванням, а також проведення пусконаладжувальних робіт.

Вартість обладнання БМ-ІТП з комплектом балансувальних клапанів: 450000 грн.

Вартість монтажних та пусконаладжувальних робіт (приблизно 20% від вартості обладнання): 90000 грн.

$$K_{ІТП} = 450000 + 90000 = 540000 \text{ грн}$$

Сумарний обсяг капітальних інвестицій

Загальні капітальні витрати на реалізацію комплексного енергоефективного проєкту визначаються як сума інвестицій за всіма трьома заходами:

$$K_{заг} = 2200000 + 1282500 + 540000 = 4022500 \text{ грн}$$

Аналіз структури кошторису показує, що понад 86% від усіх капітальних вкладень припадає на пасивну термомодернізацію оболонки будівлі (утеплення фасадів та покрівлі), що зумовлено великою площею конструктивних елементів 4-поверхового будинку.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

Таблиця 4.2. Структура капітальних інвестицій за заходами.

Найменування заходу з енергозбереження	Обсяг робіт / специфікація	Питома вартість, грн	Загальна вартість, грн	Частка у кошторисі, %
Захід №1. Утеплення зовнішніх стін	2000 м ² (мінвата 100 мм)	1100 грн/м ²	2200000	54,7%
Захід №2. Утеплення суміщеного даху	1350 м ² (XPS 100 мм + гідроізоляція)	950 грн/м ²	1282500	31,9%
Захід №3. Встановлення модульного ІТП	Блок автоматики, насоси, клапани	Комплекс під ключ	540000	13,4%
РАЗОМ	—	—	4 022 500	100,0%

Модернізація інженерних мереж (ІТП) є найменш капіталомісткою частиною проєкту (13,4%), проте, вона забезпечує миттєвий ефект якісного та кількісного контролю за споживанням теплоносія.

4.3. Розрахунок термінів окупності та показників економічної ефективності.

Фінальним етапом техніко-економічного аналізу є визначення інвестиційної привабливості та термінів окупності запропонованого енергоефективного проєкту. Розрахунок здійснюється двома методами: шляхом визначення простого терміну окупності (*PBP*) та з урахуванням дисконтування грошових потоків (*DPBP*), що дозволяє врахувати зміну вартості грошей у часі та інфляційні процеси.

Для розрахунку прийнято такі фінансово-економічні параметри:

Загальні капітальні інвестиції (кошторис): $K_{\text{заг}} = 4022500$ грн;

Річний економічний ефект (чистий вхідний грошовий потік): $\Delta C_{\text{заг}} = 481691$ грн/рік;

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

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

Горизонт планування (строк експлуатації елементів модернізації): $T = 15$ років.

Розрахунок простого терміну окупності проєкту

Простий термін окупності (PBP , років) визначає період, за який сумарний чистий дохід від економії ресурсів повністю покриє початкові капітальні вкладення без урахування чинника часу:

$$PBP = \frac{K_{\text{заг}}}{\Delta C_{\text{заг}}} = \frac{4022500}{481691} = 8,35 \text{ років}$$

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

За умови повної комерційної самостійності проєкту, дисконтований термін окупності перевищує 15 років, а показник NPV наприкінці 15-річного циклу залишається від'ємним (-358743 грн). Це обумовлено високою капіталомісткістю пасивних заходів термомодернізації (утеплення фасадів та покрівлі), що є типовим для сучасного житлового сектору України за умови відсутності фінансових дотацій.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

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	—	-4022500
1	481691	0,9091	437905	-3584595
2	481691	0,8264	398069	-3186526
3	481691	0,7513	361894	-2824632
4	481691	0,6830	329001	-2495631
5	481691	0,6209	299082	-2196549
6	481691	0,5645	271915	-1924634
7	481691	0,5132	247186	-1677448
8	481691	0,4665	224709	-1452739
9	481691	0,4241	204285	-1248454
10	481691	0,3855	185711	-1062743
11	481691	0,3505	168828	-893915
12	481691	0,3186	153482	-740433
13	481691	0,2897	139531	-600902
14	481691	0,2633	126846	-474056
15	481691	0,2394	115313	-358743

Оцінка ефективності проєкту за умови державної підтримки (Фонд енергоефективності)

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%:

Скоригований обсяг власних капітальних інвестицій: $K_{\text{заг.грант}} = 4022500 \cdot 0,5 = 2011250$ грн.

Новий простий термін окупності:

$$PBP_{\text{грант}} = \frac{2011250}{481691} = 4,18 \text{ років}$$

Новий дисконтований термін окупності та NPV

Завдяки дворазовому зниженню початкових вкладень, накопичений дисконтований грошовий потік виходить у позитивну зону вже на 5-й рік експлуатації. Інтегральний чистий приведений дохід на 15-й рік становитиме:

$$NPV_{\text{грант}} = 3663757 - 2011250 = 1652507 \text{ грн}$$

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	4022500	2011250
Простий термін окупності (PBP), років	8,35	4,18
Дисконтований термін окупності (DPBP), років	> 15	5,12
Чистий приведений дохід (NPV на 15 рік), грн	-358743	+1652507

Реалізація комплексного енергоефективного проекту для 4-поверхового житлового будинку площею 5400 м² є економічно виправданою та високоефективною виключно за умови використання діючих інструментів співфінансування (державних грантів). Залучення підтримки Фонду енергоефективності дозволяє скоротити простий строк окупності для мешканців до 4,18 років, а дисконтований – до 5,12 років, генеруючи понад 1,65 млн грн чистого приведенного прибутку у довгостроковій перспективі.

4.4. Висновки по розділу 4

Визначено, що сумарний річний економічний ефект від реалізації комплексного енергозберігаючого проекту становить 481691,0 грн/рік.

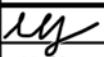
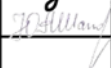
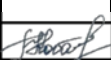
					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

Основну частку фінансової економії забезпечує зниження споживання природного газу котельнею – 412604,0 грн/рік (заощаджено 57,95 тис. м³), тоді як оптимізація загальнобудинкового електроспоживання та модернізація насосного обладнання ІТП дає додатково 69087,0 грн/рік (заощаджено 41,12 тис. кВт·год).

Загальний обсяг капітальних інвестицій для реалізації проєкту становить 4 022 500 грн, де 54,7% припадає на утеплення зовнішніх стін, 31,9% – на модернізацію покрівлі, та 13,4% – на встановлення блочно-модульного ІТП. За умови повного комерційного фінансування проєкт має простий термін окупності 8,35 років, проте дисконтований строк окупності перевищує 15 років через високу капіталомісткість будівельних робіт.

Доведено, що залучення державної підтримки через Фонд енергоефективності (програма «Енергодім», грант у розмірі 50%) знижує капітальні витрати мешканців будинку до 2011250 грн. Це дозволяє скоротити простий термін окупності до 4,18 років, а дисконтований (*DPBP*) – до 5,12 років із генерацією чистого приведенного доходу (*NPV*) у розмірі +1652507 грн за 15-річний життєвий цикл, що підтверджує високу фінансову привабливість проєкту.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.05					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент		Щигорева А.В.			Розділ 5			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Шаповалов Ю.О.								
Консульт.								ХННІ НУК 58		
Зав.каф.		Кобалава Г.О.								

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1. Аналіз умов праці та потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Впровадження комплексу енергозберігаючих заходів (утеплення фасадів, покрівлі та монтаж модульного ІТП) пов'язане з виконанням будівельно-монтажних, верхолазних та теплотехнічних робіт. Відповідно до ДСТУ 12.0.003-74, під час реалізації цих заходів на персонал діє низка небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ):

Фізичні небезпечні фактори

Розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі. Це головний фактор ризику під час утеплення зовнішніх стін 4-поверхового будинку з використанням підвісних кошиків або риштувань.

Падіння матеріалів, інструментів або конструктивних елементів з висоти на працюючих внизу.

Підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини (підключення люльок, робота електроінструментом, зварювальні роботи в ІТП).

Рухомі частини машин і механізмів (вантажопідйомні лебідки, циркуляційні насоси).

Підвищена температура поверхонь обладнання (трубопроводи мережної води на введенні в ІТП з температурою до 95–130 °С).

Хімічні та психофізіологічні шкідливі фактори

Виділення пилу під час підрізання та кріплення мінераловатних плит чи базальтового волокна, що викликає подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

Фізичні перевантаження під час перенесення важких елементів обладнання ІТП (теплообмінників, насосів, запірної арматури великих діаметрів) та статичне напруження при тривалій роботі на висоті.

5.2. Інженерно-технічні заходи з безпечного ведення робіт.

Безпека при виконанні висотно-верхолазних робіт (Утеплення стін та даху)

Роботи з термомодернізації фасадів площею 2000 м² відносяться до робіт із підвищеною небезпекою і вимагають оформлення наряду-допуску.

Організація риштувань та колисок: Будівельні ліси та підвісні люльки повинні пройти випробування на статичне та динамічне навантаження, мати захисні огороження (бортові дошки заввишки не менше 15 см та перила заввишки не менше 1,1 м).

ЗІЗ від падіння з висоти: Робочі обов'язково забезпечуються запобіжними поясами (лямковими ремнями) із фалами, які кріпляться до надійних конструктивних елементів будівлі (анкерів), незалежно від точок кріплення самої люльки. Обов'язковим є носіння захисних касок.

Обмеження за метеоумовами: Забороняється виконання робіт на висоті при швидкості вітру понад 10–12 м/с, під час грози, сильного туману, ожеледиці або проливного дощу.

Роботи на покрівлі: Під час ізоляції суміщеного даху площею 1350 м² по периметру встановлюються тимчасові або постійні захисні огороження. Робочі забезпечуються захисними окулярами та респіраторами для виключення контакту з пилом базальтових плит.

Електробезпека під час монтажу інженерних систем та обладнання ІТП

Оскільки в ІТП встановлюються силові насоси та блоки електронної автоматики, захист персоналу від ураження струмом регламентується ПУЕ та ПБЕЕС.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

Захисне заземлення та занурення: Усі металеві неструмоведучі частини обладнання (корпуси насосів, блоки контролерів, рами теплообмінників, сталеві трубопроводи) підключаються до загального контуру заземлення будівлі з опором розтікання струму не більше 4 Ом.

Урівнювання потенціалів: Виконується основна система урівнювання потенціалів шляхом з'єднання всіх магістральних трубопроводів тепломережі та водопроводу із заземлювальною шиною.

Захисна автоматика: Живлення електроінструменту та щитів автоматики ІТП здійснюється через пристрої захисного відключення (ПЗО/УЗО) зі струмом спрацьовування не більше 30 мА для миттєвого знеструмлення мережі у разі витoku струму на корпус.

Безпека експлуатації теплових пунктів (Робота з теплоносієм під тиском)

Монтаж та запуск пластинчастих теплообмінників та арматури супроводжуються ризиками гідравлічних ударів та термічних опіків.

Теплова ізоляція трубопроводів: Усі гарячі поверхні елементів ІТП (трубопроводи подачі мережної води, запірна арматура, регулювальні клапани), що мають температуру понад +45 °С, покриваються знімними чи стаціонарними теплоізоляційними кожухами. Це мінімізує неефективні втрати в підвал та повністю виключає ризик опіків персоналу.

Захист від підвищення тиску: На кожному контурі системи опалення після теплообмінників передбачається встановлення пружинних запобіжних клапанів для скидання надлишкового тиску теплоносія, а також манометрів та термометрів для візуального контролю параметрів.

5.3. Пожежна безпека та заходи в аварійних ситуаціях.

Проект термомодернізації розроблено з чітким дотриманням вимог Кодексу цивільного захисту України та НАПБ А.01.001-2014.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

Пожежна безпека матеріалів: Для утеплення стін обрано негорючі мінераловатні плити (клас горючості НГ), які не підтримують горіння та не виділяють токсичного диму. При використанні XPS на покрівлі передбачається обов'язкове улаштування захисної цементної стяжки або негорючого гравійного посипання для запобігання поширенню полум'я.

Первинні засоби пожежогасіння: Приміщення індивідуального теплового пункту класифікується як категорія «Д» за вибухопожежною небезпекою, проте воно комплектується не менше ніж двома вуглекислотними вогнегасниками (типу ВВ-3 або ВВ-5) для безпечного гасіння можливих загорянь електропроводки під напругою. На фасадному майданчику під час зварювальних робіт виставляються пости з вогнегасниками та ящиками з піском.

Аварійна вентиляція та освітлення: В ІТП проектується природна витяжна вентиляція та аварійне (евакуаційне) акумуляторне освітлення на випадок раптового знеструмлення будівлі, що дозволить операторам чи аварійній бригаді безпечно перекрити входні засувки тепломережі в разі аварії (пориву трубопроводу).

5.4. Висновки за розділом 5.

У п'ятому розділі проаналізовано потенційні небезпечні й шкідливі виробничі фактори та розроблено комплекс інженерно-технічних заходів з охорони праці, електробезпеки, безпечної експлуатації теплових пунктів під тиском і пожежної безпеки під час виконання робіт із термомодернізації фасадів, покрівлі та монтажу автоматизованого ІТП.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексний аналіз енергоефективності багатоквартирного 4-поверхового житлового будинку загальною площею 5400 м² в умовах міста Херсон та розроблено інженерно й економічно обґрунтовані заходи з енергозбереження. За результатами проведених досліджень та розрахунків сформовано такі підсумкові висновки:

1. Проведений теплотехнічний розрахунок існуючих огорожувальних конструкцій будівлі виявив значний дефіцит приведенного опору теплопередачі. Фактичний опір зовнішніх стін (1,735 (м²·°C)/Вт) та суміщеного даху (2,335 (м²·°C)/Вт) є суттєво нижчим за чинні нормативні вимоги ДБН В.2.6-31:2021 для II кліматичної зони України (3,30 та 4,90 (м²·°C)/Вт). Це зумовлює високі трансмісійні втрати тепла та перевищення розрахункового навантаження на систему опалення до 234,45 кВт.

2. На основі трирічного моніторингу експлуатаційних даних об'єкта-прототипу встановлено, що середнє фактичне споживання природного газу котельнею становить 99,22 тис. м³/рік (фінансові витрати ~ 684 тис. грн/сезон), а загальне електроспоживання будівлі складає 514040,3 кВт·год/рік (~ 863 тис. грн/рік). Значні зимові піки електроспоживання підтверджують використання мешканцями побутових електрообігрівачів через незадовільний тепловий баланс та відсутність автоматичного регулювання подачі тепла.

3. З метою ліквідації дефіциту теплоопору та оптимізації інженерних систем розроблено три взаємопов'язані заходи:

- пасивну термомодернізацію зовнішніх стін шляхом улаштування системи «мокрого фасаду» з мінераловатними плитами завтовшки 100 мм (що підвищує опір до 4,235 м²·°C)/Вт);

- утеплення суміщеного даху плитами екструдованого пінополістиролу (XPS) завтовшки 100 мм (новий опір – 5,192 м²·°C)/Вт);

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

– активну модернізацію системи теплопостачання із встановленням автоматизованого блочно-модульного індивідуального теплового пункту (ІТП) з погодним регулюванням, частотним керуванням насосів та балансуванням стояків.

4. Перерахунок теплового балансу будівлі після термомодернізації показав, що максимальна годинна потужність опалення знизилася на 23,8% (до 178,75 кВт). Річна потреба у тепловій енергії на опалення будинку зменшилася на 58,4% (з 220,15 до 91,50 Гкал/рік), що пропорційно скорочує реальні обсяги спалювання газу котельнею до 41,27 тис. м³/рік (чисте заощадження палива – 57,95 тис. м³/рік). Загальнобудинкове споживання електроенергії знижується на 8% (41123,2 кВт·год/рік) завдяки ліквідації потреби в догріванні квартир та високому ККД насосів ІТП.

5. Сумарний річний фінансовий ефект від заощадження ресурсів становить 481691,0 грн/рік. Загальний обсяг капітальних інвестицій для реалізації проекту «під ключ» оцінено в 4022500 грн. Розрахунки довели, що за умови 100% комерційного фінансування проект має простий термін окупності 8,35 років, але від’ємний *NPV* через чинник дисконтування грошових потоків ($r=10\%$). Натомість, залучення державної підтримки через Фонд енергоефективності (програма «Енергодім», грант 50%) зменшує витрати ОСББ до 2011250 грн, забезпечуючи простий термін окупності 4,18 років, дисконтований (*DPBP*) – 5,12 років та чистий приведений дохід $NPV = +1652507$ грн за 15-річний життєвий цикл.

6. У роботі детально опрацьовано заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час реалізації проекту. Впровадження негорючої мінеральної вати підвищує пожежну безпеку фасадів. Інженерно-технічні рішення з електробезпеки та теплоізоляція гарячих поверхонь трубопроводів ІТП мінімізують ризики електротравматизму та термічних опіків обслуговуючого персоналу.

					КРБ.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

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. ЛРІДУ 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.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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.144.4248.08.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						66
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.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
						67
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.144.4248.08.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		68