МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр
(рівень вищої освіти)

на тему Методичні засади енергозберігаючих технологій реконструкції міської забудови

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1924-мбг-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Міське будівництво та господарство
(назва освітньої програми)
Шаір Хассан
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.арх, Тишкевич О.П.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент проф., д.т.н, Банах В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«01» 09 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Шаір Хассану
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Методичні засади енергозберігаючих технологій реконструкції міської забудови

керівник роботи доц., к.арх, Тишкевич О.П.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «10» 09 2025 року № 1303-с.

1 Строк подання студентом роботи 01.02.2026

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об`єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз вітчизняного та світового досвіду з проблематики теми. Розкрити вимоги Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та гармонізацію українських норм з директивами ЄС. Виконати моделювання температурних полів у вузлах примикання для підтвердження їхньої невідповідності санітарним нормам.Обгрунтувати заміну вікон на

енергоефективні (двокамерні з Low-E склом та аргоном) та розрах
економічний ефект від зниження трансмісійних втрат.
4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'яз
креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань науко
напряму досліджень, результатами експериментальних дослід
результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних ме
досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийн
1	Тишкевич О.П.		
2	Тишкевич О.П.		
3	Тишкевич О.П.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Літературний огляд	01.11	
2	Розділ 1	15.11	
3	Розділ 2	01.12	
4	Розділ 3	15.12	
5	Розробка графічної частини	05.01	
6	Оформлення роботи	20.01	
7	Попередній захист	01.02	

Студент _____ Шаір Хассан
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Тишкевич О.П.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гребенюк І.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Шаір Хассан. Методичні засади енергозберігаючих технологій реконструкції міської забудови.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.П. Тишкевич. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2026.

У магістерській роботі досліджено методи комплексного підвищення енергоефективності та теплового захисту житлових будівель під час їх реконструкції та капітального ремонту. Шляхом тепловізійного обстеження панельної забудови та комп'ютерного моделювання температурних полів у вузлах примикання конструкцій визначено критичні зони тепловтрат та архітектурно-конструктивні недоліки огороджувальних оболонок.

Встановлено, що значна частина існуючого житлового фонду не відповідає сучасним нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2021, що призводить до дефектів мікроклімату — промерзання стін, утворення конденсату, появи плісняви та надмірних витрат на опалення.

Визначено, що найбільш раціональним підходом до модернізації є створення безперервного теплоізоляційного контуру будівлі, заміна застарілих віконних блоків на енергозберігаючі конструкції та модернізація інженерних систем із впровадженням рекуперації.

Розрахунками підтверджено, що впровадження запропонованих енергоощадних рішень дозволяє знизити енергоспоживання будівлі на 30–50% та скоротити викиди шкідливих речовин в атмосферу на 30–40%, при одночасному підвищенні експлуатаційного ресурсу споруди.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ, РЕКОНСТРУКЦІЯ БУДІВЕЛЬ, ПАНЕЛЬНА ЗАБУДОВА, ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, МІСТКИ ХОЛОДУ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ.

ABSTRACT

Shair Hassan. Methodological Principles of Energy-Saving Technologies for the Reconstruction of Urban Development.

Master’s qualification paper for the Master’s degree in specialty 192 – Construction and Civil Engineering. Scientific supervisor: O.P. Tyshkevych. Yu.M. Potebnia Engineering Educational and Scientific Institute of ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2026.

The master's thesis investigates methods for the comprehensive improvement of energy efficiency and thermal protection of residential buildings during their reconstruction and capital repair. Through thermal imaging inspection of panel housing and computer modeling of temperature fields in structural junctions, critical heat loss zones and architectural-structural defects of building envelopes were identified.

It has been established that a significant portion of the existing housing stock does not meet the modern regulatory requirements of DBN V.2.6-31:2021, leading to microclimate defects such as wall freezing, condensation, mold growth, and excessive heating costs.

It was determined that the most rational approach to modernization is the creation of a continuous thermal insulation contour for the building, the replacement of obsolete window units with energy-saving structures, and the modernization of engineering systems with the implementation of heat recovery.

Calculations confirmed that the implementation of the proposed energy-saving solutions allows for reducing the building's energy consumption by 30–50% and cutting harmful atmospheric emissions by 30–40%, while simultaneously extending the service life of the structure.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, THERMAL INSULATION, BUILDING RECONSTRUCTION, PANEL HOUSING, HEAT LOSSES, THERMAL BRIDGES, ENERGY CERTIFICATE.

ЗМІСТ

	ВСТУП	8
Розділ 1	ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ПРИНЦИПИ РЕКОНСТРУКЦІЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ	11
1.1	Поняття енергозбереження та енергоефективності в Україні	11
1.2	Нормативно-правове регулювання енергоефективних технологій у містобудуванні	16
1.3	Технологічні рішення для забезпечення енергоефективності при будівництві та реновації міських територій	20
1.4	Енергоефективність як ключовий чинник сталого розвитку архітектурного середовища міських кварталів	24
1.5	Висновки до розділу 1	26
Розділ 2	ОЦІНКА ЧИННОГО НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ ЩОДО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬ	27
2.1	Перше покоління нормативних документів у сфері теплового захисту	27
2.2	Дослідження еволюції нормативних вимог у сфері теплового захисту будівель	30
2.3	Порівняння вітчизняних та зарубіжних нормативів	35
2.4	Висновки до розділу 2	42
Розділ 3	АНАЛІЗ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ В УКРАЇНІ З ПОЗИЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	44
3.1	Дослідження проєктів капітальних ремонтів та реконструкції будівель з позиції теплового захисту	44

3.2 Огляд дефектів теплового захисту з позиції теплозбереження 53
3.3 Розробка заходів щодо підвищення рівня теплового захисту 56
3.4 Удосконалення енергетичних характеристик споруд під час перебудови міської інфраструктури 60
3.4.1 Рекомендації щодо дотримання теплотехнічних вимог під час розроблення проєктів 62
3.5 Висновки до розділу 3 76
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ 79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 80

ВСТУП

Забезпечення енергоефективності будинків, будівель і споруд на сьогодні є значущим аспектом під час проектування. Особливо важливим це питання є для регіонів, що розташовані в холодній кліматичній зоні, де значна частка міської забудови представлена будівлями з низьким класом енергоефективності.

На даний момент дуже важливим є раціональне споживання енергетичних ресурсів, використання мінімальної кількості енергії для будівель і споруд. На відміну від енергозбереження, орієнтованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність означає ефективне, доцільне використання енергії [1].

Особливо важливим це питання є для областей, що розташовані в холодній кліматичній зоні, де значна частка забудови представлена панельними будинками масових серій. Так, у північній частині країни питанню не приділяється належної уваги, і величезна кількість енергії витрачається на будівлі з великою кількістю теплових втрат.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз ефективності теплозахисних заходів при реновації житлового фонду та формування стратегії енергоощадного оновлення міської забудови.

Завдання дослідження:

1. Визначення енергоощадних принципів реконструкції міської забудови.
2. Аналіз нормативної бази щодо теплового захисту будівель.
3. Аналіз проєктних рішень будівель і споруд в Україні.
4. Дослідження проєктів реконструкції та капітального ремонту будівель щодо теплового захисту.
5. Огляд дефектів теплового захисту.
6. Розроблення заходів із підвищення рівня теплового захисту.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процес забезпечення

енергоефективності та теплового захисту огороджувальних конструкцій житлових будівель під час реновації та капітального ремонту міської забудови.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи, технологічні рішення та нормативні вимоги щодо підвищення рівня теплового захисту, енергетичні характеристики огороджувальних оболонок та вузлів примикання панельних будинків.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися: аналіз науково-технічної літератури; аналітичні методи розрахунку будівельних конструкцій; методи комп'ютерного моделювання; методи техніко-економічного порівняння варіантів.

Наукова новизна одержаних результатів. Виявлено та обґрунтовано невідповідність між розрахунковими та експериментальними значеннями питомої теплозахисної характеристики будівель. Розроблено методику проєктного підходу для підвищення класу енергетичної ефективності під час реконструкції.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дозволяють точно оцінити дефекти теплової оболонки та є підставою для перегляду конструктивних рішень монтажних вузлів. Запропоновані заходи з термомодернізації дозволяють знизити енергоспоживання будівель на 30–50% та скоротити викиди шкідливих речовин на 30–40%. Розроблено конкретні рекомендації щодо вибору енергоефективних вікон та схем утеплення для фасадів, покрівель і підвалів.

Особистий внесок дослідника. Автором самостійно проведено тепловізійну діагностику об'єктів, виконано математичне моделювання теплового режиму вузлів у спеціалізованому ПЗ, проведено розрахунки енергетичного балансу та розроблено пропозиції щодо вдосконалення нормативної бази.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися на XVIII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2025» з доповіддю

«Ефективне та раціональне використання енергетичних ресурсів для розвитку міських територій»[42].

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел, містить 84 сторінки, 28 рисунки, 8 таблиць, 42найменування у списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ПРИНЦИПИ РЕКОНСТРУКЦІЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

1.1 Поняття енергозбереження та енергоефективності в Україні

Поняття «енергозбереження» почали використовувати ще за радянських часів, проте сучасного змісту воно набуло з 1970-х років, коли більшість розвинених країн ухвалили програми з підвищення енергоефективності. На сьогодні питання раціонального споживання енергії є критично важливим для України в контексті енергетичної незалежності та інтеграції до європейських стандартів.

В українському законодавчому полі базовим є Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (від 22.06.2017 № 2118-VIII). Він чітко розмежовує терміни та вводить систему класифікації:

Енергозбереження — це реалізація організаційних, правових, технічних, технологічних, економічних та інших заходів, спрямованих на зменшення обсягу використання енергетичних ресурсів при збереженні відповідного корисного ефекту від їх використання [1]. Енергозбереження орієнтоване на абсолютне зменшення енергоспоживання. В основі енергозбереження лежить енергетичний ресурс як носій енергії, яку можна використовувати в будь-якій діяльності.

Енергоефективність — характеристика, що відображає відношення корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів до витрат енергії, здійснених з метою отримання такого ефекту [1]. На відміну від енергозбереження, що фокусується на обмеженні споживання, енергоефективність означає раціональне та доцільне використання енергії.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [24], енергоефективність будівлі характеризується показниками теплового захисту, що визначаються через питому енергопотребу на опалення та охолодження протягом року. Одним із

критичних параметрів при проектуванні є розрахунок площини можливої конденсації (так званої «точки роси»). Ці показники залежать від сукупності факторів:

- теплофізичних властивостей матеріалів огороджувальних конструкцій;
- товщини шарів утеплення;
- параметрів мікроклімату в приміщенні (температура, вологість);
- кліматичних умов району будівництва (температура та вологість зовнішнього повітря) [3].

Клас енергоефективності — це показник, який визначає, наскільки ефективно будівля витрачає (зберігає) енергію під час експлуатації. В Україні сертифікація енергоефективності є обов'язковою для новобудов та будівель, що реконструюються. Класи позначаються латинськими літерами від A найвищий до G найнижчий.

При присвоєнні класу енергоефективності враховують:

- показники сумарних питомих річних витрат теплової енергії на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;
- максимально допустимі величини відхилень від нормованих показників;
- показник питомої річної витрати електричної енергії на загальнобудинкові потреби.

Таблиця 1.1 — Класи енергоефективності будівель за нормами України

Клас енергоефективності	Відхилення показника питомої енергопотреби від нормативного значення
A	Менше -50% (енергопасивні будівлі)
B	Від -50% до -25%
C	Нормативний рівень (від -25% до 0%)
D	Від +1% до +25%
E	Від +26% до +50%

Клас енергоефективності	Відхилення показника питомої енергопотреби від нормативного значення
F	Від +51% до +100%
G	Понад +100% (критично низька ефективність)

На сьогодні клас енергоефективності житлових та громадських будівель залежить від показника питомої енергопотреби на опалення та охолодження протягом року [4]. Клас визначається шляхом порівняння розрахункового значення цього показника з нормативним рівнем. В Україні встановлено шкалу від «G» найнижчий до «A» найвищий.

Згідно з чинними нормами ДБН В.2.6-31:2021, проектування будівель із класами енергоефективності D, E, F та G не допускається. Для нових об’єктів будівництва, а також для будівель, що підлягають реконструкції або капітальному ремонту, мінімально допустимим є клас «C». Класи A, B та C встановлюються на стадії розроблення проектної документації та підтверджуються енергетичним сертифікатом.

Питома енергопотреба на опалення та охолодження будівлі розраховується згідно з методикою, наведеною у ДСТУ EN ISO 52016-1. Кожна складова цього розрахунку залежить від конкретних характеристик будівлі:

- теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій (стін, вікон, даху);
- компактності будівлі (співвідношення площі поверхонь до об'єму);
- орієнтації вікон за сторонами світу (сонячні теплонадходження);
- наявності систем рекуперації тепла у вентиляції.

$$q_{от}^{р} = k_{об} + k_{вент} - \eta\,(k_{пост} + k_{рад}), \qquad (1.1)$$

де:

- $k_{об}$ — питома теплозахисна характеристика будівлі, Вт/(м³·°С). Залежить від приведеного опору теплопередачі, опалювального об'єму будівлі, теплозахисної оболонки будівлі та її компактності;
- $k_{вент}$ — питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м³·°С). Залежить від тривалості роботи вентиляції, а також від теплоємності, щільності та кількості повітря;
- $k_{пост}$ — питома характеристика внутрішніх теплонадходжень будівлі, Вт/(м³·°С). Залежить від побутових тепловиділень, розрахункової площі, а також від температури внутрішнього та зовнішнього повітря;
- $k_{рад}$ — питома характеристика теплонадходжень у будівлю від сонячної радіації, Вт/(м³·°С). Залежить від теплонадходжень через вікна та ліхтарі, середньої висоти поверху будівлі, а також від сумарної площі поверхів будівлі;
- η — коефіцієнт корисного використання теплонадходжень. Залежить від ефективності регулювання подачі теплоти та повітрообміну будівлі.

Питома теплозахисна характеристика будівлі, Вт/(м³·°С), розраховується за формулою:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \cdot \sum \frac{Ai \cdot ni}{R_{\Sigma i}}, \quad (1.2)$$

де:

- R_i— приведений опір теплопередачі і-го фрагмента теплоізоляційної оболонки будівлі, (м²·°С)/Вт;
- Аі— площа відповідного фрагмента теплоізоляційної оболонки будівлі, м²;
- $V_{от}$ — опалювальний об’єм будівлі (об’єм, обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огороджувальних конструкцій), м³;
- n_i — коефіцієнт, що враховує відхилення внутрішньої або зовнішньої температури конструкції від прийнятих у розрахунку (згідно з ДБН, це

коефіцієнт зменшення розрахункової різниці температур);

- $U_{заг}$ — загальний коефіцієнт теплопередачі будівлі, Вт/(м²·°С);
- $k_{комп}$ — коефіцієнт компактності будівлі, м$^{-1}$.

Відповідно до законодавства України, на підставі Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», обов'язковій сертифікації енергетичної ефективності підлягають об'єкти будівництва, будівлі з класом наслідків СС2 та СС3, а також будівлі державної власності.

Енергетичний аудит (обстеження) — це збір та аналіз інформації про використання енергетичних ресурсів з метою отримання достовірних даних про обсяги енергоспоживання, показники енергетичної ефективності, виявлення потенціалу енергозбереження та розроблення заходів з підвищення енергоефективності. Результати такого обстеження відображаються в енергетичному сертифікаті будівлі.

Енергозбереження орієнтоване на зменшення обсягів споживання енергії. Для цього необхідно проаналізувати причини теплових втрат, які схематично представлені на рисунку 1.1.

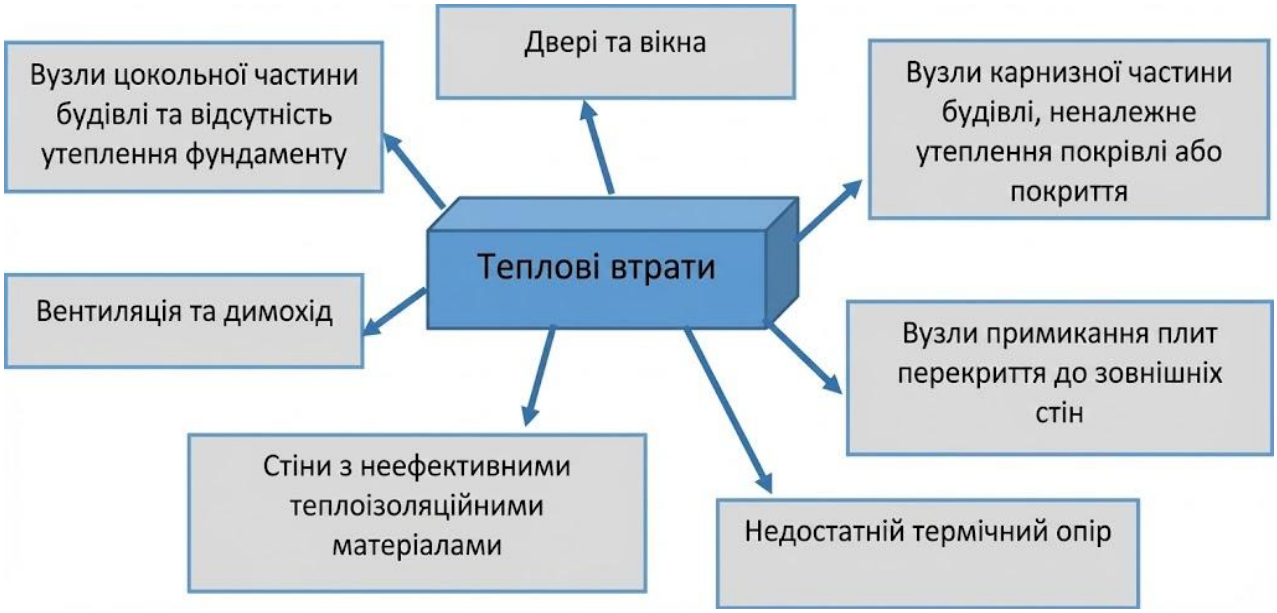


Рисунок 1.1 – Причини теплових втрат

1.2 Нормативно-правове регулювання енергоефективних технологій у містобудуванні

На сьогодні Україна активно впроваджує європейські стандарти будівництва енергоефективних об'єктів, гармонізуючи національне законодавство з вимогами Директиви 2010/31/ЄС. На підставі Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» створено нормативну базу для підвищення енергоефективності об'єктів під час будівництва та реконструкції. Також схвалена «Енергетична стратегія України на період до 2050 року», яка є основним документом стратегічного планування, що визначає цілі щодо досягнення кліматичної нейтральності та пріоритети державної політики у сфері енергетики.

Відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» та супутніх нормативних актів, регламентовано такі вимоги у сфері енергоефективності під час будівництва, реконструкції та капітального ремонту:

- Склад проектної документації: До проектної документації обов'язково включається розділ «Енергоефективність», що містить перелік заходів із забезпечення дотримання вимог енергоефективності та встановлення приладів обліку енергетичних ресурсів (згідно зі статтею 31 Закону «Про регулювання містобудівної діяльності»).
- Державний архітектурно-будівельний контроль: Предметом нагляду та контролю є перевірка відповідності об'єкта вимогам енергоефективності та оснащеності приладами обліку (стаття 41).
- Введення в експлуатацію: До переліку документів, необхідних для прийняття об'єкта в експлуатацію, обов'язково входить Енергетичний сертифікат будівлі. У ньому зазначаються нормативні та фактичні показники енергоефективності, а для житлових та громадських будівель — клас енергоефективності (стаття 39).

- Електронна система у сфері будівництва: Усі дані про заходи з енергоефективності, а також акти перевірок та енергетичні сертифікати вносяться до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). Це забезпечує прозорість та доступ до інформації про клас енергоефективності будинку на момент його сертифікації.
- Моніторинг та звітність: Органи місцевого самоврядування та сертифіковані енергоаудитори зобов'язані надавати відомості про відповідність об'єктів вимогам енергоефективності до державних реєстрів для здійснення контролю за дотриманням законодавства.

Усі вищезазначені законодавчі зміни часто стикаються з проблемою їх практичного втілення під час комплексної забудови та реконструкції міських територій. На сьогодні у Законі України «Про регулювання містобудівної діяльності» все ще бракує достатньої кількості деталізованих положень, які б безпосередньо стосувалися підвищення енергетичної ефективності не окремих об'єктів, а цілісних містобудівних структур (мікрорайонів чи кварталів) [8].

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» регулює відносини у сфері енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності будівель. Він встановлює правові, економічні та організаційні засади стимулювання енергозбереження, а також визначає механізми досягнення цільових показників енергоефективності [8].

Напрями політики енергозбереження представлені на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 — Напрями політики енергозбереження

Згідно із Законом України «Про енергетичну ефективність будівель» та іншими нормативно-правовими актами встановлено, що будівлі та споруди, які зводяться, реконструюються або проходять капітальний ремонт і вводяться в експлуатацію, повинні відповідати мінімальним вимогам до енергетичної ефективності. Відповідно до законодавства України, ці вимоги підлягають перегляду не рідше ніж один раз на п'ять років.

Відповідно до чинних стандартів (зокрема ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище»), до об'єктів нерухомості висуваються екологічні вимоги, які поширюються на всі категорії об'єктів, що проектуються, будуються, реконструюються або здаються в експлуатацію.

Базові категорії екологічних вимог до об'єктів нерухомості:

Екологічні вимоги до об’єктів нерухомості визначаються сукупністю таких базових категорій:

- Екологічний менеджмент: Організація процесів проектування та будівництва з мінімальним впливом на довкілля.
- Інфраструктура та якість зовнішнього середовища: Благоустрій прилеглої території та збереження екосистеми.
- Якість архітектури та планування об'єкта: Функціональність та естетична відповідність забудови.
- Комфорт та екологія внутрішнього середовища: Забезпечення здорового мікроклімату, належної інсоляції та якості повітря в приміщеннях.
- Якість санітарного захисту та утилізації відходів: Системи роздільного збору та безпечного видалення відходів.
- Раціональне водокористування та регулювання зливостоків: Економне використання водних ресурсів та ефективна система водовідведення.
- Енергозбереження та енергоефективність: Оптимізація споживання енергії та використання відновлюваних джерел.

- Охорона навколишнього природного середовища: Заходи із захисту довкілля на всіх етапах життєвого циклу об'єкта (будівництво, експлуатація, утилізація).
- Безпека життєдіяльності: Забезпечення захисту мешканців від техногенних та природних загроз.

Таблиця 1.2 — Базові категорії та їхні критерії

Базова категорія	Критерії оцінки (згідно з ДБН та ДСТУ України)
1.Екологічний менеджмент	Наявність звіту з Оцінки впливу на довкілля (ОВД); дотримання системи екологічного управління (ISO 14001); план управління відходами будівництва.
2. Інфраструктура та якість зовнішнього середовища	Рівень озеленення території; транспортна доступність; відповідність нормам інклюзивності та безбар'єрності (ДБН В.2.2-40).
3. Якість архітектури та планування об'єкта	Коефіцієнт компактності будівлі; ефективність використання площі; забезпечення нормативної тривалості інсоляції приміщень.
4. Комфорт та екологія внутрішнього середовища	Якість повітря (кратність повітрообміну); температурно-вологісний режим; рівень акустичного комфорту та захист від шуму.
5. Якість санітарного захисту та утилізації відходів	Організація роздільного збору сміття; наявність систем очищення стічних вод; контроль радіаційного фону будівельних матеріалів.
6.Раціональне водокористування	Встановлення приладів обліку води; використання систем повторного використання технічної або дощової води; застосування економної сантехніки.
7. Енергозбереження та енергоефективність	Клас енергоефективності не нижче «С»; показник питомої енергопотреби; використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).
8. Охорона навколишнього середовища	Мінімізація викидів CO_2; збереження родючого шару ґрунту при будівництві; захист від світлового та шумового забруднення навколишнього середовища.
9. Безпека життєдіяльності	Відповідність вимогам пожежної безпеки; наявність систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій; конструктивна надійність будівлі.

1.3 Технологічні рішення для забезпечення енергоефективності при будівництві та реновації міських територій

У міській забудові з кожним роком зростає енергоспоживання, що пов’язано з інтенсифікацією соціально-економічної діяльності, приростом населення в містах, а також із прогресуючим моральним та фізичним зносом будівель.

Рівень енергоспоживання міст залежить від багатьох факторів, таких як: розмір та чисельність населення міста, щільність забудови, географічне розташування, якість інфраструктури, а також ефективність інженерних та архітектурно-планувальних рішень будівель.

Згідно з дослідженнями Фаренюк Г. Г., Фаренюк Є. Г.[10], реновація наявної житлової забудови може здійснюватися двома способами:

1. Реконструкція та термомодернізація існуючих будівель (приведення їх до сучасних норм енергоефективності).
2. Знесення будівель, які непридатні для подальшої експлуатації, та будівництво нових об’єктів на звільнених територіях із дотриманням стандартів енергоефективності.

Зниження теплових втрат можна досягти шляхом блокування будівель, що дозволяє скоротити площу зовнішніх огороджувальних конструкцій та довжину комунікацій. Також важливим є вдосконалення систем опалення, холодного і гарячого водопостачання, електропостачання, вентиляції та підвищення ефективності теплових мереж. Окремим перспективним напрямом є використання нетрадиційних джерел енергії — вітрових, сонячних, а також їх інтеграція з системами центрального опалення.

Розрізняють два типи будівель: енергоекономічні (економія енергоресурсів досягається завдяки архітектурним та інженерним засобам) та енергоактивні (ті, що самостійно використовують відновлювані джерела енергії).

За результатами досліджень українських фахівців, містобудівні

концепції нерозривно пов’язані зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів. Слід зазначити, що в Україні протягом тривалого часу при розробці генеральних планів та територіальному плануванні забудови міст енергозбереженню не приділялося належної уваги, проте зараз цей напрям є пріоритетним згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2021.

Згідно з дослідженнями Саницького М. А., Позняка О. Р., Марущака У. Д., можна дійти висновку, що на сьогодні значна увага приділяється саме процесу зведення будівель і споруд, а не їхній економічній та правильній експлуатації, а також своєчасному ремонту й реконструкції наявного житлового фонду.

Таким чином, при будівництві та реконструкції об'єктів слід впроваджувати такі технології енергоефективності:

1) Тепловий захист будівлі: комплексне утеплення зовнішніх стін, фасадів, перекриттів над підвалами, покриттів та покрівель; заміна віконних заповнень, вхідних та балконних дверей на енергоефективні моделі.

2) Модернізація теплового пункту: встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП) із сучасними приладами обліку, а також системами автоматичного контролю та регулювання витрат енергоносіїв.

3) Оновлення систем опалення: заміна або модернізація мереж із обов'язковим встановленням регулювальної арматури на приладах опалення.

4) Модернізація систем вентиляції: впровадження систем із пристроями рекуперації для відбору та повторного використання теплоти витяжного повітря.

5) Удосконалення систем гарячого водопостачання: встановлення лічильників витрат води та сучасної запірної арматури з можливістю дискретного регулювання.

6) Модернізація систем електроосвітлення та електропостачання: встановлення інтелектуальних лічильників та приладів автоматичного керування (датчиків руху, присутності).

Вітчизняний та зарубіжний досвід свідчать, що всі ці заходи дозволяють

скоротити витрати тепла на обігрів будівель не менше ніж на 40%.

Методика енергоефективної реконструкції міської забудови представлена на рисунку 1.3. Дана методика дозволяє розробити комплекс локальних та зонально-територіальних енергозберігаючих заходів і оцінити ефективність їхньої реалізації на основі моніторингу енергетичних параметрів території.

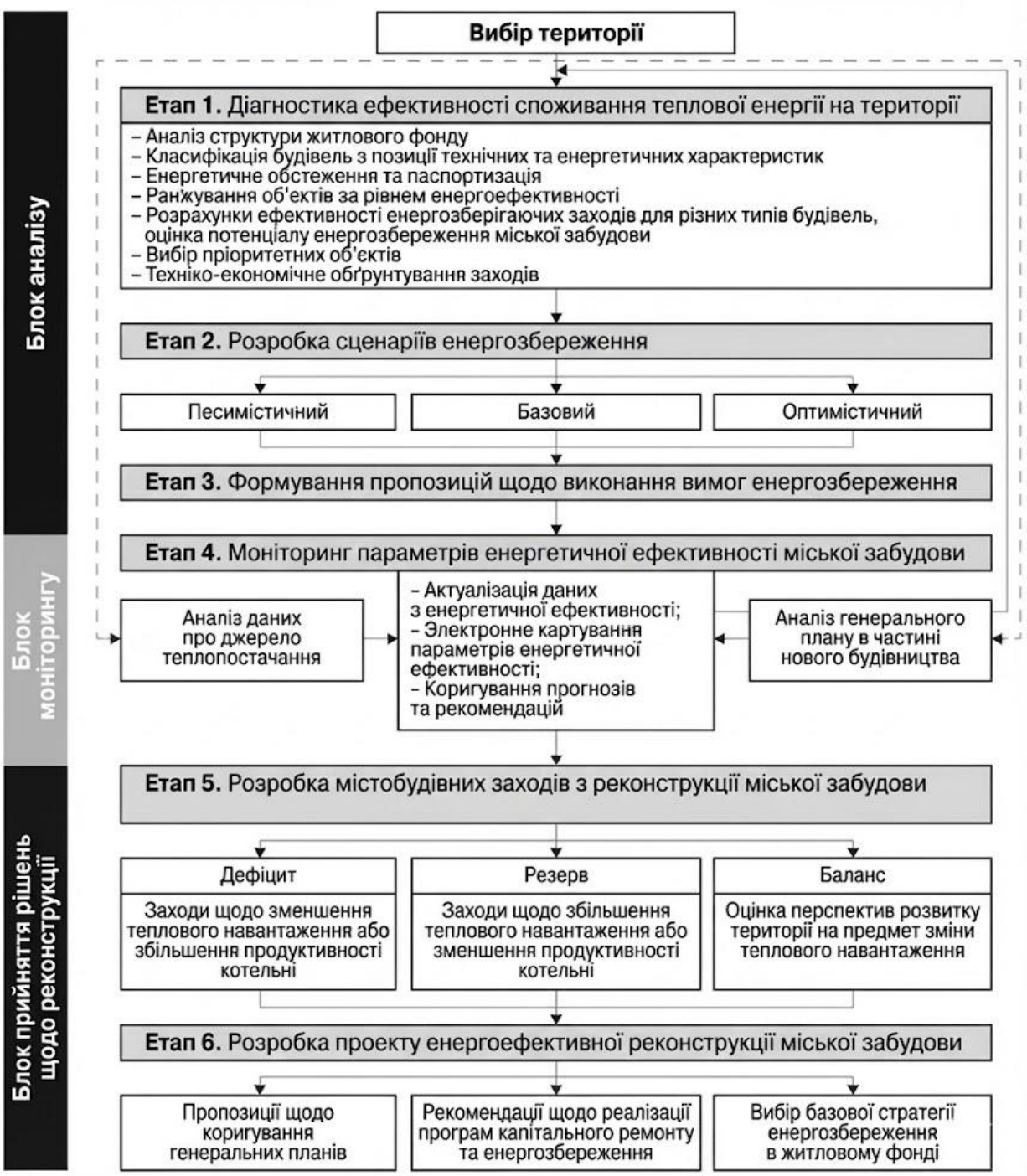


Рисунок 1.3 — Методика енергоефективної реконструкції міської забудови

Через відсутність системного впровадження науково обґрунтованих методик енергоефективної реконструкції мешканці власними силами намагаються утеплювати стіни та шви панельних будинків, щоб усунути промерзання у своїх квартирах. Приклади таких дій наведено на рисунках 1.4 та 1.5.



Рисунок 1.4 — Утеплення стін панельного будинку зовні [12]



Рисунок 1.5 — Утеплення швів панельного будинку [12]

1.4 Енергоефективність як ключовий чинник сталого розвитку архітектурного середовища міських кварталів

На сьогодні в Україні впроваджуються заходи з енергозбереження, триває пошук альтернативних джерел енергії, а також реалізуються програми з енергоефективності та використання вторинних ресурсів. Проте цій галузі все ще приділяється недостатньо уваги, через що темпи споживання енергетичних ресурсів залишаються високими. Отже, для підвищення ефективності використання енергоресурсів необхідний перегляд підходів до їх споживання.

Проблема ефективного використання енергетичних ресурсів, безумовно, має екологічний аспект. Економія теплової та електричної енергії сприятиме зниженню викидів у атмосферу шкідливих речовин діоксиду вуглецю, оксидів азоту, сірчистих сполук тощо.

Близько 30–40% загального споживання первинної енергії припадає на опалення будівель та потреби населення, тому внаслідок виробництва теплової енергії для опалення житлових будинків утворюється значна частина CO_2.

Для раціонального та ефективного використання енергетичних ресурсів на міських територіях необхідно знизити обсяги споживаного палива, що дозволить скоротити викиди парникових газів, зменшуючи в такий спосіб несприятливий вплив на навколишнє середовище.

З цієї причини на перший план виходить екологічний та енергоефективний розвиток міських територій. Саме вибір відповідних енергозберігаючих заходів як для будинків, що зводяться, так і для існуючої забудови, дозволить досягти успіху в галузі енергозбереження та покращення екологічного стану міських територій.

Відповідно до вимог п. 4.6 [15], територію для розвитку міст необхідно обирати з урахуванням можливості її раціонального функціонального використання на основі порівняння варіантів архітектурно-планувальних

рішень, техніко-економічних, санітарно-гігієнічних показників, паливно-енергетичних, водних, територіальних ресурсів, стану довкілля з урахуванням прогнозу зміни природних та інших умов на перспективу.

При цьому необхідно враховувати гранично допустимі навантаження на навколишнє природне середовище на основі визначення його потенційних можливостей, режиму раціонального використання територіальних і природних ресурсів з метою забезпечення найсприятливіших умов життя населенню, недопущення руйнування природних екологічних систем і незворотних змін у навколишньому природному середовищі.

На сьогодні важливу роль відіграє раціональне природокористування, що є системою взаємодії суспільства та природи, побудованою на основі наукових законів природи і такою, що відповідає завданням розвитку виробництва та збереження біосфери. Завдяки цьому забезпечується енергоефективний економічний розвиток, підвищення добробуту населення країни, а також збереження екосистеми та невідновлюваних енергетичних ресурсів для майбутніх поколінь [16].

У сфері енергоспоживання в містах дуже гостро постають такі негативні явища, як нераціональне використання невідновлюваних енергетичних ресурсів під час будівництва та експлуатації будівель, мала частка енергоефективних споруд, незначне використання енергозберігаючих конструктивних і технологічних рішень, а також суперечність між потребами мешканців міст і можливостями природно-ресурсного потенціалу відповідної території. Якщо розглядати, зокрема, м. Київ, також можна зробити висновок про те, що багато ресурсів із ТЕЦ витрачається марно, лише на вироблення електроенергії.

У зв’язку з тим, що жити на Землі та не залишати вуглецевого сліду неможливо, необхідно звернути увагу на те, скільки енергії витрачає одна людина або ціле підприємство. Вуглецевий слід підприємства розраховується для того, щоб зрозуміти, як витрачаються енергія та інші ресурси. Це дослідження визначає вплив діяльності підприємства на навколишнє

середовище. Коли дані є відкритими та зрозумілими, накреслюється шлях до зменшення негативного впливу на природу. Енергоресурсний аудит підприємства дозволяє підвищити ефективність експлуатації всіх будівель і знизити витрати на споживані ресурси та енергію. На жаль, у нашому регіоні тенденція щодо зниження вуглецевого сліду — це «мертва» проблема.

1.5 Висновки до розділу 1

На основі зібраної інформації можна зробити висновок про те, що містобудівні концепції нерозривно пов’язані зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів. Також слід зазначити той факт, що в Україні під час розроблення генеральних планів та територіального планування забудови міст не приділялося належної уваги питанням енергозбереження.

Попри впровадження державних програм із енергозбереження та пошук альтернативних джерел енергії, рівень споживання ресурсів залишається критично високим через недостатню увагу до системного перегляду підходів до енергоспоживання.

Для раціонального та ефективного використання енергетичних ресурсів на міських територіях необхідно знизити обсяги споживаного палива. Це дозволить скоротити викиди парникових газів, зменшуючи в такий спосіб несприятливий вплив на навколишнє середовище.

Крім того, наразі основна увага приділяється саме процесу будівництва будинків і споруд, а не економній та правильній їх експлуатації, а також своєчасному ремонту та реконструкції наявного житлового фонду.

РОЗДІЛ 2
ОЦІНКА ЧИННОГО НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ ЩОДО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬ

2.1 Перше покоління нормативних документів у сфері теплового захисту

На сьогодні у вітчизняній та світовій практиці накопичено значний досвід у сфері проєктування енергоефективних будівель, існує безліч законодавчих актів та громадських ініціатив.

Українські нормативні документи у сфері проєктування теплового захисту будівель є обов'язковими до застосування. Аналізуючи розвиток нормативної бази в цій галузі, можна зазначити, що всі сучасні документи ґрунтуються на першому поколінні радянських норм — БНіП II-3-79 «Будівельна теплотехніка», які свого часу змінили ще більш ранні стандарти 1950-х років.

У цьому нормативному документі наведено величини фізичних показників основних будівельних матеріалів та деяких конструктивних елементів огороджень, необхідні для теплотехнічних розрахунків, а також показники опору повітропроникненню та паропроникненню різних матеріалів. Крім того, представлено розрахункові параметри зовнішнього та внутрішнього повітря, норми опору теплопередачі огороджень, де величина загального опору теплопередачі багатошарових конструкцій R_Σ обчислюється за формулою:

$$R_\Sigma = R_{si} + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_{se}, \quad (2.1)$$

де:

- R_{si} — опір теплообміну біля внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, м²·К/Вт, що приймається згідно з актуальними таблицями норм;
- R_i — термічний опір окремих шарів конструкції, м²·К/Вт;

• R_{se} — опір теплообміну біля зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, м^2·К/Вт, що приймається залежно від типу поверхні.

Термічний опір однорідної огороджувальної конструкції або шару, що входить до складу багатошарової конструкції, R обчислюється за формулою [17]:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \tag{2.2}$$

де:

• δ — товщина шару в метрах;

• λ — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К), що приймається.

Розрахунок неоднорідних конструкцій

Термічний опір огороджень, у яких матеріал є неоднорідним як у напрямку, паралельному, так і в напрямку, перпендикулярному тепловому потоку (різного виду пустотілі камені, кладки з утеплювальними вкладишами тощо), визначають наступним чином:

а) Метод паралельних площин. Площинами, паралельними напрямку теплового потоку, огородження розрізається на характерні в теплотехнічному відношенні ділянки, що складаються з одного або кількох шарів. Термічний опір огородження обчислюється за формулою:

$$R_{II} = \frac{F_I + F_{II} + F_{III} + \cdots}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \frac{F_{III}}{R_{III}} + \cdots}, \tag{2.3}$$

де:

• R_I,R_{II} — термічні опори окремих ділянок, обчислені за формулами 2.2 або 2.1, але без опорів теплообміну R_{si} та R_{se};

• F_I,F_{II} — площі окремих ділянок по поверхні огородження.

б) Метод перпендикулярних площин. Площинами, перпендикулярними напрямку теплового потоку, огородження розрізається на шари, з яких одні можуть складатися тільки з одного матеріалу, а інші — з ділянок із різними матеріалами.

- Термічні опори однорідних шарів обчислюються за формулою 2.2.
- Термічні опори неоднорідних шарів — за формулою 2.3.

Загальний термічний опір усієї конструкції отримують як суму термічних опорів окремих шарів.

Після отримання значень R_a та R_b дійсний термічний опір огороджувальної конструкції обчислюється за формулою :

$$R=\frac{R_a+2R_b}{3}, \quad (2.4)$$

Також у згаданому БНіП II-В.3 наведено норми опору повітропроникненню та паропроникненню огороджень, а також кліматологічні дані, необхідні для будівельного проєктування.

З 1 квітня 1972 року із введенням у дію БНіП II-А.7-71 «Будівельна теплотехніка.

Мінімально допустимий опір теплопередачі огороджувальних конструкцій визначався за формулою:

$$R_0^{\text{пот}}=\frac{n(t_{int}-t_{ext})}{\Delta t_n * \alpha_{int}}, \quad (2.5)$$

де:

- n — коефіцієнт, що залежить від положення зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції відносно зовнішнього повітря (приймається за таблицею);
- t_{int} — розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;
- t_{ext} — розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, °С;
- Δt_n — нормований температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;
- α_{int} — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні

огороджувальної конструкції.

Також було змінено формулу розрахунку опору теплопередачі багатошарових конструкцій (м^2·К/Вт), яка обчислюється як:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_1 + R_2 + \cdots + R_{v.p.} + \alpha ext1 \quad ,(2.6)$$

де:

- α_{int} — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції;
- α_{ext} — коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні конструкції;
- R_i — термічний опір окремих шарів конструкції;
- $R_{v.p.}$ — термічний опір замкнених повітряних прошарків (за наявності).

Термічний опір однорідної огороджувальної конструкції або окремого шару багатошарової огороджувальної конструкції, а також із неоднорідними шарами, визначається за попередніми формулами.

Проте слід зазначити, що на практиці під час розрахунків теплопровідні включення ніхто не враховує.

2.2 Дослідження еволюції нормативних вимог у сфері теплового захисту будівель

Під час аналізу першого покоління нормативних документів у галузі теплового захисту можна зробити висновок, що основоположним документом є БНіП II-В.3 «Будівельна теплотехніка» [17], на якому ґрунтуються наступні документи, що замінюють його, з невеликими змінами.

Уже в 1979 році в нормативному документі БНіП II-3-79 «Будівельна теплотехніка» було наведено рекомендації щодо проєктування будівель і споруд для скорочення тепловтрат, які представлені у схемі на рисунку 2.1.

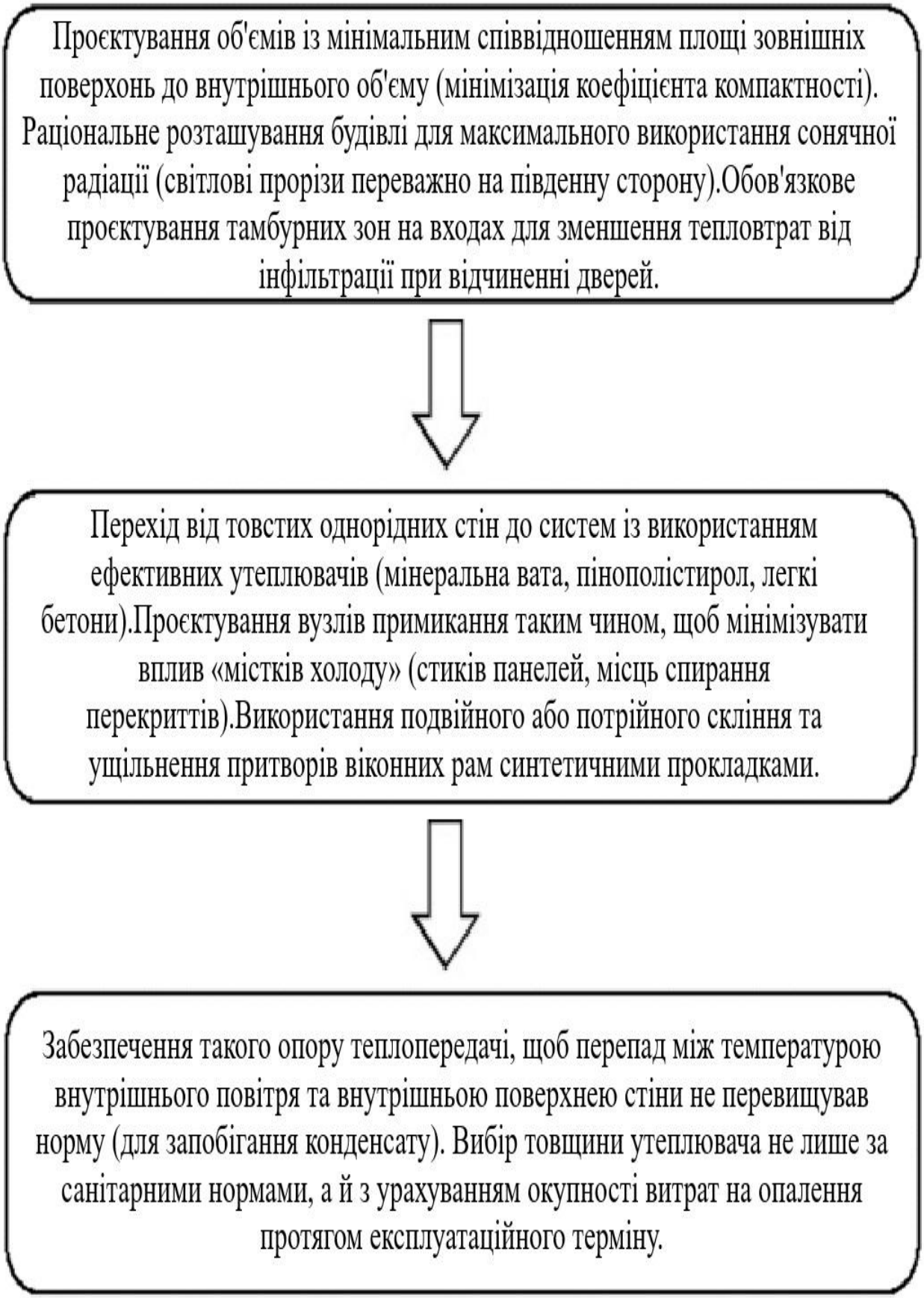


Рисунок 2.1 — Рекомендації щодо скорочення тепловтрат при проєктуванні

Таким чином, починаючи з 1979 року, у нормативних документах порушуються питання енергоефективності та передбачаються заходи щодо скорочення тепловтрат.

У сучасних нормах України, зокрема у ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», встановлюються вимоги до:

- приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій будівель;
- обмеження температури та недопущення конденсації вологи на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції (санітарно-гігієнічний показник);
- питомого показника енергоспоживання (витрат теплової енергії) на опалення та охолодження будівлі;
- теплостійкості огороджувальних конструкцій у теплий період року та приміщень будівель у холодний період року;
- повітропроникності огороджувальних конструкцій та приміщень будівель;
- захисту від перезволоження огороджувальних конструкцій (вологісного режиму);
- теплозасвоєння поверхні підлоги;
- класифікації, визначення та підвищення енергетичної ефективності проєктованих та наявних будівель;
- контролю нормованих показників, включаючи складання енергетичного сертифіката будівлі.

Згідно з чинним законодавством України, замість «Енергетичного паспорта» використовується Енергетичний сертифікат будівлі. Він призначений для підтвердження відповідності показників енергетичної ефективності та теплотехнічних показників будівлі встановленим нормам (класи від A до G).

Енергетичний сертифікат складається під час розроблення проєктів нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту житлових та

громадських будівель, а також під час прийняття об'єктів в експлуатацію та в процесі їх експлуатації.

На рисунку 2.2 представлена схема змісту енергетичного сертифіката будівлі відповідно до вимог нормативних документів.



Рисунок 2.2 — Схема змісту енергетичного паспорта

На сьогодні в Україні основними нормативними документами для виконання теплотехнічних розрахунків огороджувальних конструкцій є ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» [24] та ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод розрахунку питомих тепловитрат на опалення та охолодження» [23]. Також використовуються положення ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [22].

Схема проєктування теплового захисту будівель згідно з ДБН В.2.6-31 представлена на рисунку 2.3. Вибір теплоізоляційних властивостей огороджувальних конструкцій необхідно виконувати у такій послідовності:

- Визначаються зовнішні кліматичні параметри згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 та розраховуються градусо-доби опалювального періоду (ГДО) для відповідної температурної зони України (I або II зона);
- Обираються мінімальні значення параметрів мікроклімату всередині приміщень залежно від призначення будівлі згідно з ДСТУ EN 16798-1 або галузевими нормами. Встановлюються умови експлуатації огороджувальних конструкцій залежно від вологісного режиму приміщень;
- Розробляється об’ємно-планувальне рішення будівлі, розраховується показник компактності будівлі та порівнюється з нормативним значенням. Якщо розрахункове значення перевищує нормативне, рекомендується змінити об’ємно-планувальне рішення для досягнення нормативного показника;
- Обирається підхід до проектування: перевірка за «елементними вимогами» (дотримання мінімально допустимого значення опору теплопередачі Rq_{min}) або за «енергетичними показниками» (питоме енергоспоживання будівлі).

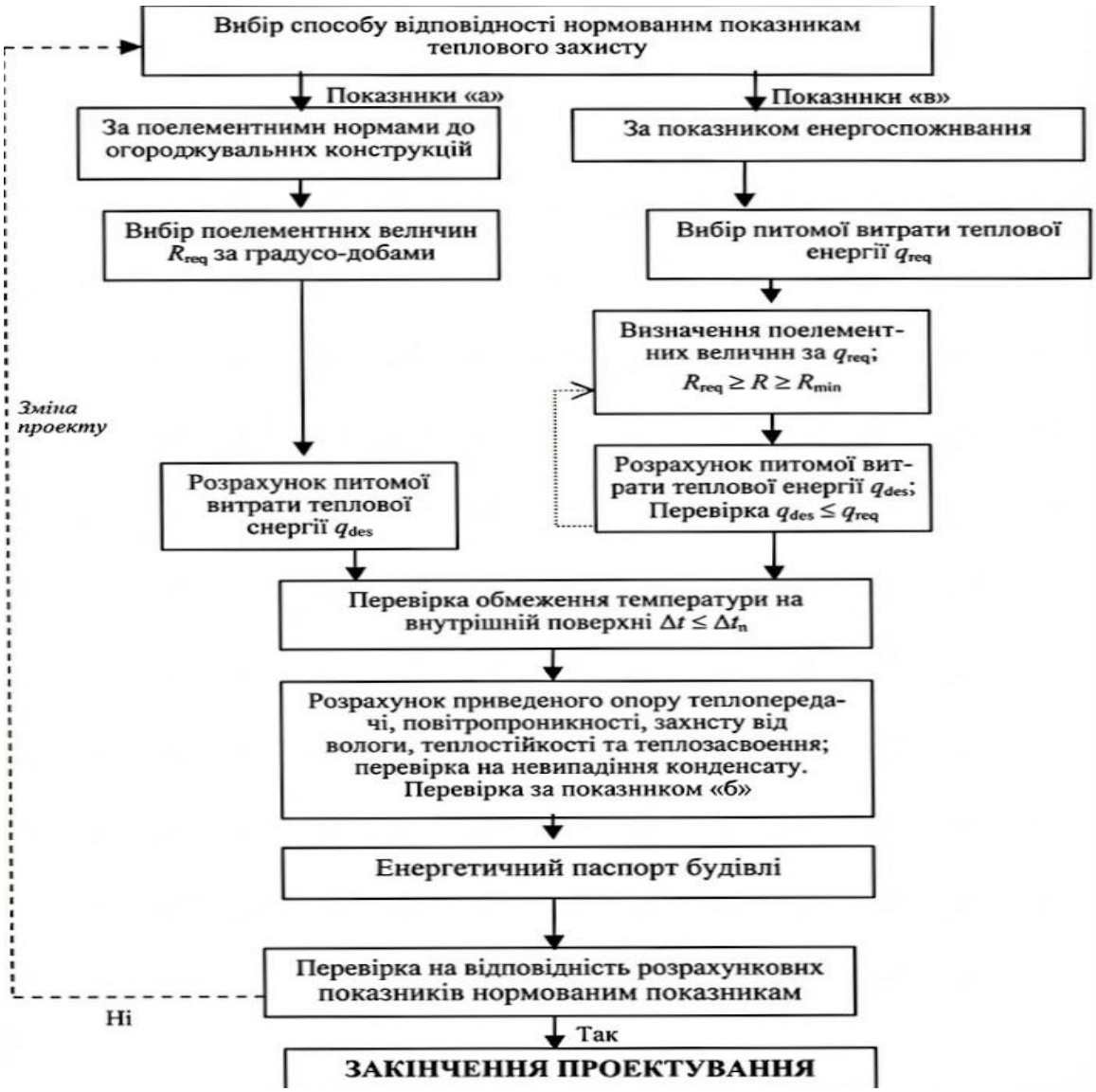


Рисунок 2.3 — Схема проєктування теплового захисту будівель

2.3 Порівняння вітчизняних та зарубіжних нормативів

На сьогодні у європейських країнах діє низка документів, кожен з яких нормує методики та розрахунки показників теплового захисту огороджувальних конструкцій, такі як: методи розрахунку динамічних термічних характеристик, детальні розрахунки теплових містків та потоків, розрахунки теплопередачі вікон та дверей тощо. Приклади цих документів наведені в таблиці 2.1.

Аналіз вітчизняної нормативної бази у сфері теплового захисту показав, що підхід до нормування показників в Україні наразі активно гармонізується

з європейськими стандартами. Якщо раніше вітчизняні норми були еволюцією радянської системи СНіП, то сучасна база базується на Законі України "Про енергетичну ефективність будівель". Основним чинним документом є ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», а також низка гармонізованих державних стандартів, які практично повністю відповідають європейським методикам розрахунку.

Таблиця 2.1 — Нормативна база з теплового захисту країн Євросоюзу та України

Європейські стандарти [25]	Україна
• EN ISO 13786:2007 Thermalperformance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods • EN ISO 13789:2007 Thermalperformance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficientsCalculation method • EN ISO 14683:2007 Thermal bridgesin building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values • EN ISO 10211:2007 Thermal bridgesin building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations • EN ISO 10077 Thermal performance ofwindows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance Part 1:2012 General part, Part 2:2007 Numerical methods	• ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»[22] (перший національний ДБН, що замінив радянські норми). • ДБН В.2.6-31:2017 «Теплова ізоляція будівель»[19] (актуалізована редакція, що ввела поняття енергетичного сертифіката). • ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» [24]. • ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»[23] (замінив частину функцій ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013). • ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання для опалення та охолодження» [20](гармонізований європейський стандарт). • ДСТУ EN ISO 6946:2018 «Огороджувальні конструкції будівель та їх елементи. Опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Методи розрахунку»[21].

У європейських країнах зараз зацікавлені в будівництві не лише енергоефективних будівель, а й будинків із нульовим енергоспоживанням, що наразі рідко зустрічається у нашій країні. Це можна пояснити тим, що в багатьох передових країнах розвиток енергоефективності будівель із використанням відновлюваних джерел енергії став державною програмою особливої важливості [26].

Для оцінки ефективності заходів щодо зниження згубного впливу будівель на навколишнє середовище та здоров'я людини у світі існує безліч «зелених» стандартів, основними з яких є: Leadership in Energy and Environment Design (LEED) (США), Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) (Велика Британія), DGNB (Німеччина) [27, 28]. Протягом останніх кількох років стандарт BREEAM був адаптований в інших країнах, включаючи Канаду, Гонконг і Нову Зеландію. Основні відмінності рейтингових систем представлені на рисунку 2.4



Рисунок 2.4 — Характеристика екологічних стандартів

Усі системи екологічної сертифікації мають кілька рівнів або рейтингів, які визначають ступінь екологічності проєктів, подібно до «оцінок у школі».

На сьогодні у 24 країнах існують 32 національні системи стандартів [29, 30].

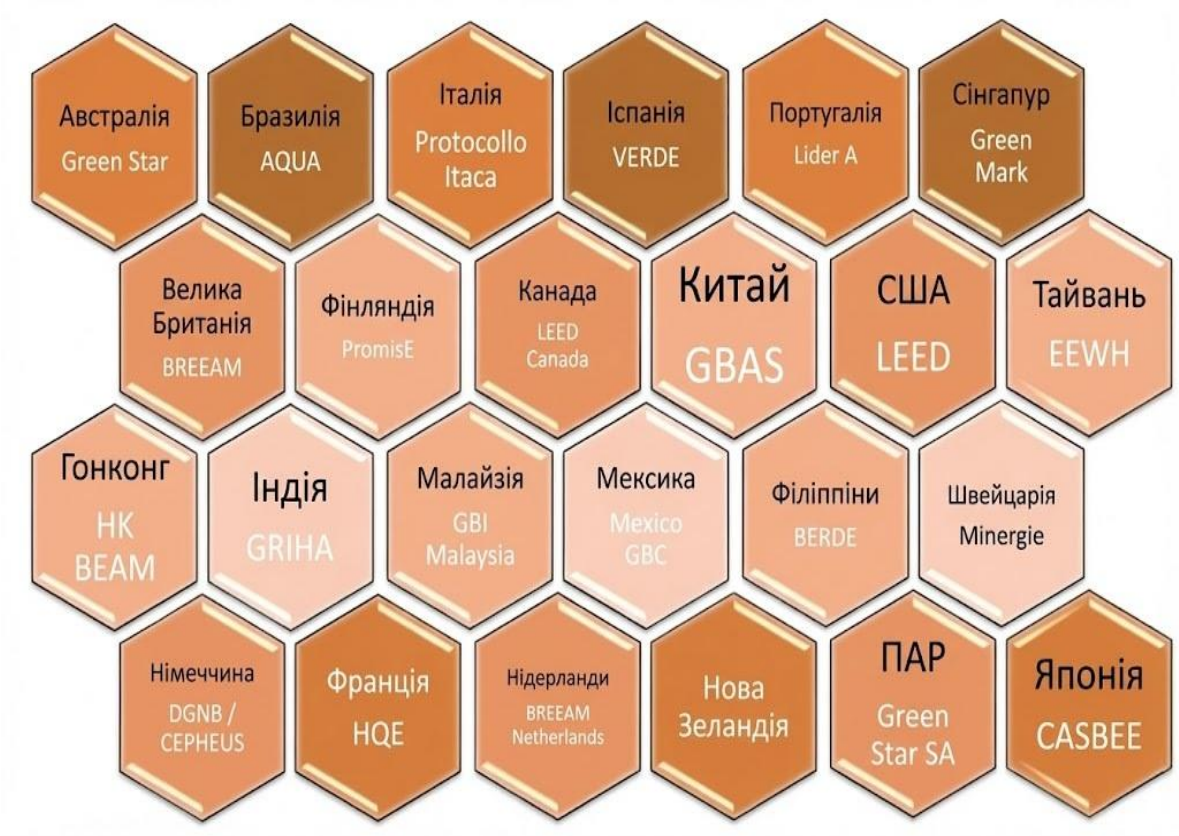


Рисунок 2.5 — Національні системи стандартів екологічної сертифікації

В Україні розвиток системи екологічної сертифікації об'єктів нерухомості базується на гармонізації з європейськими стандартами та впровадженні Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». На відміну від пострадянських ГОСТів, українська система орієнтована на європейські директиви. Основним національним стандартом, що визначає екологічні вимоги до будівель, є ДСТУ ISO 14024, а також профільні нормативи, такі як ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», які встановлюють жорсткі вимоги до енергоефективності.

Сертифікація об'єктів за екологічними стандартами (такими як національна програма «Зелений офіс» або міжнародні LEED та BREEAM) в Україні є переважно добровільною.

Через це такі стандарти застосовуються не так часто, як хотілося б. Можна виділити наступні бар'єри на шляху підвищення ефективності та впровадження «зеленого» будівництва в країні:

- Недостатньо швидкі терміни окупності: вищі початкові інвестиції у технології потребують тривалого часу для повернення коштів за рахунок економії ресурсів.
- Брак кваліфікації інженерно-технічних працівників: дефіцит фахівців, що мають досвід проектування та експлуатації саме «розумних» та еко-орієнтованих систем.
- Недостатність фінансування та кредитних програм: обмеженість доступу до «дешевих» грошей для реалізації дороговартісних екологічних проектів.
- Невизначеність щодо стабільності економії енергії: ризики, пов’язані з якістю виконання робіт та реальною експлуатаційною ефективністю обладнання.
- Дефіцит уваги до проблем енергоефективності: низький рівень екологічної свідомості частини забудовників та орендарів.

Український досвід впровадження «зелених» рішень активно демонструвався під час підготовки інфраструктурних об'єктів до Євро-2012, а сьогодні — при будівництві сучасних бізнес-центрів та житлових комплексів (наприклад, об’єкти в UNIT.City або сертифіковані за LEED будівлі у Києві та Львові).

Варто відзначити кілька важливих для проектної практики вимог, що висуваються сучасними українськими нормами ДБН та міжнародними екологічними стандартами до об'єктів капітального будівництва:

1. Оптимізація проектних рішень.
2. Озеленення території та збереження біорізноманіття.
3. Повітряно-тепловий комфорт.
4. Зниження витрат теплової енергії на опалення та вентиляцію.

Критерії для оцінювання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Критерії екологічних стандартів сертифікації будівель

Розділ	Опис та адаптація до умов України
Землекористування та екологія ділянки	Стимулює стале землекористування, захист природних оселищ та підвищення біорізноманіття ділянки. Дотримання вимог ДБН Б.2.2-12:2019 щодо планування територій, збереження зелених насаджень та рекультивації порушених земель.
Управління об'єктом	Впровадження методів сталого управління на етапах проектування, будівництва та експлуатації. Використання BIM-технологій (згідно зі стратегією цифровізації будівництва) та залучення енергоаудиторів на стадії ТЗ згідно із Законом «Про енергоефективність».
Здоров'я та благополуччя	Створення рішень для підвищеного комфорту та безпеки користувачів. Охоплює якість повітря, мікроклімат, освітлення та акустику. Відповідність нормам ДБН В.2.5-67 (ОВК) та ДБН В.2.5-28 (Освітлення). Особливий акцент на захисті від радіонуклідів (радону) згідно з нормами радіаційної безпеки України.
Енергоефективність	Проектування енергоощадних систем, розрахунок викидів CO_2 та управління енергоспоживанням. Обов'язкова сертифікація енергоефективності згідно з ДБН В.2.6-31:2016 (клас не нижче «С», для «зелених» будівель — «А» або «В»).
Водозбереження	Раціональне водокористування та мінімізація втрат через витоки протягом усього терміну служби будівлі. Впровадження систем обліку води, використання арматури з низькою витратою та систем зворотного використання «сірих» вод згідно з ДБН В.2.5-64.
Матеріали	Зниження впливу будматеріалів на довкілля та здоров'я (контроль емісії фенолу, формальдегіду). Пріоритет матеріалам з екологічним маркуванням згідно з ДСТУ ISO 14024 та використання місцевої сировини для зменшення вуглецевого сліду при транспортуванні.
Відходи	Стале управління будівельними та експлуатаційними відходами, мінімізація вивозу на сміттєзвалища.Адаптація: Виконання вимог нового Закону України «Про управління відходами», що передбачає сортування, рециклінг та повторне

Розділ	Опис та адаптація до умов України
	використання будівельних відходів.
Забруднення довкілля	Запобігання забрудненню повітря, ґрунту, стічних вод, а також боротьба зі світловим та шумовим забрудненням. Проходження процедури ОВД (Оцінка впливу на довкілля) та дотримання норм захисту від шуму згідно з ДБН В.1.1-31:2013.

Аналізуючи критерії, розглянуті у сучасних екологічних стандартах, можна відзначити вимоги до варіативності в деяких аспектах. Наприклад, оптимізація проектних рішень проводиться шляхом BIM-моделювання та варіантного аналізу теплофізичних властивостей об'єкта, що наразі лише починає ставати стандартом у вітчизняній практиці проектування. Крім того, критерій «Енергозбереження та енергоефективність» передбачає, що об'єкти капітального будівництва будуть сертифіковані лише у разі зниження енергоспоживання на 30–60% від базового рівня.

Таким чином, можна підтвердити спроможність вимог «зелених» стандартів на шляху до підвищення енергозбереження в Україні. Реалізація цих заходів на рівні обов'язкових державних будівельних норм дозволить зробити значний крок у підвищенні якості проектування та наближенні до європейських стандартів енергонезалежності.

Крім загальних нормативів, в Україні наразі активно впроваджуються стратегічні екологічні ініціативи, зокрема в межах гармонізації з European Green Deal та «Національного плану скорочення викидів». Згідно з цими підходами, у великих промислових центрах України (таких як Запоріжжя, Кривий Ріг, Дніпро, Кам'янське, Маріуполь (у планах на відновлення) та Миколаїв) мають проводитися комплексні заходи щодо зниження викидів в атмосферу. При цьому пріоритетною є ініціатива переведення промислових об'єктів на сучасні енергоощадні та «чисті» технології.

При всій очевидній масштабності державного підходу до

енергозбереження та покращення екології, часто залишаються поза увагою «примітивні» фактори екологічних проблем окремих регіонів — пічне опалення у приватному секторі. Для багатьох областей України (зокрема Київської, Львівської та промислових районів Подніпров'я) цей фактор є критичним у зимовий період. Особливості географічного положення та метеорологічні умови періодично створюють високий ступінь забрудненості навколишнього середовища викидами сажі, дрібнодисперсного пилу та чадного газу.

Проведені дослідження [33,34] дають однозначну відповідь: суттєве покращення екологічної обстановки можливе лише за умови радикального зниження викидів від спалювання твердого палива в індивідуальних господарствах. При цьому слід зазначити, що основна маса приватного сектору та малоповерхових багатоквартирних будинків старого фонду не відповідає навіть мінімальним вимогам енергетичної ефективності згідно з ДБН В.2.6-31:2016.

2.4 Висновки до розділу 2

1. Розвиток вітчизняної нормативної бази пройшов шлях від спрощених розрахунків термічного опору окремих конструкцій до комплексної системи оцінки енергоефективності всієї будівлі. Сучасні норми України базуються на принципах енергетичної сертифікації, що дозволяє класифікувати будівлі за рівнем енергоспоживання від A до G.

2. Встановлено, що чинна система технічного регулювання в Україні активно інтегрується в європейське правове поле. Впровадження гармонізованих стандартів дозволяє використовувати сучасні методики розрахунку теплових містків, динамічних характеристик та енергопотреби, що є необхідною умовою для проектування будівель із близьким до нульового рівнем енергоспоживання.

3. Міжнародні «зелені» стандарти (LEED, BREEAM, DGNB) є

дієвим інструментом підвищення якості будівництва, оскільки охоплюють ширший спектр критеріїв, ніж традиційні норми. Окрім теплотехніки, вони стимулюють стале землекористування, водозбереження, використання екологічних матеріалів та забезпечення високого рівня комфорту для користувачів.

4. Попри наявність розвиненої нормативної бази, масове впровадження «зелених» технологій в Україні стримується економічними та кадровими факторами. Основними перешкодами є тривалі терміни окупності високовартісних систем, дефіцит кваліфікованих інженерів, здатних проектувати «розумні» еко-системи, та недостатня фінансова підтримка енергоефективних проектів.

5. Аналіз показав, що покращення екологічної ситуації в промислових та житлових районах неможливе лише через регулювання промислових викидів. Критично важливим залишається питання термомодернізації приватного сектору та малоповерхової забудови старого фонду, оскільки низька енергоефективність цих об’єктів та використання пічного опалення залишаються основними джерелами забруднення повітря сажею та угарним газом у зимовий період.

РОЗДІЛ 3
АНАЛІЗ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ В УКРАЇНІ З ПОЗИЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

3.1 Дослідження проєктів капітальних ремонтів та реконструкції будівель з позиції теплового захисту

Значна частина житлового фонду міста Київ, особливо забудова 70–90-х років, не відповідає сучасним стандартам теплового захисту та має виражені дефекти огороджувальних конструкцій. У цій роботі аналіз теплового захисту проводиться на прикладах багатоквартирних будинків, що підлягають термомодернізації за київською муніципальною програмою співфінансування «70/30» або за загальнодержавною програмою «Енергодім».

Дослідження параметрів теплового захисту огороджувальних конструкцій будівель складається з трьох ключових етапів:

1. Перший етап — тепловізійна діагностика за допомогою тепловізора *Flir B200*. Метою є виявлення прихованих дефектів: порушення герметичності стиків, тріщин у панелях, зон інтенсивних тепловтрат та місць потенційного утворення конденсату й біологічної корозії.
2. Другий етап — чисельне моделювання структурних вузлів у програмному середовищі (ELCUT або THERM). Це дозволяє детально вивчити розподіл температурних полів у критичних зонах (кути, стики, примикання вікон) для будівель, що потребують капітального ремонту.
3. Третій етап — комплексний аналіз енергетичних характеристик будівлі та визначення потенціалу енергозбереження після впровадження заходів із термомодернізації.

У ході дослідження було виконано тепловізійну зйомку типових панельних будинків серії 134, проведено розрахунок температурних полів для вузлів стикування стінових панелей та встановлено причини низької енергоефективності огороджувальних оболонок.

Математичне моделювання теплового режиму вузлів проводилося для холодного періоду року за таких граничних умов, що відповідають I кліматичній зоні України (м. Київ):

- температура внутрішнього повітря: t_{int} =20∘C;
- розрахункова температура зовнішнього повітря для м. Київ: t_{ext}=−22°C (згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27);
- коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні: α_{si}=8,7 Вт/(м^2·К);
- коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні: α_{se}=23 Вт/(м^2·К).

Об'єктом дослідження став панельний будинок серії 134 у місті Київ. Тепловізійна зйомка проводилася у січні 2021 року для фіксації реального технічного стану конструкцій у піковий період опалювального сезону (рисунки 3.1 та 3.2).

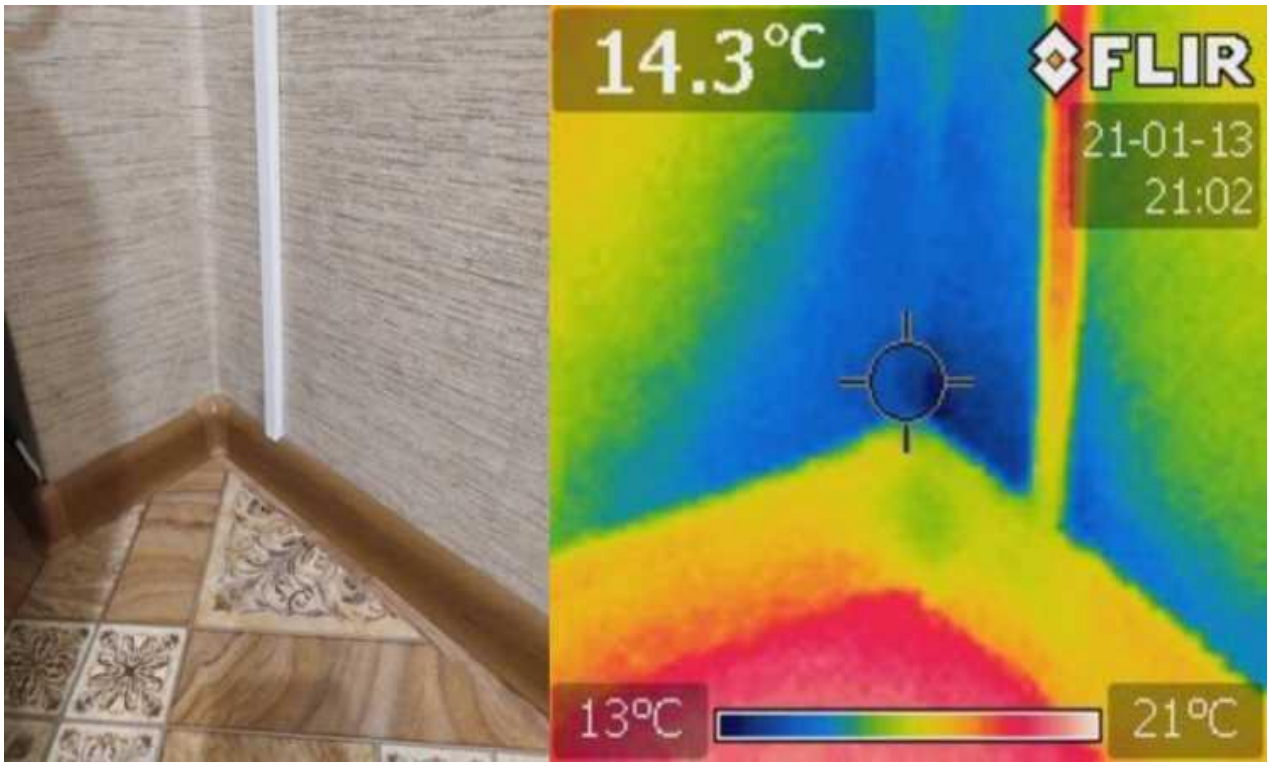


Рисунок 3.1 — Термограма стику зовнішньої стіни та міжповерхового перекриття панельного будинку

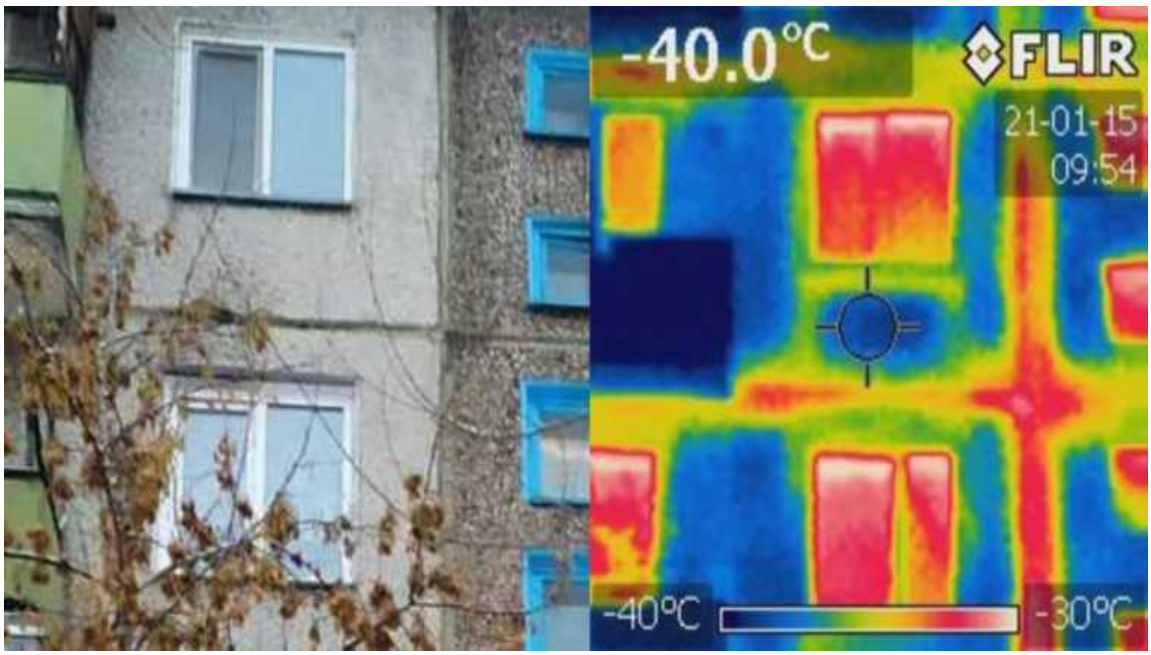


Рисунок 3.2 — Термограма фасаду житлового будинку

На рисунку 3.1 представлено фото вузла стикування плити перекриття та зовнішньої огороджувальної конструкції (зовнішній кут будівлі). На зображенні можна побачити, що в цій зоні утворюється гетерогенне температурне поле: температура в куті є значно нижчою, ніж у приміщенні. Температура на внутрішній поверхні стику становить лише +14,3 °С, що свідчить про наявність вираженого «містка холоду».

На рисунку 3.2 зображено фрагмент фасаду житлового панельного будинку та його термограму. За результатами зйомки можна зробити висновок, що міжпанельні шви, а також засклені частини фасаду є причиною значних тепловтрат будівлі. Температура їхніх поверхонь суттєво відрізняється від температури поверхонь стінових панелей, що вказує на незадовільний стан герметизації стиків та низькі теплоізоляційні властивості віконних конструкцій.

Щоб вивчити процес утворення теплових потоків у вузлах конструкції будівлі, необхідний аналіз температурного поля для цих структурних елементів. За результатами розрахунку було отримано температурні поля для кожного з цих вузлів.

Як об'єкти дослідження було використано такі вузли:

1. Монтажний вузол закритого стику із замоноліченими зв’язками на сталевих скобах типового панельного будинку з великим кроком поперечних несних стін (рисунок 3.3);

2. Тришарова залізобетонна панель типового панельного будинку з малим кроком поперечних несних стін, де як утеплювач використовуються напівжорсткі плити з мінеральної вати (рисунок 3.4).

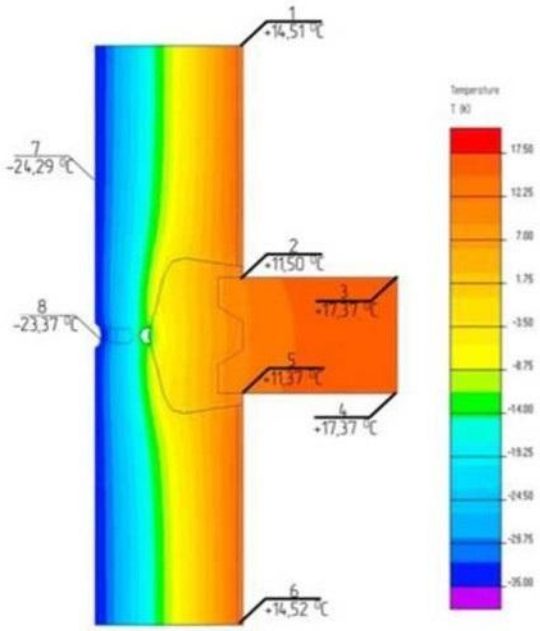


Рисунок 3.3 — Температурне поле вузла примикання внутрішньої стіни до зовнішньої огороджувальної конструкції

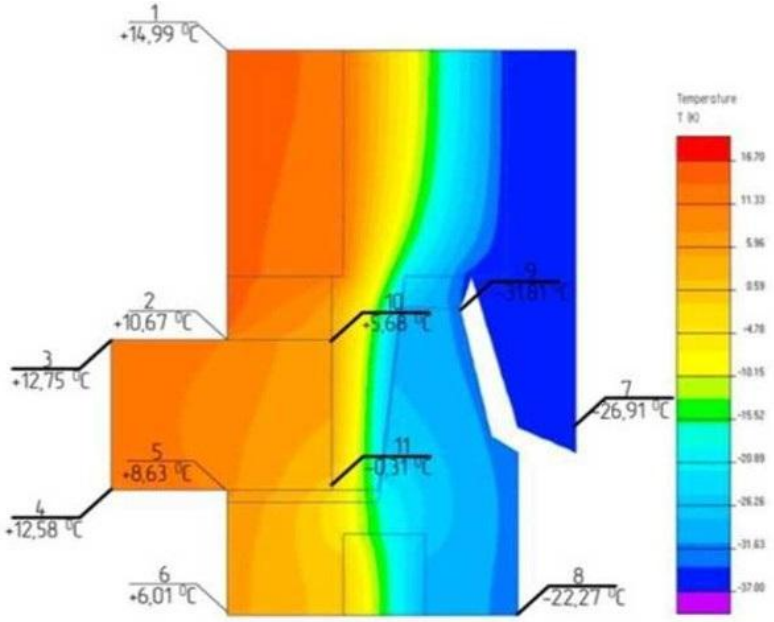


Рисунок 3.4 — Температурне поле вузла примикання плити перекриття до зовнішньої тришарової стіни

За результатами дослідження моделей конструктивних вузлів було виявлено, що на внутрішніх поверхнях стіни спостерігається значне зниження температури до 11,50∘С (розрахункова точка 2, рисунок 3.3) та до 10,67∘С (розрахункова точка 2, рисунок 3.4), що не відповідає мінімально допустимій температурі в місці стику зовнішньої стіни та плити перекриття згідно з [36].

Очевидно, що конструкція вузла формує інтенсивний тепловий потік крізь стіну, що спричиняє спотворення температурного поля в цій області. Таким чином, це призводить до появи промерзань, конденсату та розвитку грибкових утворень (плісняви) у період експлуатації будівлі.

Аналіз отриманих моделей показує, що низька енергетична ефективність панельних будинків типових серій полягає як у самому проєктному рішенні вузлів (рисунок 3.3), так і є результатом дефектів на етапі будівництва — відсутності клина з утеплювачем (рисунок 3.4).

На сьогодні клас енергетичної ефективності житлових та громадських будівель в Україні залежить від показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні будівлі. Відхилення розрахункового значення цього показника від нормованого (максимально допустимого) значення визначає клас енергоефективності в діапазоні від «G» до «A» згідно з, де:

- «G» — найнижчий клас (незадовільний рівень);
- «C» — мінімально допустимий клас для нових будівель та об’єктів після реконструкції;
- «A» — найвищий клас (енергопасивні будівлі або будівлі з близьким до нульового енергоспоживанням).

Питоме енергоспоживання будівлі (показник q) визначається балансом тепловтрат та теплонадходжень. Згідно з чинною методикою розрахунку, формула енергетичного балансу має наступний вигляд:

$$q=(q_{tr}+q_{v})-\eta\cdot(q_{int}+q_{sol}), \quad (3.1)$$

де:

- q_{tr} — питома теплоізоляційна (трансмісійна) характеристика будівлі, Вт/(м³·К). Вона залежить від приведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, опалюваного об'єму будівлі, площі теплоізоляційної оболонки та показника її компактності;
- q_v — питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м³·К). Залежить від кратності повітрообміну, часу роботи вентиляції (для громадських будівель), а також від теплоємності, щільності та кількості повітря, що подається;
- q_{int} — питома характеристика внутрішніх (побутових) теплонадходжень будівлі, Вт/(м³·К). Залежить від тепловиділень людей, обладнання та освітлення, розрахункової площі приміщень, а також від різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря;
- q_{sol} — питома характеристика теплонадходжень від сонячної радіації, Вт/(м³·К). Залежить від орієнтації та площі вікон, наявності сонцезахисних пристроїв та середньої висоти поверху будівлі;
- η — коефіцієнт використання теплонадходжень. Залежить від теплової інерції огороджувальних конструкцій та ефективності регулювання подачі теплоти.

Найбільш значущою складовою цих коефіцієнтів є приведений опір теплопередачі (R_q або $R_{\Sigma pri}$) фрагмента теплоізоляційної оболонки. Цей параметр розраховується за формулою приведеного коефіцієнта теплопередачі U (згідно з ДБН В.2.6-31:2021):

$$U = \frac{1}{R_q} = \sum U_i f_i + \sum \psi_j l_j + \sum \chi_k n_k , \qquad (3.2)$$

де:

- l_j — протяжність лінійної неоднорідності (теплопровідного включення) j-го виду, прихована на 1 м² фрагмента огороджувальної конструкції, м/м²;
- ψ_j — лінійний коефіцієнт теплопередачі (питомі втрати теплоти

через лінійну неоднорідність j-го виду), Вт/(м·К);

- n_k — кількість точкових неоднорідностей k-го виду на 1 м² фрагмента конструкції, шт./м²;
- χ_k — точковий коефіцієнт теплопередачі (питомі втрати теплоти через точкову неоднорідність k-го виду), Вт/К;
- f_i — частка площі плоского (однорідного) елемента і-го виду в загальній площі фрагмента конструкції, м²/м²;
- Ui — коефіцієнт теплопередачі однорідної частини конструкції, Вт/(м²·К). Обчислюється як $1/R_i$, де R_i — термічний опір однорідної частини.

Найбільший інтерес у цій формулі становлять перші два доданки знаменника (або знаменника виразу для приведеного опору). Вони характеризують теплові втрати крізь плоскі елементи теплоізоляційної оболонки будівлі, а також крізь лінійні неоднорідності огороджувальної конструкції.

У ході цього дослідження було виконано розрахунок приведеного опору теплопередачі. Як вихідні дані було прийнято фрагмент фасаду панельного будинку, розглянутого вище. Фрагмент складався з чотирьох панелей розміром 3,0 х 2,7 м, у кожній з яких було вікно розміром 1,5 х 1,5 м.

У таблиці 3.1 наведено обчислені значення розрахункових величин.

Таблиця 3.1 — Результати розрахунку приведеного опору теплопередачі

Величина	Позначення	Значення
Термічний опір вікон	$R_1^{\text{ум}}$	0,980 (м² °С)/Вт
Термічний опір огороджувальної конструкції	$R_2^{\text{ум}}$	1,944 (м² °С)/Вт
Величина тепловтрат через плоскі фрагменти теплозахисної оболонки будівлі	$\sum U_i \alpha_i$	0,62 (м² °С)
Величина тепловтрат через лінійні неоднорідності теплозахисної оболонки будівлі	$\sum \psi_j l_j$	0,50 (м² °С)
Наведений опір теплопередачі	$R_0^{\text{пот}}$	1,479 (м² °С)/Вт

Виходячи з розрахунку, можна побачити, що опір теплопередачі вікон у два рази менший за аналогічний показник для огороджувальної конструкції, що свідчить про те, що вікна є причиною втрати великої кількості тепла. На сьогодні цей показник для вікон є досить низьким, проте це не вважається дефектом, оскільки нормативною базою закріплено допустимий низький опір теплопередачі для світлопрозорих конструкцій.

Аналіз результатів показав, що на величину теплових втрат площа засклення впливає більшою мірою, ніж лінійні теплопровідні включення. Компенсує цей ефект лише встановлення радіаторів під вікнами або використання сучасних склопакетів із нанесенням енергозберігаючого покриття.

У зв’язку з цим актуальним постає питання перегляду та коригування нормативної бази з теплового захисту, витоки якої сягають середини XX століття.

Радіаційні втрати крізь віконне скло становлять близько 60% від загальних тепловтрат у стандартному вікні. Одним із економічно ефективних рішень цієї проблеми є застосування покриттів із низьким коефіцієнтом випромінювання (Low-E).

Технологія покриття, що використовується, полягає в нанесенні на поверхню звичайного полірованого скла багатошарового композиту з тонкого шару кольорових металів та напівпровідникових оксидів металів.

Крім того, у простір між стеклами закачують інертні гази — аргон (Ar) або криптон (Kr), які мають більшу густину, ніж повітря. Ця властивість дозволяє інертним газам виступати кращим ізолятором у склопакетах.

Робота всієї віконної системи полягає в блокуванні значної кількості променистої теплопередачі, тим самим зменшуючи вхідний (або вихідний у зимовий період) тепловий потік крізь вікно.

Порівняльна характеристика енергозберігаючих вікон порівняно з іншими типами вікон представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 — Порівняльна характеристика вікон [37]

Тип склопакета / конструкції	Характеристика заповнення	Опір теплопередачі R, $м^2 \cdot К/Вт$	Ефективність (зменшення тепловтрат)
Звичайний однокамерний	Повітря	~0,32	Базовий рівень (не відповідає нормам)
Однокамерний з Low-E склом	Повітря	~0,51	Середній рівень
Однокамерний з Low-E склом	Аргон (Ar)	~0,59–0,66	Високий рівень
Двокамерний енергозберігаючий	Аргон (Ar) + 2 скла Low-E	0,75–1,20	Оптимальний рівень (відповідає нормам м. Київ)
Двокамерний з Криптоном	Криптон (Kr) + 2 скла Low-E	> 1,30	Максимальний енергозберігаючий ефект

У середньому термін окупності подібних вікон становить 3–4 роки завдяки зменшенню витрат на опалення, а також на охолодження приміщень у літній період. Термін експлуатації таких вікон становить 20–25 років. Таким чином, застосування енергозберігаючих вікон сприяє підвищенню класу енергоефективності будівлі.

Для багатоквартирних будинків у Києві, що беруть участь у програмах співфінансування наприклад, «70/30» або «Енергодім», термін окупності може бути навіть коротшим за 3 роки, оскільки значну частину витрат на встановлення енергоефективних вікон компенсує держава або місто.

3.2 Огляд дефектів теплового захисту з позиції теплозбереження

У багатьох наукових публікаціях показано прямий взаємозв'язок між тепловтратами крізь зовнішній контур будівель та кількістю спалюваного палива. Прагнучи забезпечити більш комфортні умови в оселях, мешканці допускають перевитрату енергетичних ресурсів.

Реалізація заходів із теплозбереження можлива під час проєктування капітального ремонту будівель за державними та регіональними програмами, оскільки це дозволяє значною мірою підвищити теплозахисні властивості зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Аналіз великої кількості проєктів капітальних ремонтів житлових будинків виявив наступне: основна увага приділяється заміні та ремонту дахів та інженерних мереж. При цьому розгляд питань теплозбереження є практично нульовим.

На рисунках 3.5(а) та 3.6(а) представлено вузли, розроблені проєктувальниками під час підготовки проєктів капітальних ремонтів багатоквартирних житлових будинків. За виконаними термограмами можна зрозуміти, що такі конструктивні рішення не є ефективними.

На рисунках 3.5(в) та 3.6(в) представлено ті самі вузли, але зі змінами — розроблено альтернативний варіант утеплення цокольного та карнизного вузлів. Для кожного з вузлів було підібрано додаткові заходи з теплоізоляції. За рисунками видно, що існує можливість покращити показники енергоефективності будівель при глибшому та детальнішому підході до цього питання. Однак відсутність безперервного контуру утеплення будівлі в будь-якому з цих випадків призводить до значного температурного перепаду.

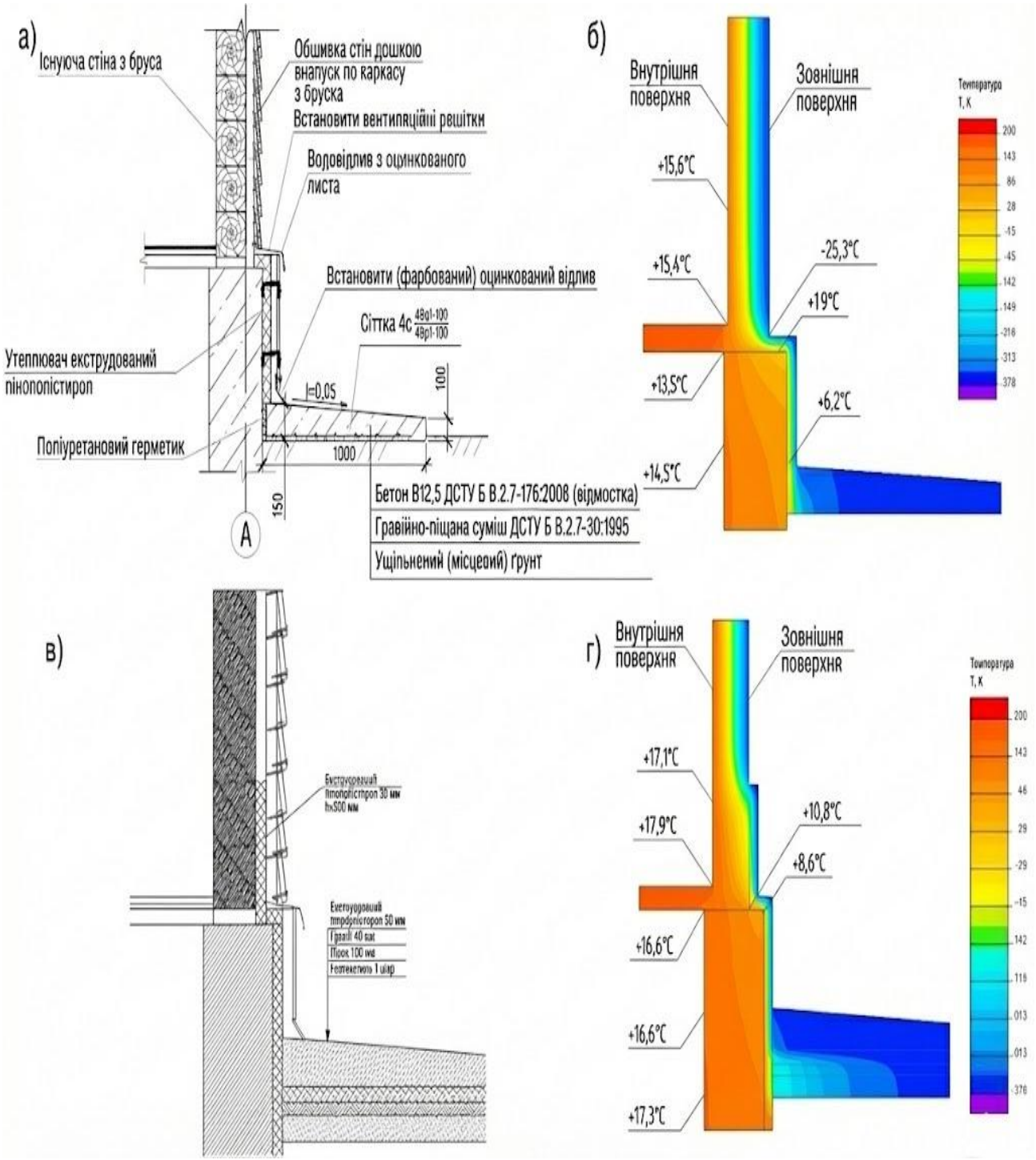


Рисунок 3.5 — Конструктивні вузли цокольної частини будівлі

а, б — рішення вузла та термограма в існуючому варіанті виконання;

в, г — модернізований варіант виконання.

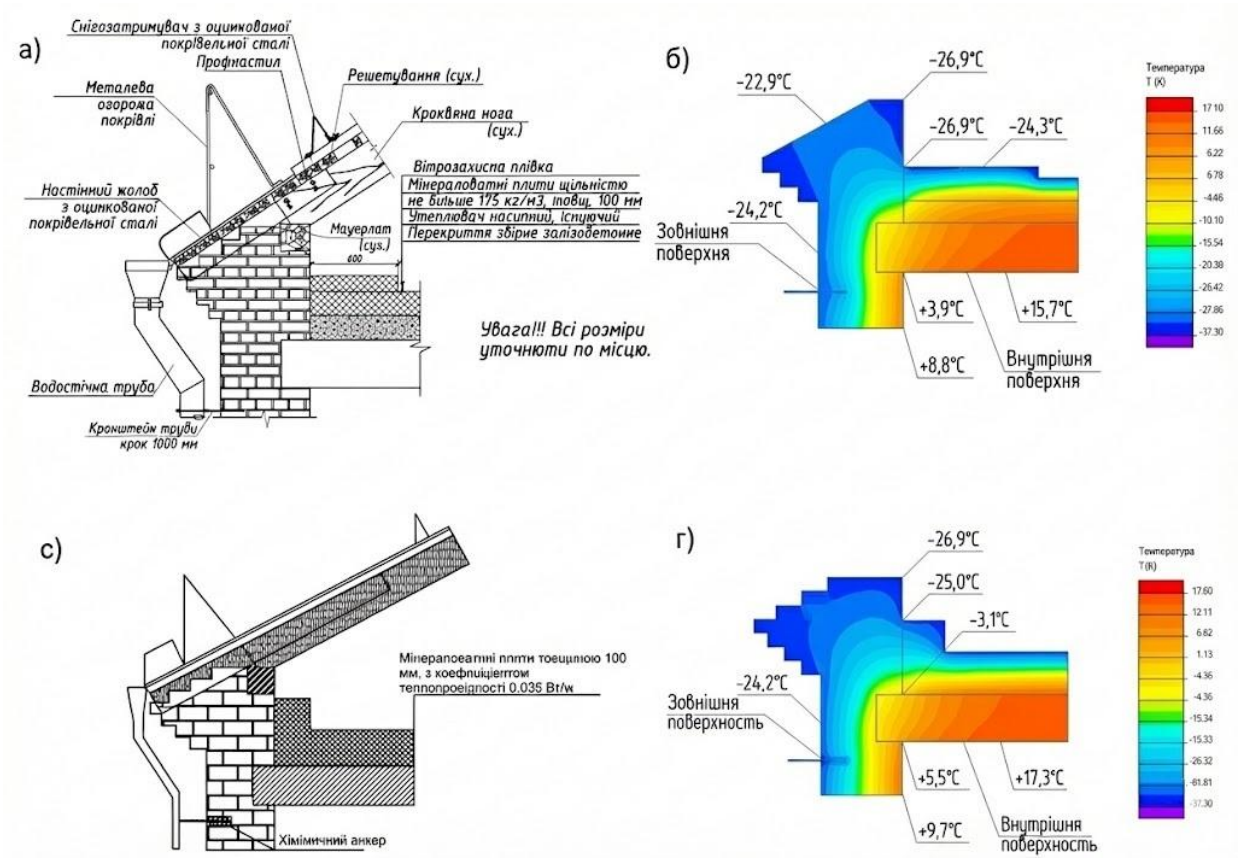


Рисунок 3.6 – Конструктивні вузли карнизної частини будівлі:
а, б – рішення вузла та термограма в існуючому варіанті виконання;
в, г – модернізований варіант виконання.

Аналізуючи проєктну документацію на об’єкти капітального будівництва, а також проєкти капітальних ремонтів, стає очевидним факт некоректного врахування роботи зовнішньої оболонки будівлі в зимовий період. Багато факторів не беруться до уваги, необхідні розрахунки не виконуються.

Таким чином, можна зазначити, що обов’язкова на регіональному рівні сертифікація будівель відповідно до «Зелених стандартів» призведе до поліпшення ситуації з енергоефективністю в регіоні. Такі заходи мають низку переваг.

За умови дотримання рекомендацій нормативних вимог концентрація чадного газу та сажі в повітрі зменшиться на 30–40 %, а енергоспоживання

може бути знижене на 30 %.

3.3 Розробка заходів щодо підвищення рівня теплового захисту

Зіткнувшись із проблемою невідповідності міської забудови сучасним стандартам із теплового захисту, під час роботи було проведено аналіз теплового захисту будівель, а також розроблено заходи щодо підвищення рівня теплового захисту.

За результатами тепловізійної зйомки можна зробити висновок, що шви між панелями, а також засклені частини фасадів є причиною значних теплових втрат. Також низька енергетична ефективність панельних будівель типових серій зумовлена як самими проєктними рішеннями вузлів, так і дефектами на етапі будівництва.

Термічний опір вікон удвічі менший за аналогічний показник для огороджувальної конструкції, що свідчить про те, що вікна є причиною втрати великої кількості тепла. Проте це не є дефектом, оскільки нормативною базою закріплено допустимий низький опір теплопередачі. Дослідження показали, що на величину теплових втрат площа скління впливає більшою мірою, ніж лінійні теплопровідні включення. Компенсує цей ефект лише встановлення радіаторів під вікнами або використання сучасних склопакетів із нанесенням енергозберігаючого покриття.

Зниження тепловтрат будівлі є одним із найефективніших способів підвищення теплового захисту. Відповідно до досліджень [38], [39], [40], [41] було складено діаграму балансу втрат теплоти будівлями, яку представлено на рисунку 3.7.

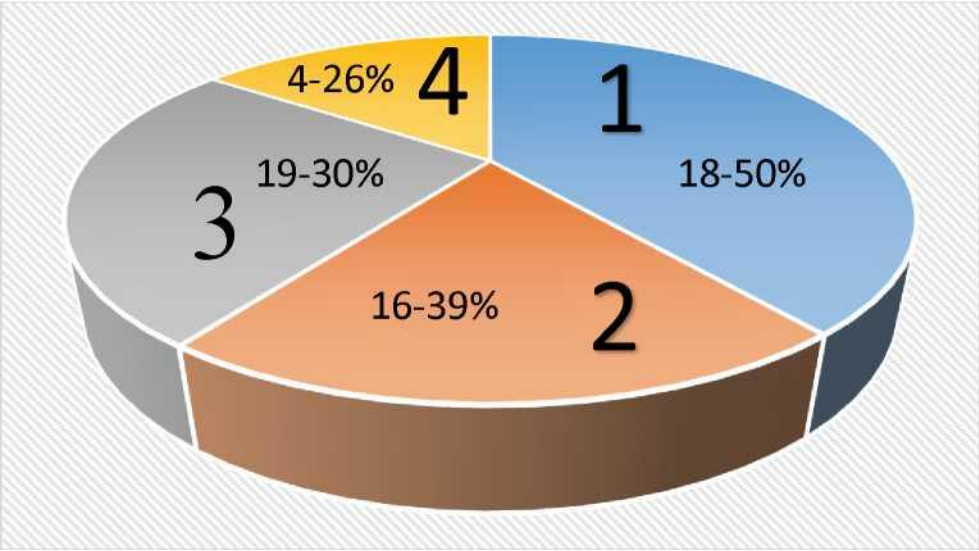


Рисунок 3.7 – Усереднений баланс втрат теплоти будівлями у відсотках
1 – інфільтрація; 2 – стіни; 3 – вікна та двері; 4 – підлога та горище

Слід зазначити, що баланс втрат теплоти залежить від багатьох факторів, як-от року побудови будівлі та її призначення, поверховості, типу огороджувальних конструкцій, орієнтації за сторонами світу, регіону тощо. Як видно з рисунка 3.7, найбільші втрати будівлі пов'язані з інфільтрацією та повітрообміном у приміщенні. Знизити ці втрати можна за рахунок сучасних віконних блоків, дверних прорізів та правильної організації повітрообміну в приміщенні.

На другому місці в усередненому балансі втрат будівель знаходяться втрати через зовнішні стіни. Розв'язати цю проблему можна шляхом утеплення стін як зовні, так і зсередини. Утеплення внутрішньої поверхні стін є недоцільним, оскільки при цьому скорочується площа приміщення, зовнішні стіни залишаються вразливими до промерзання та впливу перепадів температур, а між утеплювачем і стіною може утворюватися волога (конденсат). За такого підходу можна досягти зниження втрат теплоти, але стіна не буде захищена від впливу навколишнього середовища.

На сьогодні перевагу надають зовнішньому утепленню стін, що має низку переваг: стіни надійно захищені від сезонних та добових температурних коливань, а також від впливу опадів; точка роси винесена за межі конструкції

стіни; підвищується звукоізоляція. Варіант розподілу температур у стіні із зовнішнім утепленням представлений на рисунку 3.8.

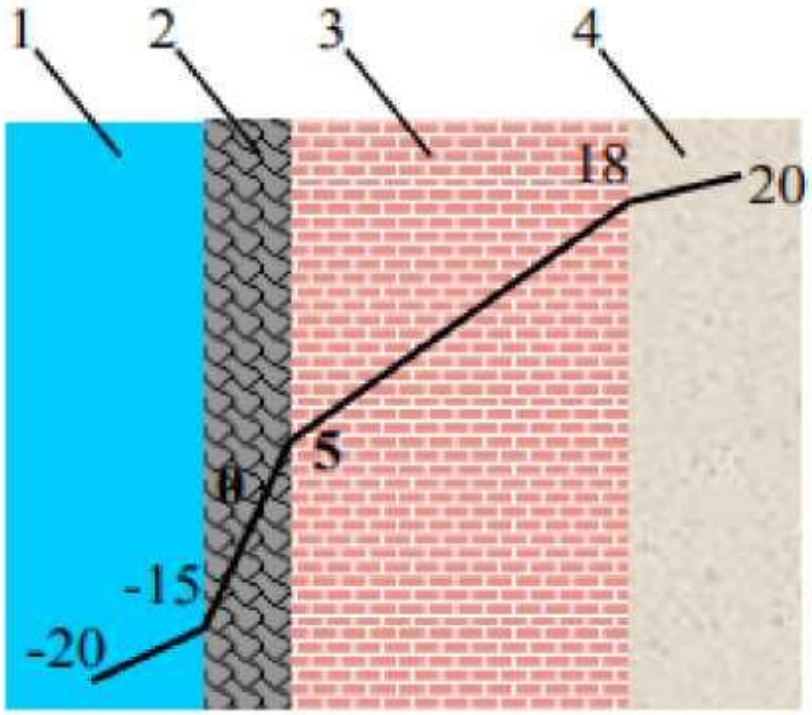


Рисунок 3.8 – Розподіл температур у стіні

1) зовнішнє повітря; 2) теплоізоляційна конструкція; 3) стіна; 4) внутрішнє повітря

Заходи щодо підвищення рівня теплового захисту (для наочності представлені на рисунку 3.9) розроблені на підставі проведених досліджень, а також з урахуванням вимог [2]:

1. Перегляд і коригування нормативної бази з теплового захисту будівель, а саме: внесення змін до нормованих значень опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, а також до деяких пунктів чинних нормативних документів, які більш детально описані в 4 розділі цієї роботи;

2. Підвищення термічного опору огороджувальних конструкцій (утеплення стін, використання енергозберігаючих вікон);

3. Забезпечення безперервного контуру утеплення будівлі;

4. Врахування роботи зовнішньої оболонки будівлі в зимовий період;

5. Використання ефективних теплоізоляційних матеріалів та їх раціональне розташування в огороджувальних конструкціях, що забезпечує

вищу теплотехнічну однорідність та експлуатаційну надійність зовнішніх огороджень, а також підвищення ступеня ущільнення стиків і притулів елементів зовнішніх огороджень, що відкриваються;

6. Правильна організація мікроклімату приміщень, застосування ефективних видів опалювальних приладів та більш раціональне їх розташування;

7. Блокування будівель із забезпеченням надійного примикання сусідніх будівель;

8. Зниження площі світлових прорізів житлових будівель до мінімально необхідної за вимогами природної освітленості;

9. Влаштування тамбурних приміщень за вхідними дверима.



Рисунок 3.9 – Заходи щодо підвищення рівня теплового захисту

Таким чином, при використанні даних заходів щодо підвищення рівня теплового захисту під час проєктування нових, а також реконструкції існуючих будівель і споруд, покращиться ситуація з енергоефективністю в регіоні, що дозволить знизити концентрацію чадного газу та сажі в повітрі на 30–40 %, а також енергоспоживання на 30 %.

3.4 Удосконалення енергетичних характеристик споруд під час перебудови міської інфраструктури

У ході аналізу нормативно-правових документів у галузі теплового захисту було виявлено, що основоположним історичним документом є БНіП II-3-79 «Будівельна теплотехніка», на якому ґрунтуються всі наступні документи, що замінювали його з певними змінами.

На сьогодні в Україні основним нормативним документом є ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель». Також діють ДСТУ EN ISO 52016-1:2017, що регламентує розрахунок енергопотреб для опалення та охолодження, та ДБН В.1.2-11:2021, який встановлює основні вимоги до будівель і споруд щодо енергозбереження та енергоефективності.

Щодо підвищення енергетичної ефективності існуючих будівель, пропонується внести зміни до методики нормування при реконструкції (за аналогією з п. 5.1 ДБН В.2.6-31:2021). Необхідно закріпити вимогу: при частковій реконструкції будівлі (зокрема при зміні габаритів будівлі за рахунок прибудов чи надбудов) вимоги чинних норм щодо теплової ізоляції мають поширюватися на всю будівлю в цілому, а не лише на її змінену частину. Це критично важливо для системного підвищення енергоефективності міської забудови та виконання вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».

На підставі досліджень, проведених у розділі 3.1 цієї роботи, було виявлено, що опір теплопередачі вікон у середньому вдвічі менший за аналогічний показник для огороджувальної конструкції. Це підтверджує, що

вікна є основним каналом втрат значної кількості теплоти. Попри те, що чинні норми України ДБН В.2.6-31:2021 вже встановили вищі вимоги до вікон R_{qmin}=0,75–0,90 м²·К/Вт залежно від температурної зони, цей показник все ще залишається «слабкою ланкою» енергобалансу. Таким чином, необхідно продовжувати корекцію нормативних значень у бік збільшення до рівня 1,0 м²·К/Вт і вище для досягнення показників будівель із близьким до нульового енергоспоживанням (NZEB).

У зв'язку з цим, у таблицю 3.3 [22] необхідно внести зміни до графи нормованих значень опору теплопередачі вікон та балконних дверей, вітрин та вітражів:

Таблиця 3.3 – Внесення змін до нормованих значень опору теплопередачі огороджувальних конструкцій

Будинки та приміщення, коефіцієнти a та b	Градусо-доби опалювального періоду D_d, °С · доба	Нормовані значення опору теплопередачі R_{req}, м^2·°С/Вт огороджувальних конструкцій (вікон та балконних дверей, вітрин та вітражів)
1. Житлові, лікувально-профілактичні та дитячі установи, школи, інтернати, готелі та гуртожитки	2000 4000 6000 8000 10000 12000	0,3–0,45 0,45–0,675 0,6–0,9 0,7–1,05 0,75–1,125 0,8–1,2
a	—	—
b	—	—
2. Громадські (крім зазначених вище), адміністративні та побутові, виробничі та інші будинки і приміщення з вологим або мокрим режимом	2000 4000 6000 8000 10000 12000	0,3–0,4 0,4–0,6 0,5–0,8 0,6–1 0,7–1,2 0,8–1,4
a	—	0,00005 – 0,0001
b	—	0,2
3. Виробничі з сухим та нормальним режимами	2000 4000 6000 8000	0,25–0,3 0,3–0,4 0,35–0,5 0,4–0,6

Будинки та приміщення, коефіцієнти a та b	Градусо-доби опалювального періоду D_d, °C · доба	Нормовані значення опору теплопередачі R_{req}, м²·°C/Вт огороджувальних конструкцій (вікон та балконних дверей, вітрин та вітражів)
	10000 12000	0,45–0,7 0,5–0,8
a	—	0,000025 – 0,00005
b	—	0,2

Таким чином, у цій роботі пропонується внести зміни до таблиці, змінивши нормовані значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій (вікон) у 1,3–1,75 раза, що дозволить у розрахунках вимагати вищого термічного опору вікон.

На основі модернізованого конструктивного вузла карнизної частини будівлі (рисунок 3.6), описаного у п. 3.2 цієї роботи, необхідно внести зміни до п. 8.20 [23]:

У разі покрівлі з холодним горищем теплоізоляція укладається по горищному перекриттю, а також заводиться на стіну до мауерлата, щоб уникнути тепловтрат. Теплоізоляційний шар по периметру горища на ширину не менше ніж 1 м рекомендується захищати від зволоження. Вентиляційні шахти та витяжки каналізаційних стояків при холодному горищі з випуском повітря назовні мають бути утеплені вище горищного перекриття.

Таким чином, при внесенні таких змін до нормативно-правових документів вони б стали більш дієвими, а також могли б підвищити енергетичну ефективність об’єктів під час реконструкції міської забудови

3.4.1 Рекомендації щодо дотримання теплотехнічних вимог під час розроблення проєктів

Для енергоефективної реконструкції міської забудови в цій роботі було розроблено рекомендації для проєктувальників та будівельників, яких слід

дотримуватися під час реконструкції та капітального ремонту будівлі.

У зв’язку з постійним підвищенням вимог до енергетичної ефективності виникає потреба у перетворенні та оновленні наявної міської забудови, тому необхідним є впровадження у проєкти реконструкції міської забудови комплексу локальних та зонально-територіальних енергозберігаючих заходів (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Класифікація заходів з капітального ремонту будівель з точки зору енергозбереження

Енергоефективна реконструкція міської забудови проводиться з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів у процесі функціонування міста та життєдіяльності населення.

Утеплення покрівель та горищ є одним із найважливіших аспектів енергозбереження, оскільки саме через покрівлю та горище часто відбуваються витоки тепла. Під час проєктування або реконструкції будівлі з холодним горищем, при утепленні плит покриття необхідно заводити утеплювач на стіну до мауерлата, завдяки чому частина стіни, що височіє над покриттям, не промерзатиме і не буде теплових втрат через вузол примикання

перекриття до стіни (рисунок 3.11).

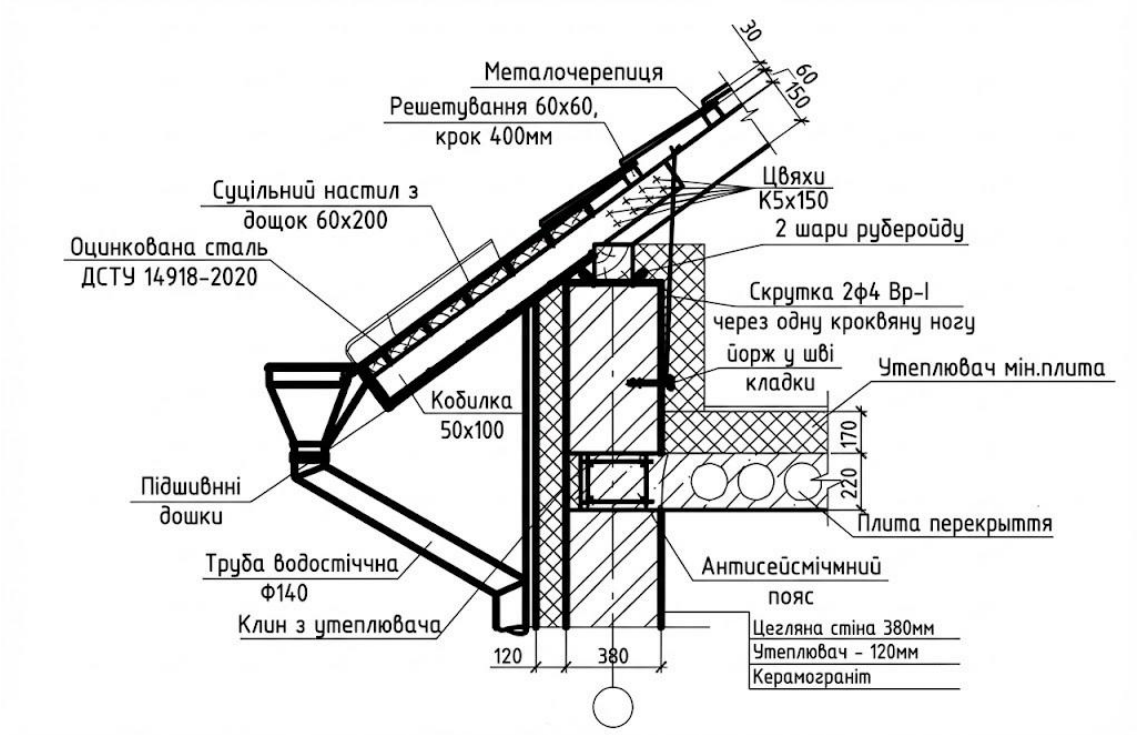


Рисунок 3.11 – Вузол карнизної частини будівлі

За відсутності горища або за наявності теплого горища необхідно забезпечити безперервний контур утеплення (рисунок 3.12)

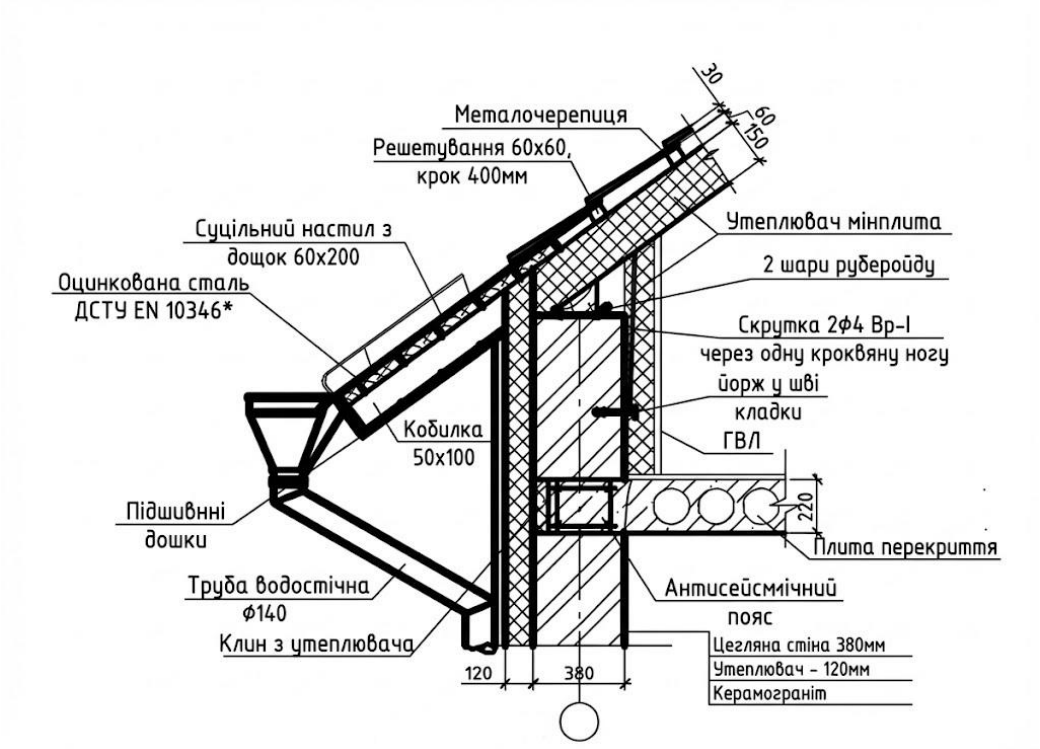


Рисунок 3.12 – Вузол карнизної частини будівлі

Утеплення фасадів є одним із найефективніших способів підвищення енергетичної ефективності об’єктів під час реконструкції міської забудови. При цьому необхідно забезпечити безперервний контур утеплення будівлі. Слід приділити особливу увагу вузлам стикування утеплювача з іншими конструкціями.

На рисунках 3.13. та 3.14 представлені вузли утеплення фасадів будівель. У карнизній частині під вікном необхідно заводити утеплювач під карниз (відлив), доводячи його впритул до віконного блока, щоб уникнути містка холоду (рисунок 3.14).

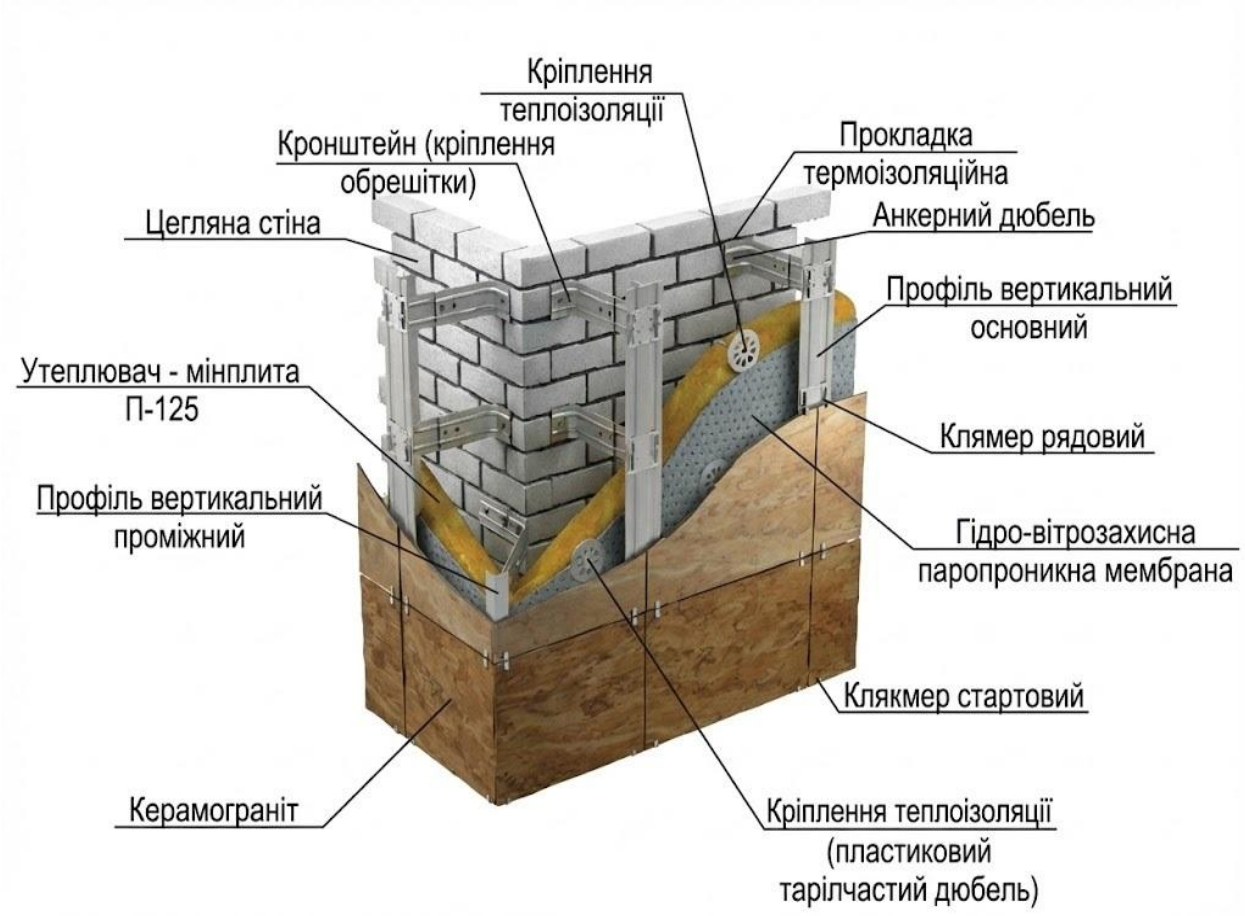


Рисунок 3.13 – Утеплення фасаду будівлі

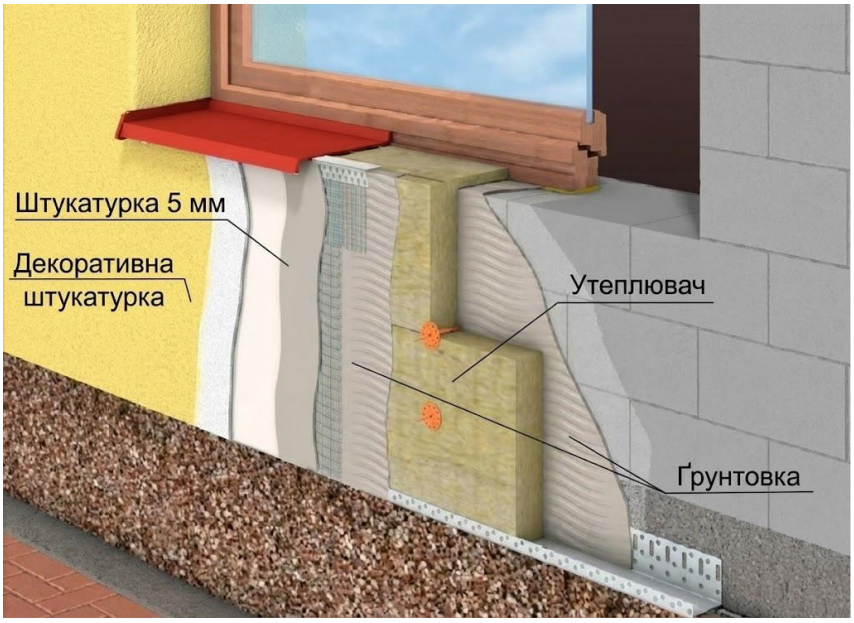


Рисунок 3.14 – Утеплення фасаду будівлі

Заміна вікон та балконних дверей також є одним із найефективніших способів підвищення енергетичної ефективності об’єктів під час реконструкції міської забудови.

Для оцінки економічного ефекту від заміни застарілого віконного блока на сучасний визначається економія теплових втрат через віконні конструкції.

Загальні втрати тепла крізь віконний блок або дверний балконний блок складаються з:

- втрат тепла крізь стулки та рами;
- втрат тепла крізь світлопрозору частину;
- втрат тепла крізь непрозору частину заповнення балконних дверей;
- додаткових втрат тепла в крайових зонах на ділянках спряження рами зі світлопрозорим заповненням;
- додаткових втрат тепла в крайових зонах на ділянках спряження рами з непрозорим заповненням балконних дверей.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі скління в крайових зонах визначається за формулою:

$$\psi_{\text{ост}} = \frac{\Delta Q_{kp}}{(t_{int} - t_{ext}) * L}, \tag{3.3}$$

де:

- ΔQ_{kp} — додаткові втрати тепла в крайових зонах на ділянках спряження рами із заповненням світлопрозорої частини;
- t_{int}, t_{ext} — розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря відповідно, °C;
- L — довжина розрахункової конструкції, м.

Для розрахунку прийнято:

- Розрахункова температура внутрішнього повітря: t_{int}=+20°C.
- Розрахункова температура зовнішнього повітря: t_{ext}=−26°C.
- Різниця температур: Δt=46°C.

Примітка: Оскільки теплові втрати прямо пропорційні різниці температур, усі значення Q перераховані за коефіцієнтом k=46/57≈0,807.

1. Розрахунок для застарілого дерев'яного віконного блока

Величина додаткових втрат тепла в крайових зонах:

- $\Delta Q_{пер}$ = 0,01127·(46/57)=0,00909Вт;
- $\Delta Q_{ост}$ = 0,00425·(46/57)=0,00343Вт;
- ΔQ_{kp} = 0,00909+0,00343=0,01252Вт.

Загальні втрати тепла крізь віконний блок:

$Q_{обл}$ = 0,00909+0,00343+0,01252=0,02504Вт.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі скління:

$\Psi_{ост}$ = (20+26)·0,0010,01252≈0,272≈0,27Вт/(м·К).

2. Розрахунок для сучасного віконного блока (ПВХ-профіль, двокамерний склопакет)

Величина додаткових втрат тепла в крайових зонах:

- $\Delta Q_{пер}$ = 0,00194·(46/57)=0,00157Вт;
- $\Delta Q_{ост}$ = 0,0009·(46/57)=0,00073Вт;
- ΔQ_{kp} = 0,00157+0,00073=0,00230Вт.

Загальні втрати тепла крізь віконний блок:

$Qo_{бл}$ = 0,00157+0,00073+0,00230=0,00460Вт.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі скління:

$\Psi_{ост}$=(20+26)·0,0010,00230≈0,05Вт/(м·К).

Результати розрахунків зведені в таблицю 3.4

Таблиця 3.4 — Результати розрахунку (при t_{ext} = −26°C)

Показник	Застарілий віконний блок	Сучасний віконний блок (ПВХ)	Відхилення (+/-)	Відхилення, %
Загальні тепловтрати, Вт	0,02504	0,00460	-0,02044	-81,63
Крайові тепловтрати, Вт	0,01252	0,00230	-0,01022	-81,63
Лінійний коефіцієнт теплопередачі скління, Вт/(м К)	0,27	0,05	-0,22	-81,48

Таким чином, із таблиці 3.4 можна зробити висновок про те, що тепловтрати під час заміни віконного блока скоротилися б більш ніж на 80 відсотків. Підтверджуються дані тепловізійного дослідження, що найслабшим місцем з точки зору теплозахисних якостей є вузол спряження віконного блока зі стінами, на що вказують значення крайових тепловтрат.

Утеплення перекриттів підвалів

Розроблено перелік технологічних заходів, які допомагають запобігти зволоженню та вогкості огороджувальних конструкцій, і як наслідок — їх промерзанню:

1. Влаштування пароізоляції перекриття — її слід розташовувати поверх утеплювача з боку теплого приміщення.

2. Вентиляція підпільного простору або підвалу через продухи у цоколі.

3. Захист від атмосферних опадів — влаштування відмостки навколо будівлі (її ширина має бути більшою за карнизний звис не менше ніж на 200 мм).

4. Захист від ґрунтових вод — влаштування на всю висоту підвалу вертикальної гідроізоляції; також передбачається гідроізоляція підлоги підвалу.

5. Захист від капілярного проникнення вологи забезпечується використанням матеріалів, що не вбирають вологу та здатні зберігати теплоізоляційні характеристики у теплому і вологому середовищі.

6. Заходи щодо захисту від деформацій внаслідок морозного здимання фундаментів: влаштування навколо будівлі відмостки, утеплення відмостки по периметру будівлі, а за наявності опалюваних підвалів рекомендовано утеплення цоколя.

У зв’язку з тим, що цокольна частина будівлі перебуває у несприятливих умовах (контактує з ґрунтом, талими водами, піддається впливу дощу, снігу та бризок, що падають із даху — усе це без належних заходів сприяє руйнуванню конструкцій), для утеплення підвалу необхідно використовувати матеріали, які зберігають теплозахисні властивості навіть за високої вологості навколишнього середовища.

Таким вимогам відповідає екструзійний пінополістирол із замкненими порами, оскільки його водопоглинання практично дорівнює нулю.

Утеплення плитних перекриттів підвалу. Один із варіантів передбачає, що під час їх утеплення безпосередньо на тримальні плити укладають теплоізоляцію, розташовуючи її між лагами. Лаги, своєю чергою, встановлюються на залізобетонні плити із застосуванням прокладок із руберойду, гідроізолу тощо (рисунок 3.15). Щоб захистити теплоізоляцію від впливу водяної пари внутрішнього повітря, поверх утеплювача необхідно влаштовувати пароізоляцію. Нахлест полотен пароізоляційного матеріалу має бути не менше ніж 100 мм; для забезпечення герметичності шви необхідно проклеювати скотчем або спеціальною стрічкою.



Рисунок 3.15 – Утеплення плитних перекриттів підвалу

Якщо використовується фольгована пароізоляція, то блискуча сторона матеріалу має бути встановлена у бік теплого приміщення. Обов'язково слід передбачити повітряний прошарок між основою підлоги та пароізоляцією; дуже важливо влаштувати отвори (продухи) на відстані приблизно 4,5 м один від одного вздовж усього периметра цокольної частини будівлі.

Усі ці заходи захистять підвал та теплі приміщення від появи плісняви, вогкості та запаху гнилі, оскільки волога випаровуватиметься назовні. Залежно від теплозахисних властивостей та призначення, за коефіцієнтом теплопровідності та іншими характеристиками визначається товщина утеплювача.

Для того, щоб утеплити наявне цокольне перекриття, рекомендується з боку підвалу прикріпити до нього плити утеплювача. Вони приклеюються клейовою мастикою до залізобетонної плити, а потім оштукатурюються по сітці. Як теплоізоляційний матеріал застосовуються жорсткі плити (рисунок 3.16).

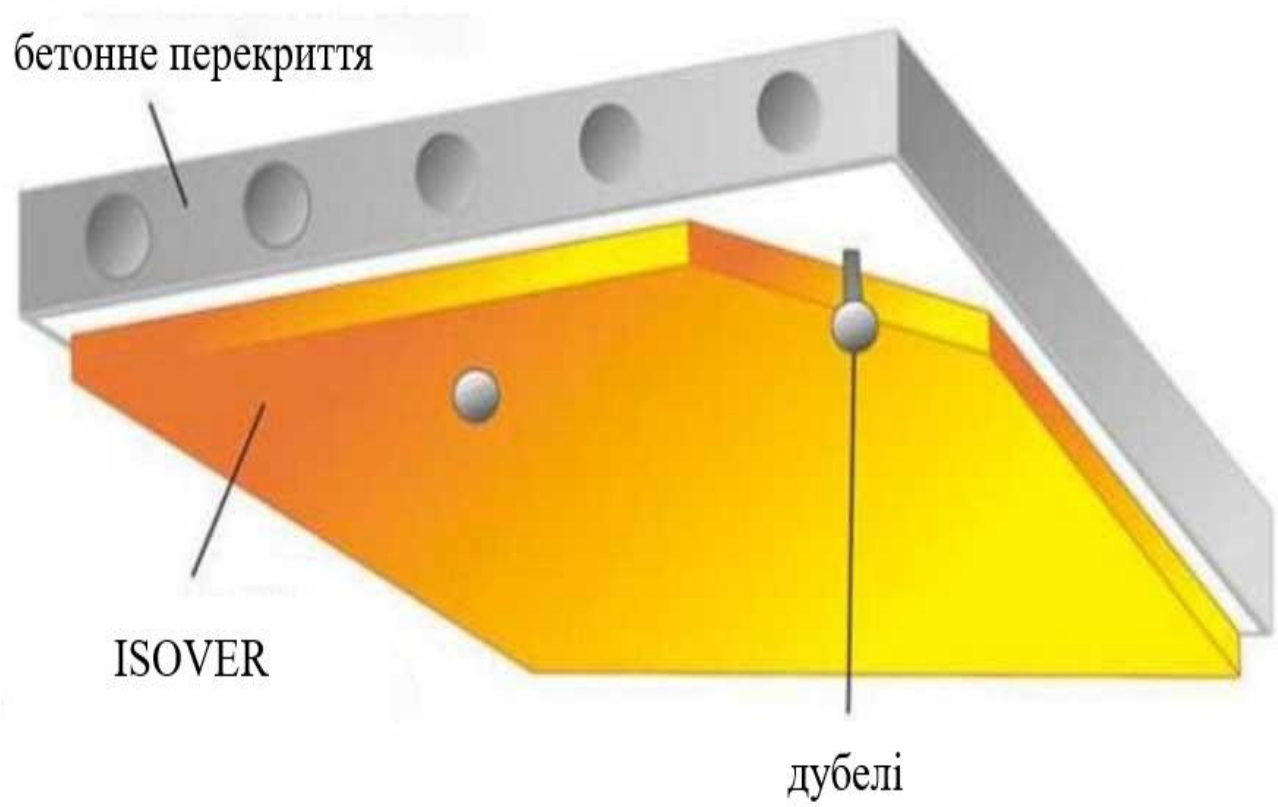


Рисунок 3.16 – Утеплення наявного цокольного перекриття

Утеплення балкових перекриттів підвалу. У разі утеплення цокольних перекриттів, на які вкладаються дерев'яні балки, на черепні бруски вкладають дерев'яні щити або дошки, а вже на них здійснюється укладання теплоізоляційного матеріалу. Кінці дерев'яних балок, що спираються на цоколь (від 120 до 180 мм), обгортають руберойдом, поліетиленовою плівкою або іншим гідроізоляційним матеріалом.

Торці балок залишаються відкритими; крайня балка, паралельна зовнішній стіні, укладається з невеликим зазором, а утворений простір заповнюється волокнистим теплоізоляційним матеріалом. Укладений на щити утеплювач необхідно захистити пароізоляцією з «теплого» боку. Потім на балки вкладаються лаги, по лагах укладається фанера або інший вирівнювальний матеріал, а після цього — чистове оздоблювальне покриття.

Утеплення цоколю.Утеплення під час реконструкції можна здійснити з боку підвалу, якщо він є. За допомогою дерев'яних рейок до підшивки стелі цокольного перекриття прикріплюють пароізоляційний матеріал (із нахлестом

100 мм). Потім проводиться монтаж дерев'яних брусків на відстані, що відповідає розміру утеплювача. Врозпір між брусками встановлюють плити утеплювача; закріпити їх можна одночасно з оздоблювальним матеріалом (наприклад, пластиковим сайдингом) або оштукатурити, обшити дошками, хвойною вагонкою чи іншими матеріалами.

Щоб запобігти капілярному підняттю вологи, між стінами фундаменту та цокольним перекриттям необхідно влаштовувати горизонтальну гідроізоляцію. З огляду на те, що цоколь піддається постійному зволоженню, матеріал, із якого він зводиться, має бути достатньо щільним — це може бути випалена цегла, важкі бетонні блоки або бутовий камінь. Для облицювання цоколю застосовуються кам'яні плити, облицювальна або керамічна плитка; також можливе оштукатурювання цоколю (штукатурний розчин має бути обов'язково на цементній основі).

Якщо в будівлі є опалюваний підвал, то найбільш оптимальним матеріалом для утеплення визнано екструзійний пінополістирол (ЕППС), оскільки, маючи високі теплоізоляційні властивості у вологому середовищі, він має водопоглинання, близьке до нуля.

Клеї та мастики, які використовують для монтажу плит із пінополістиролу, не повинні містити компонентів, здатних розчинити матеріал (такі властивості мають ацетон, сольвент). Також небажано використовувати для кріплення таких плит гарячі бітумні мастики. Для утеплення цоколю теплозахисний матеріал бажано розташовувати із зовнішнього боку (рисунок 3.17).

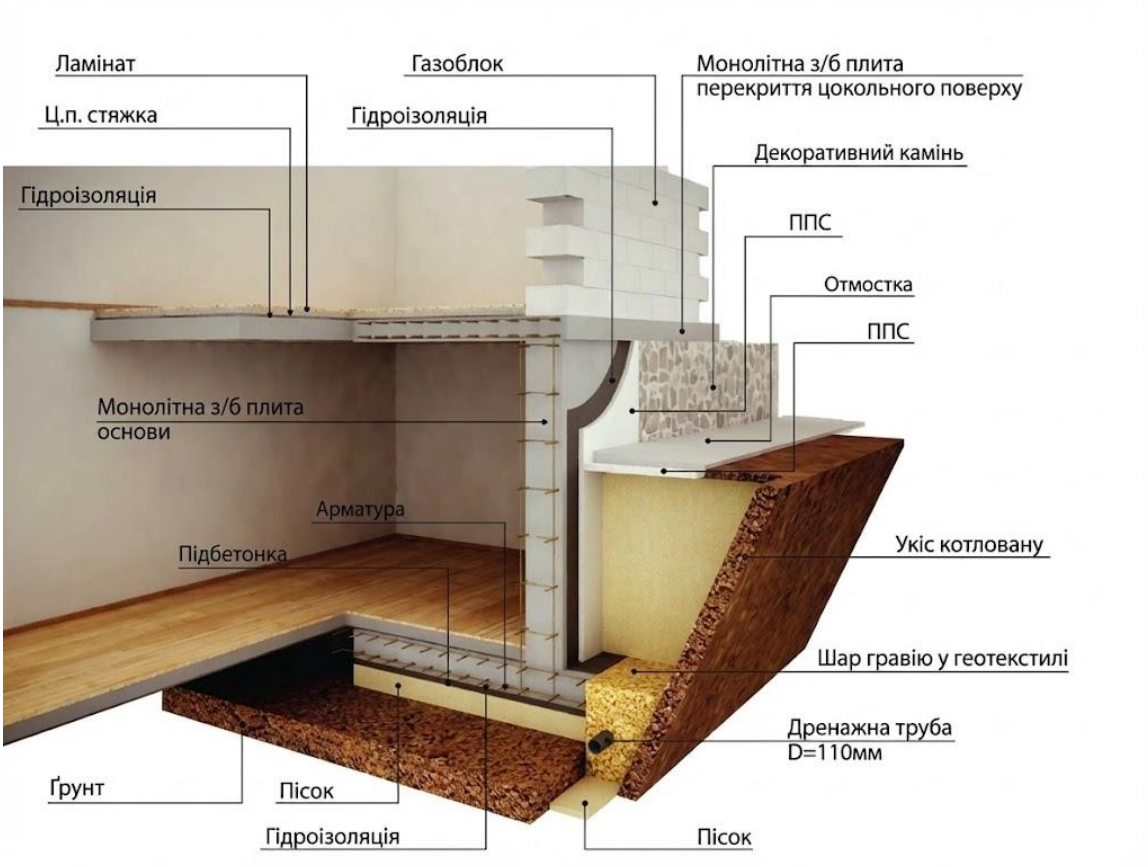


Рисунок 3.17 — Утеплення цоколю

Оновлення систем опалення та гарячого водопостачання.

Для зниження витрат на споживані ресурси необхідно впровадити енергозбереження в системах гарячого водопостачання та опалення. Для цього розроблено такі заходи:

1. Регулярна планова перевірка справності всіх вузлів агрегатів і підтримання їх у стандартному стані (дає змогу знизити витрати на 20% порівняно з підприємствами, де використовуються пошкоджені котли, фільтри, золоуловлювачі та інше обладнання);

2. Заміна застарілих насосних ущільнювачів з азбестографіту на тефлонові (окуповується менш ніж за пів року, оскільки термін служби деталі з нового матеріалу в 6 разів довший);

3. Поступова заміна труб та арматури (знижує загальну витрату в кінцевому результаті на 10%);

4. Полімерні труби більшого діаметра разом зі зміною конструкції

інженерних комунікацій дають змогу знизити втрати від тертя води на 75% і подовжити термін експлуатації втричі. Гладкість внутрішніх стінок впливає на коефіцієнт гідравлічного опору. Це означає, що для перекачування того самого об'єму рідини потрібно на чверть менше потужності;

5. Очищення труб і агрегатів від відкладень — досить просте завдання, яке може бути виконане як механічним, так і хімічним способом, але воно потребує зупинки виробничого процесу. Для мереж опалення та гарячого водопостачання правильним рішенням буде встановлення спеціального агрегату з очисними присадками, які не впливають на жорсткість, але не дозволяють осаду накопичуватися;

6. Локалізація та усунення витоків. Акустичне та інфрачервоне обладнання дає змогу знайти незаплановану витрату, проте воно досить дороге, тому краще встановити лічильник на вході в будівлю і спостерігати за стандартною витратою. Таким самим чином можна контролювати водний баланс підприємства і визначити, який саме вузол споживає надмірні обсяги ресурсів.

Оновлення системи вентиляції. Наразі підвищення вимог до енергоефективності будівель вимагає покращення ізоляційних властивостей та герметизації споруд, що унеможливлює забезпечення належного природного припливу повітря. Через це пошук способів економії на опаленні потребує більш ретельного контролю джерел тепловтрат, зокрема самої вентиляції, на частку якої припадає значна їх частина.

На сьогодні вентиляція є основним джерелом економії енергоресурсів. Якщо в будівлях з відсутньою або недостатньою ізоляцією економія витрат на опалення становить у середньому 20–25%, то в будівлях з високим рівнем ізоляції (що відповідає сучасним українським стандартам) економія може сягати 50% (рисунок 3.18). Тому критично важливо використовувати ефективну систему вентиляції, яка успішно поєднує високі параметри енергоефективності та якості повітря в приміщенні.

Серед вентиляційних систем існує рішення, яке оптимально поєднує ці

характеристики — адаптивна система вентиляції. Вона забезпечує оптимізацію споживання теплової енергії та підтримку якості повітря всередині приміщень у повністю автоматичному режимі.

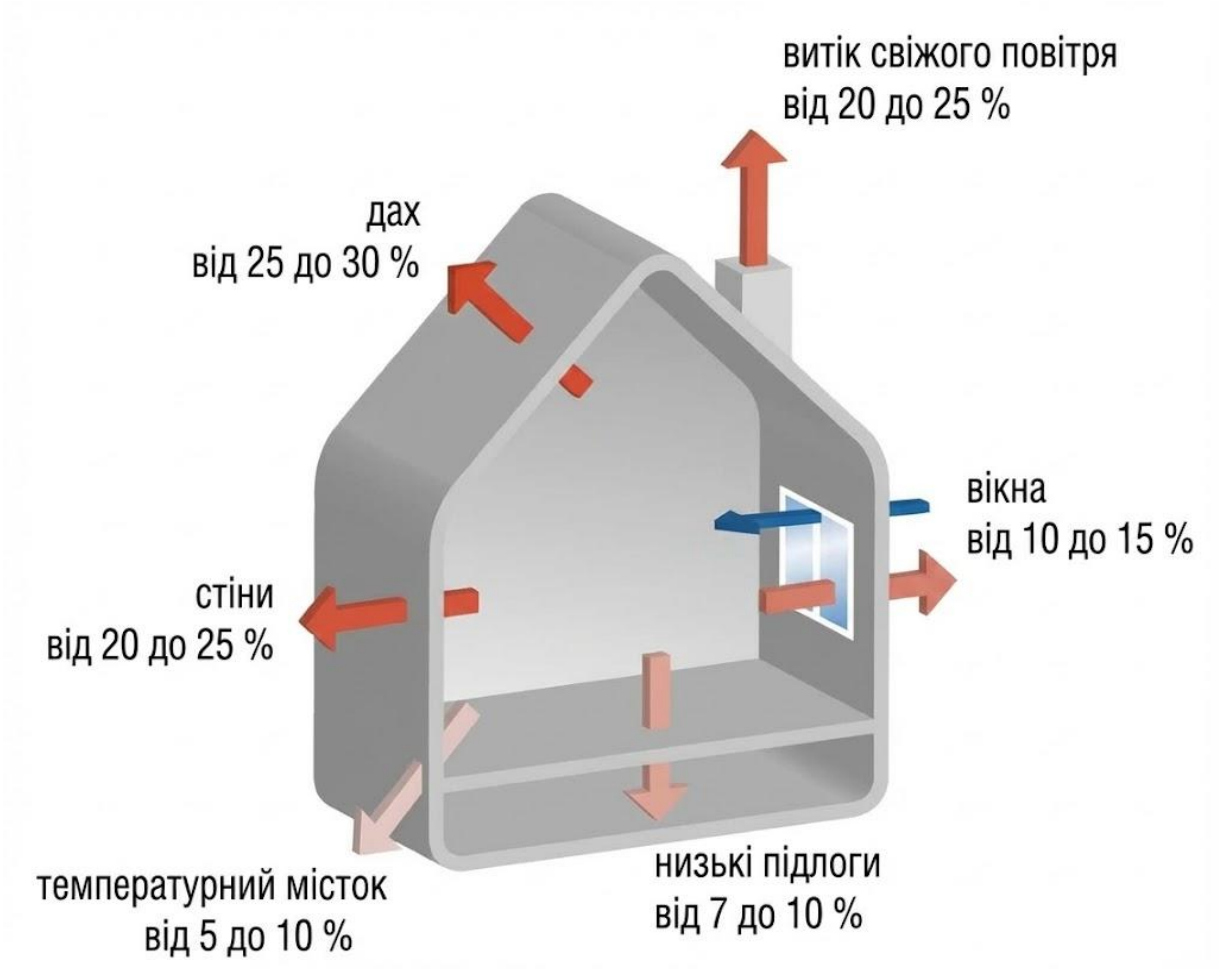


Рисунок 3.18 — Тепловтрати в неізольованій будівлі

Оновлення систем електропостачання. При реконструкції будівель особливу увагу необхідно приділити енергозбереженню в освітлювальних установках системи електропостачання. Заходи з енергозбереження можуть бути реалізовані за допомогою джерел світла з вищим коефіцієнтом корисної дії, максимального використання природного освітлення, автоматичного вимкнення світла (за його непотрібності) та зниження потужності джерел світла в тому разі, коли це не заважає нормальному перебігу технологічних процесів.

3.5 Висновки до розділу 3

У ході проведення досліджень було виявлено, що містобудівні концепції нерозривно пов'язані зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів. В Україні під час розроблення генеральних планів та територіального планування забудови міст тривалий час не приділялося належної уваги енергозбереженню, що є спадщиною радянських підходів до проектування.

Для раціонального та ефективного використання енергетичних ресурсів на міських територіях необхідно знизити обсяги споживаного палива. Це дозволить скоротити викиди парникових газів, зменшуючи несприятливий вплив на навколишнє середовище (відповідно до цілей "Зеленої угоди" — EU Green Deal, яку підтримує Україна).

Крім того, основна увага зазвичай приділяється саме процесу будівництва нових об'єктів, а не економній та правильній їх експлуатації, а також своєчасному ремонту та реконструкції існуючого житлового фонду. У зв'язку з цим рекомендується впроваджувати технології енергозбереження, що базуються на комплексному підході.

В Україні основоположним документом у сфері теплової ізоляції будівель є:

- ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель».
- Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», що впроваджує обов'язкову сертифікацію енергоефективності.
- ДСТУ EN ISO 52000-1, який гармонізує українські норми з європейськими стандартами.

На відміну від минулих років, зараз в Україні, як і в країнах Євросоюзу, вектор зміщено в бік будівництва не лише енергоефективних будівель, а й будинків з близьким до нульового рівнем енергоспоживання (NZEB — Nearly Zero Energy Buildings). Це стало можливим завдяки державним програмам (наприклад, через Фонд енергоефективності) та міжнародним грантам.

Для оцінки екологічності будівель в Україні все частіше використовуються міжнародні системи сертифікації, такі як LEED, BREEAM та DGNB. На національному рівні діє Система енергетичної сертифікації об'єктів нерухомості, що дозволяє отримати Енергетичний сертифікат будівлі.

Попри масштабність державного підходу, гострою проблемою для багатьох регіонів України залишається пічне опалення у приватному секторі та застарілі котельні. Особливо це стосується малих міст та приміських зон, де спалювання низькоякісного вугілля або дров у зимовий період призводить до високого рівня забруднення повітря сажею та чадним газом. Дослідження підтверджують: поліпшення екологічної обстановки можливе лише за умови зниження викидів від спалювання палива та термомодернізації приватного сектору, який наразі не відповідає навіть мінімальним вимогам енергоефективності.

У ході дослідження було проведено тепловізійну зйомку панельних будинків масових серій. Розрахунки температурних полів для вузлів примикання панелей виявили причини низької енергоефективності: порушення герметичності стиків та наявність «містків холоду». Термограми чітко демонструють промерзання, що призводить до появи конденсату та розвитку грибка.

На підставі досліджень розроблено наступні заходи:

1. Коригування нормативної бази: підвищення вимог до мінімально допустимого значення опору теплопередачі (R_q) для всіх кліматичних зон України (наразі для 1-ї зони R стін має бути не менше 4,0 м^2·К/Вт).

2. Посилення термічного опору: утеплення фасадів (переважно мінеральною ватою), встановлення енергоефективних вікон з двокамерними склопакетами та аргоновим наповненням.

3. Безперервний контур утеплення: усунення містків холоду в місцях примикання балконів, цоколів та покрівель.

4. Використання сучасних матеріалів: застосування екструдованого пінополістиролу для цоколів та базальтової вати для стін.

5. Організація мікроклімату: встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з погодним регулюванням та рекуператорів повітря.

6. Архітектурні рішення: влаштування тамбурних приміщень та скління лоджій.

Впровадження цих заходів під час проектування та реконструкції дозволить знизити концентрацію шкідливих викидів у повітря на 30-40%, а енергоспоживання будівлі — на 30-50%.

Рекомендації для енергоефективної реконструкції:

- Утеплення покрівель та горищ (мінімальне значення R для покрівлі — 6,0 $м^2$·К/Вт).
- Утеплення фасадів (системи "мокрий фасад" або вентильовані фасади).
- Заміна вікон на конструкції з п'ятикамерним профілем.
- Утеплення перекриттів над підвалами.
- Модернізація систем опалення: заміна елеваторних вузлів на ІТП, встановлення терморегуляторів на радіаторах.
- Оновлення вентиляції: перехід від природної до припливно-витяжної з рекуперацією.

Дотримання цих рекомендацій забезпечить енергоефективну трансформацію міської забудови України згідно з сучасними вимогами.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз типової панельної забудови 70–90-х років (зокрема серії 134 у Києві) показав значну невідповідність сучасним нормам через порушення герметичності стиків та низькі теплоізоляційні властивості огороджувальних оболонок.

2. Тепловізійна діагностика та чисельне моделювання підтвердили, що вузли примикання стін до перекриттів та міжпанельні шви є зонами інтенсивних тепловтрат, де температура поверхні падає до +10,6...+11,5 °C, що спричиняє конденсат та плісняву.

3. Встановлено, що термічний опір застарілих вікон удвічі нижчий за стіни; використання сучасних двокамерних склопакетів з Low-E склом та аргоном дозволяє скоротити втрати тепла через віконні блоки на понад 80%.

4. Найкращі результати (економія до 50% енергії) досягаються лише при створенні безперервного контуру утеплення, що включає фасад, покрівлю, цоколь та заміну інженерних мереж на ІТП з автоматичним регулюванням.

5. Українська нормативна база (ДБН В.2.6-31:2021) вже активно інтегрується в європейське правове поле, орієнтуючись на будівництво споруд із близьким до нульового енергоспоживанням (NZEB) та обов’язкову сертифікацію класів А-С.

6. Впровадження «зелених» стандартів (LEED, BREEAM) та системних енергоощадних заходів є ключовим для сталого розвитку міст, оскільки дозволяє радикально знизити викиди CO_2 та чадного газу в опалювальний період.

.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19. (дата звернення 08.10.2025)

2. Дмитроченкова Е.І. Аналіз міжнародних систем сертифікації «зеленого» будівництва. Екологічні науки: наук.-практ. журнал. 2018. № 1 (20). Т. 1. С. 140–143.

3. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 26 с.

4. ДСТУ EN ISO 10211:2018. Теплові містки в будівельних конструкціях. Теплові потоки та поверхневі температури. Докладні розрахунки. [Чинний від 2019-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 58 с.

5. Кошлак Г.В. Методи аналізу енергоефективності будівель: методичні вказівки для практичних занять. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. 32 с.

6. Енергетична стратегія України на період до 2050 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р.

7. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI.

8. Безлюбченко О.С., Завальний О.В., Черноусова Т.О. Планування і благоустрій міст. Харків : ХНАМГ, 2011. 191 с.

9. Фаренюк Г.Г. Енергетична ефективність підвищення теплотехнічних показників основних елементів теплоізоляційної оболонки будинків. / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України.– 2008. – № 8. - С. 12-14

10. Фаренюк Г. Г., Фаренюк Є. Г. Реалізація параметричного методу у сучасних нормах з енергоефективності будівель. *Наука та будівництво*. 2023. № 1. С. 3–8.

11. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві : навч. посібник. 2-ге вид. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. 224 с.

12. Утеплення панельного будинку. *Lufi Kalp*. URL: https://lufikalp.com.ua/uk/cina-na-yteplennya/uteplenie-panelnogo-doma/ (дата звернення: 07.11.2025).

13. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд. Підручник. Київ, 2004.

14. Апостолова-Сосса Л.О. Вибіркова реконструкція кварталів житлової забудови: методичні вказівки до виконання курсового проєкту. Київ: КНУБА, 2023. 52 с.

15. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасногоміського середовища : монографія / [Ю. І. Гайко, Є. Ю. Гнатченко,О. В. Завальний, Е. А. Шишкін ; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Е. А. Шишкіна] ;Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім.О. М. Бекетова, 2021. 353 с.

16. Реконструкція цивільних та промислових будівель і споруд :підручник / [за ред. Е. А. Шишкіна, О. В. Завального] ; Харків. нац. ун-т міськ.госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 404 с.

17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. «Будівельна кліматологія». [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 127 с.

18. ДСТУ EN ISO 6946:2022. «Будівельні компоненти та будівельні елементи. Опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Методи розрахунку». [Чинний від 2022-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 54 с.

19. ДБН В.2.6-31:2017. «Теплова ізоляція будівель». [Чинний від 2017-04-01]. Київ: Мінрегіон України, 2017. 39 с.

20. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. «Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання для опалення та охолодження». [Чинний від 2013-08-01]. Київ: Мінрегіон України, 2011. 165 с.

21. ДСТУ EN ISO 6946:2018. «Огороджувальні конструкції будівель та їх елементи. Опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Методи розрахунку». [Чинний від 2019-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 48 с.

22. ДБН В.2.6-31:2006. «Теплова ізоляція будівель». [Чинний від 2007-04-01]. Київ: Мінбуд України, 2006. 71 с.

23. ДСТУ 9191:2022. «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». [Чинний від 2022-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 26 с.

24. ДБН В.2.6-31:2021. «Теплова ізоляція та енергетична ефективність будівель». [Чинний від 2021-09-01]. Київ: Мінрегіон України, 2021. 45 с.

25. Papadopoulos, A. M. Forty years of regulations on the thermal performance of the building envelope in Europe: Achievements, perspectives and challenges. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 127. P. 942-952.

26. Фаренюк Г.Г., Калюх Ю.І., Іщенко Ю.І. Концепція «зеленого будівництва» та її застосування при проектуванні та розрахунках геотехнічних конструкцій. Наука та будівництво. 2020. №2(24). С.19–43.

27. Система екологічної сертифікації DGNB (Deutsche Gesellschaft fuer nachhaltiges Bauen). URL: http://blog.ncd.com.ua/sistema-ekologichnoi-sertifikacii-dgnb-deutsche-gesellschaft-fuer-nachhaltiges-bauen/ (дата звернення: 14.10.2025).

28. Roderick Ya. Comparison of energy performance assessment between LEED, BREEAM and Green Star / Ya Roderick, D. Mcewan, C. Wheatley, C. Alonsi. // Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland. 2009. P.10.

29. Kelwin Pereira Da Silva. Green buildings: a worldwide overview on leed, breeam and green star certifications / Green buildings: uma analise do panorama mundial das certificates leed, breeam e green star / Kelwin Pereira Da Silva, Karen Niccoli Ramirez. - DOI: 10.34117/bjdv7n8-471.

30. ДСТУ EN ISO 6946:2022. «Будівельні компоненти та будівельні елементи. Опір теплопередачі та коефіцієнт теплопередачі. Методи

розрахунку». [Чинний від 2022-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 54 с.

31. ДБН В.1.1-31:2013. «Захист територій, будинків і споруд від шуму». [Чинний від 2014-06-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 78 с.

32. Проєктування міських територій : підручник : [у 2 ч.] / [за ред. І. Е. Линник, О. В. Завального] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. Ч. 2. 544 с. (Серія «Міське будівництво та господарство»).

33. Енергоефективні вікна: технології та переваги. *Віконний консалтинг*. URL: https://winstroy.com.ua (дата звернення: 15.11.2025).

34. Garay, R., Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building facade. Energy and buildings // R. Garay, A. Uriarte, I. Apraiz, 2014. № 85. С. 579-591.

35. Кутний Б.А. Методичні вказівки до курсової роботи «Теплогазопостачання і вентиляція будинку» з курсу «Теплогазопостачання та вентиляція» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання / Кутний Б.А. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 35 с

36. Tenpierik, M.J., Analytical model for computing thermal bridge effects in high performance building panels // M.J. Tenpierik, W.H., Van der Spoel, J.M. Cauber, - URL: http://www.researchgate.net/publication/242269808 Analytical Model for Computing Thermal Bridge Effects in High Performance Building Pane ls (дата обращения: 15.11.2025).

37. Дешко В. І., Буяк Н. А., Білоус І. Ю., Гурєєв М. В., Голубенко О. О. Оцінка впливу заміни вікон на енергопотребу та умови комфорту в будівлі на основі динамічного моделювання. Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. 2018. № 3 (53). С.52–62.

38. Дешко В.І., Білоус І.Ю. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. 2014. № 80. С. 68 – 72.

39. Шовкалюк М.М., Рабенко Є.О. Енергетичне обстеження житлової

багатоквартирної будівлі з розробкою енергетичного сертифікату // Збірник наук. праць VII науково-технічної конференції магістрантів імені професора В.М. Винославського, [20 – 22 листопада 2024 р.], с. 41-44.

40. Рабенко Є.О., Шовкалюк М.М., Моделювання показників енергоспоживання багатоквартирної будівлі з використанням спеціалізованих програмних продуктів // Збірник наук. праць X Міжнародної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24», [Київ, 26-27 листопада 2024 р.], с.170-172.

41. Бородін О. М. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-екологічний та соціальний аспекти. Полтава: ПДАА, 2018. 250 с.

42. Гребенюк О.В., Шаір Хассан. Ефективне та раціональне використання енергетичних ресурсів для розвитку міських територій – тези доповіді на XVIII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2025». Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2025. Т.5. С. 69–71.