

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

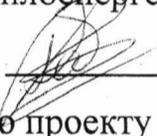
Пояснювальна записка
до дипломної магістерської роботи

601-мНТ 11393648

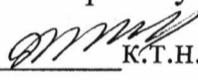
Тема проекту (роботи) *«Підвищення енергетичної ефективності багатопверхової житлової будівлі у м. Полтава шляхом комплексної термомодернізації»*

Розробив студент гр. 601-мНТ

спеціальності 144 Теплоенергетика

" 22 " 01 2025 р.  Оборожний Д.М.

Керівник дипломного проекту

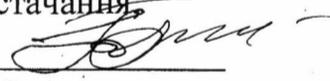
" 22 " 01 2025 р.  к.т.н., доц. Чернецька І.В.

Рецензент

" " 2025 р. _____

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання

вентиляції та теплоенергетики" 

к.т.н., проф. Голік Ю.С.

" 22 " 01 2025 р.

Полтава - 2025 р.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.

08 " 09 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Оборожний Денис Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Підвищення енергетичної ефективності багатоповерхової житлової будівлі у м. Полтава шляхом комплексної термомодернізації

керівник проекту (роботи) Чернецька І.В., к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу №818-фа від "9" 08.2024 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.01.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Будівельний план багатоповерхового будинку. Місце будівництва. Теплозахисні характеристики огородження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Енергоефективність багатоповерхових житлових будівель в контексті сучасної концепції сталого енергетичного розвитку. Проблеми та перспективи комплексної термомодернізації житлових будівель в Україні. Шляхи комплексної термомодернізації житлових будівель в Україні. Опис багатоповерхового будинку. Характеристика інженерних систем будівлі. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі. Розрахунок показників теплостійкості та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мета та задачі дослідження. План поверхів. План підпілля. План горища. Фасади будинку. Схеми системи опалення. Висновки.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 101 с., 20 рис., 23 табл., 67 джерел.

Об'єкт дослідження – багатоквартирний житловий будинок за адресою вулиця Олександра Оксанченка 9 м. Полтава.

Предмет дослідження – зовнішні огорожуючі конструкції, система опалення та індивідуальний тепловий пункт багатоквартирного будинку.

Метою дослідження є проведення термомодернізації багатоповерхового житлового будинку з метою зниження енергоспоживання та поліпшення мікроклімату в приміщеннях, аналіз шляхів енергозбереження в та розроблення рекомендацій щодо підвищення енергоефективності для конкретного будинку.

Методи досліджень – системний аналіз, емпіричні методи (вимірювання й спостереження), теоретичний розрахунковий експеримент, техніко-економічне аналіз та прогнозування.

Предметом дослідження є аналіз і визначення основних критеріїв, що впливають на енергетичну ефективність будівель та їх інженерних споруд, розроблення комплексу заходів щодо підвищення енергетичної ефективності багатоповерхового будинку

Виконано аналітичні дослідження нормативної бази щодо енергозбереження що включають законодавчу базу України, офіційну статистику, вітчизняні та зарубіжні наукові публікації, вимог до мікроклімату та теплозахисту багатоквартирних житлових будинків, а також існуючих енергоефективних заходів

Проведено теплотехнічні розрахунки огорожуючих конструкцій, проаналізовано роботу системи опалення та досліджено енергетичні характеристики багатоквартирного житлового будинку.

Розроблено рекомендації з енергозбереження для багатоквартирного житлового будинку в м. Полтава Полтавської області. На основі дослідних даних проаналізована доцільність комплексного підходу до термомодернізації.

Проведена оцінка потенціальної економії коштів при впровадженні розроблених пропозицій.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	4
1.1 Енергоефективність багатоповерхових житлових будівель в контексті сучасної концепції сталого енергетичного розвитку	4
1.2 Проблеми та перспективи комплексної термомодернізації житлових будівель в Україні	16
1.3 Шляхи комплексної термомодернізації багатоповерхових житлових будівель	21
Висновки за розділом 1	33

РОЗДІЛ 2 ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єкта.....	35
2.2 Характеристика інженерних систем будівлі	39
2.3 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі	44
2.3.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій	44
2.3.2 Тепловологісний режим огорожувальних конструкцій	51
2.3.3 Розрахунок тепловтрат приміщень.....	52
2.3.4 Гідравлічний розрахунок теплопроводів системи опалення	54
Висновки за розділом 2	61

РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	62
3.1. Нормативні вимоги щодо енергетичної ефективності в будівлях.	62
3.2 Визначення теплового навантаження будівлі. Огорожувальні конструкції. .64	64
3.3 Розрахунок показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій.	86
3.4 Економічна частина	93
Висновок до розділу 3	95

ВИСНОВКИ	97
----------------	----

ЛІТЕРАТУРА	101
------------------	-----

					<i>601-НТ.11393648.МР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Підвищення енергетичної ефективності багатоповерхової житлової будівлі у м. Полтава шляхом комплексної термомодернізації.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Оборожний Д.М</i>					1	
<i>Перевішив</i>		<i>Чернецька І.В.</i>				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав.кафедри</i>		<i>Голік Ю. с.</i>						

ВСТУП

Проблема забезпечення енергетичної ефективності будівель набуває дедалі більшої гостроти у контексті глобальних енергетичних та екологічних викликів. Зростання вартості енергоресурсів, посилення антропогенного тиску на довкілля та прагнення до сталого розвитку стимулюють пошук інноваційних рішень, серед яких центральне місце посідає термомодернізація будівель. Аналіз структури житлового фонду України, який складається переважно з багатоповерхових житлових будинків, зведених до 1990 року, свідчить про низький рівень його енергоефективності. Відсутність модернізації та невідповідність сучасним будівельним нормам призвели до того, що питома вага енергоспоживання житлового сектору в Україні становить близько 32%, що істотно перевищує середньоєвропейські показники.

Для вирішення проблеми низької енергоефективності будівельного фонду України Уряд ухвалив довгострокову стратегію термомодернізації до 2050 року. Цей стратегічний документ передбачає комплекс заходів, спрямованих на підвищення пріоритетності енергоефективності на всіх рівнях управління, впровадження інтегрованих підходів до термомодернізації, подолання енергетичної бідності, створення сприятливих умов для інвестування в енергоефективність, прискорення темпів термомодернізації громадських будівель, забезпечення сталого фінансування та розвиток людського капіталу в цій сфері.

У 2021 році затверджено Національний план дій з енергоефективності, який передбачав амбітні цілі щодо скорочення споживання енергії. Реалізація плану була розпочата, проте повномасштабна війна внесла корективи в його виконання. Незважаючи на складні умови, у 2022 році було прийнято закон, спрямований на пришвидшення процесів термомодернізації, що підкреслює актуальність енергоефективних заходів в умовах енергетичної кризи, спричиненої війною.

Метою дослідження є проведення термомодернізації багатоповерхового житлового будинку з метою зниження енергоспоживання та поліпшення мікроклімату в приміщеннях.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

розглянути енергоефективність багатоповерхових житлових будівель в контексті сучасної концепції сталого енергетичного розвитку;

вивчити питання комплексної термомодернізації житлових будівель в Україні;

представити шляхи комплексної термомодернізації багатоповерхових житлових будівель;

описати об'єкт дослідження;

дослідити методику теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій;

визначити теплове навантаження будівлі;

розрахувати показники теплостійкості та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій;

розрахувати вартість заходів з термомодернізації багатоповерхової будівлі.

Об'єктом дослідження є енергозабезпечення багатоповерхового житлового будинку до та після вживання заходів щодо поліпшення енергетичної ефективності

Предметом дослідження є аналіз і визначення основних критеріїв, що впливають на енергетичну ефективність будівель та їх інженерних споруд, розроблення комплексу заходів щодо підвищення енергетичної ефективності багатоповерхового будинку

Інформаційна база. Інформаційну основу дослідження склали різноманітні джерела, що включають законодавчу базу України, офіційну статистику, вітчизняні та зарубіжні наукові публікації, будівельний план багатоповерхового будинку, теплозахисні характеристики огороження., а також результати власного емпіричного дослідження.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		3

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Енергоефективність багатоповерхових житлових будівель в контексті сучасної концепції сталого енергетичного розвитку

Розділ присвячений комплексній оцінці теплотехнічних характеристик будівлі з метою верифікації відповідності її теплоізоляційних властивостей, опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та інших показників, що впливають на енергоефективність, нормативним вимогам:

– ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво.
– ДБН В.1.1-11-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.

– ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення.

– ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення.

– ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель – ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.

– ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови.

– ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу утеплення будівель.

– ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

– ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ “Енергоефективність” у складі проектної документації об'єктів.

– ДСТУ-Н Б А.2.2-27:2010 Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення.

– ДСТУ Б EN 15232:2011 Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT).
- ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.
- ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків».

Перехід на сучасну модель сталого розвитку національної економіки потребує розроблення нових підходів до її системної реалізації. Особливої уваги у цьому контексті потребує завдання обґрунтування нової концепції впровадження енергозберігаючих технологій у житло будівництві, що перебуває у стадії оновлення, набуваючи нових якісних та кількісних характеристик, які, з одного боку, мають відповідати міжнародним економічним принципам ефективного використання енергоресурсів, а з іншого – забезпечувати високий рівень комфортності житла для населення. Розв'язання зазначеного завдання вимагає перегляду понятійного апарату, розроблення методологічних підходів до оцінювання оптимізації енергоспоживання в житловому секторі й обґрунтування нових напрямів його вдосконалення.

В науковій літературі відсутня єдина термінологія для опису ефективного використання енергоресурсів. Такі поняття, як "енергоефективність", "енергозбереження", "ресурсозбереження" та "енергоощадність" часто використовуються як синоніми, що ускладнює чітке розуміння їхніх відмінностей та призводить до неоднозначності в наукових дослідженнях та законодавчих актах. Різні підходи до тлумачення понять, пов'язаних з енергоефективністю, створюють бар'єри для впровадження міжнародного досвіду в національну практику. Необхідно розробити єдину термінологічну базу для забезпечення ефективної комунікації між науковцями, фахівцями та розробниками політики в галузі енергоефективності. [1].

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Поняття "житловий сектор" у науковій літературі є неоднозначним. Часто його ототожнюють з "житловим господарством" або "житловим фондом", а інколи включають до його складу й інституційні структури. Така термінологічна невизначеність ускладнює проведення порівняльних досліджень та формулювання чітких стратегій розвитку житлового сектора. Ключовим елементом житлового сектора є будівлі, саме їхній стан визначає загальний рівень енергоефективності. Незважаючи на різноманітність термінів, що використовуються для опису житлового сектору, саме енергоефективність будівель є основним напрямом для підвищення енергоефективності в цілому.

Енергоефективність будівлі, згідно з нормативними документами [14], визначається як здатність забезпечувати оптимальні умови внутрішнього середовища протягом усього її експлуатаційного періоду при мінімальному споживанні енергії. Це комплексна характеристика, яка відображає здатність будівлі задовольняти потреби користувачів у комфортних умовах проживання при мінімальних витратах енергоресурсів на опалення, вентиляцію, кондиціонування та гаряче водопостачання з урахуванням кліматичних особливостей регіону. це системна властивість, що залежить від конструктивних особливостей будівлі, інженерного обладнання та кліматичних умов. Вона характеризується здатністю забезпечувати комфортні умови для людини при раціональному використанні енергоресурсів.

Згідно із Законом України "Про енергетичну ефективність будівель" (2017) [10], енергетична ефективність будівлі кількісно характеризується обсягом енергії, необхідним для забезпечення комфортного мікроклімату та інших потреб користувачів протягом усього життєвого циклу будівлі. Енергетична ефективність будівлі, відповідно до законодавства, відображає ступінь задоволення енергетичних потреб будівлі для забезпечення комфорту та функціональності при мінімальних витратах енергоресурсів.

Відповідно до Директиви 2010/31/ЄС [9], енергетична ефективність будівлі кількісно визначається як загальний обсяг енергії, необхідної для забезпечення

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

нормальних умов експлуатації будівлі, включаючи опалення, вентиляцію, кондиціонування та освітлення. Ця директива визначає енергетичну ефективність будівлі як показник, що характеризує кількість енергії, споживаної будівлею протягом усього її життєвого циклу для забезпечення необхідних умов для проживання або роботи.

Енергоефективність житлового сектора передбачає оптимізацію енергоспоживання будівель шляхом впровадження інноваційних технологій та раціонального використання енергоресурсів з метою забезпечення комфортного мікроклімату при мінімальних витратах. Енергоефективність житлового сектору є комплексним поняттям, що включає в себе не лише технічні аспекти, такі як утеплення будівель та використання енергоефективного обладнання, але й поведінкові аспекти, пов'язані зі свідомим споживанням енергії мешканцями. Енергоефективність житлового сектора вимагає системного підходу, який включає в себе не лише впровадження енергозберігаючих технологій, але й створення стимулів для їх використання, розвиток енергосервісних компаній та удосконалення нормативно-правової бази..

Концепція сталого розвитку (sustainable development), запропонована Комісією Брундтланд, базується на ідеї гармонійного поєднання економічного зростання, соціального прогресу та екологічної стійкості, сформульована у доповіді "Наше спільне майбутнє" (1987), визначила нову парадигму розвитку, що передбачає балансування економічних, соціальних та екологічних потреб суспільства в довгостроковій перспективі, підкреслює необхідність задовольняти потреби нинішнього покоління без шкоди для можливостей майбутніх поколінь забезпечувати власні потреби, забезпечуючи таким чином міжпоколінню справедливість. [15]. У 2015 році була прийнята резолюція ООН, що ініціювала глобальний перехід до сталого розвитку. Ця ініціатива, відома як Цілі сталого розвитку (ЦСР), передбачає досягнення 17 цілей та 169 завдань до 2030 року [16]. Україна, як активний учасник міжнародного співтовариства, приєдналася до цього

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

процесу та розпочала розробку національної стратегії сталого розвитку, спрямованої на адаптацію ЦСР до національних умов та пріоритетів.

Глобальна енергетична трансформація спрямована на досягнення сталого енергетичного розвитку (СЕР), що передбачає забезпечення універсального доступу до сучасної енергії, збільшення частки відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності з метою зменшення негативного впливу на довкілля. Сталий енергетичний розвиток є невід'ємною частиною концепції сталого розвитку і передбачає гармонізацію економічних, соціальних та екологічних аспектів розвитку енергетичного сектору.

Сталий енергетичний розвиток є багатогранним поняттям, що включає в себе не лише забезпечення енергетичної безпеки, але й раціональне використання енергоресурсів, розвиток енергозбереження, стимулювання виробництва енергії з відновлюваних джерел, а також підвищення енергоефективності кінцевого споживання. СЕР являється комплексною системою, що охоплює економічні, соціальні та екологічні аспекти. Ця система спрямована на оптимізацію виробництва та споживання енергоресурсів на територіальному рівні, забезпечуючи енергетичну безпеку, підвищуючи енергоефективність та стимулюючи розвиток відновлюваних джерел енергії. [17].

Згідно з даними ЄС, будівлі є одним із основних споживачів енергії, на їхню частку припадає близько 40% загального споживання. Прогнози свідчать про значне зростання світового попиту на енергію в найближчі десятиліття до 50% [18], що підкреслює актуальність проблеми підвищення енергоефективності будівель як ключового фактора забезпечення сталого розвитку. Підвищення енергоефективності будівель є одним з пріоритетних напрямів енергетичної політики багатьох країн світу. Це дозволяє не тільки зменшити споживання енергоресурсів та викиди парникових газів, але й знизити витрати на опалення та кондиціонування, підвищити комфортність проживання та сприяти розвитку енергоефективної економіки.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

ключових критеріїв оцінки стійкості будівель, поряд з іншими, такими як використання екологічно чистих матеріалів, збереження природних ресурсів та створення комфортного житлового середовища.



Рис. 1.1. Модифікована модель сталого розвитку для будівництва

Енергоефективність житлового сектора є багатовекторним явищем, що впливає на широкий спектр економічних, соціальних та екологічних аспектів суспільного життя, включаючи рівень зайнятості, ціноутворення на енергоносії, добробут населення та екологічну стійкість. Підвищення енергоефективності житлового сектору сприяє оптимізації витрат на енергоносії, стимулює економічне зростання та створює нові робочі місця в енергоефективних галузях.

Потенціал енергоефективності житлового сектору має багатовимірний характер і включає в себе як технічні аспекти (енергоефективні технології, матеріали), так і економічні (зменшення витрат на енергоносії), соціальні (підвищення комфорту проживання) та екологічні (зменшення викидів парникових газів). Його слід розглядати як цілісну систему, що охоплює всі етапи життєвого циклу будівлі, від проектування до експлуатації, і включає в себе як технічні рішення, так і зміну поведінки споживачів енергії.

Об'єктні складові потенціалу енергоефективності житлового сектору визначаються матеріально-технічними характеристиками будівель та

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

інфраструктури, які безпосередньо впливають на рівень енергоспоживання. Об'єктні складові потенціалу енергоефективності житлового сектору охоплюють сукупність будівель, інженерних систем та енергоресурсів, що забезпечують функціонування житлового фонду. До них належать житлові будинки, інфраструктура житлового сектору, енергоефективне обладнання та матеріали, а також різні види енергоресурсів. Матеріально-технічна база житлового сектору, що включає житловий фонд, інфраструктуру та енергоресурси, визначає потенціал для підвищення енергоефективності та є основним об'єктом впливу при впровадженні енергозберігаючих заходів.

Суб'єктні складові потенціалу енергоефективності є невід'ємною частиною системи управління енергоефективністю в житловому секторі, забезпечуючи створення сприятливого середовища для впровадження енергозберігаючих технологій та заходів. Соціальні, економічні та політичні фактори, що визначають суб'єктні складові потенціалу енергоефективності, формують умови для раціонального використання ресурсів житлового сектору та сприяють досягненню цілей сталого розвитку.

Управління потенціалом енергоефективності житлового сектору здійснюється за участю широкого кола суб'єктів, включаючи державні органи, місцеві громади, фінансові інституції та кінцевих споживачів енергії. Різноманітність суб'єктів, залучених до процесу підвищення енергоефективності житлового сектору, визначає множинність інтересів та підходів до вирішення цієї проблеми.

Системний підхід до аналізу потенціалу енергоефективності житлового сектору, що враховує як об'єктивні фактори (будинки, інфраструктура, технології), так і суб'єктивні (державна політика, ринкові механізми, поведінка споживачів), дозволяє розробити ефективні стратегії підвищення енергоефективності..

Низька ефективність використання енергоресурсів внаслідок дисбалансу в структурі імпорту та нераціональних способів їх споживання стримує досягнення оптимальних показників енергоефективності на національному рівні.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

Вичерпування запасів традиційних енергоресурсів, таких як нафта, вугілля та природний газ, призводить до зростання їхньої вартості на світових ринках, що, у свою чергу, створює значні економічні виклики для України, яка значною мірою залежить від імпорту енергоносіїв. Українська енергетична система характеризується високим рівнем залежності від імпорту енергоресурсів, що становить близько третини від загального споживання. Ця залежність посилюється геополітичними факторами, які створюють додаткові ризики для енергетичної безпеки країни. Нераціональне використання енергоресурсів посилюється через моральне та фізичне старіння основних фондів, що призводить до неефективного використання енергії та збільшення витрат на її виробництво.. Ефективне використання енергоресурсів є необхідною умовою для забезпечення ресурсної ефективності економіки та її стійкого розвитку. Енергоефективність є системоутворюючим фактором для розвитку національної економіки, впливаючи на такі показники, як продуктивність, конкурентоспроможність та рівень життя населення.

Незважаючи на значний потенціал енергозбереження в житловому секторі України, оцінюваний у 9 млн тонн нафтового еквівалента на рік, рівень енергоефективності залишається низьким. Це свідчить про недостатню ефективність державної політики в цій галузі. Нереалізований потенціал енергозбереження в житловому секторі України призводить до значних економічних втрат, оцінюваних у мільярди євро щорічно. Це свідчить про необхідність посилення державного регулювання та стимулювання енергоефективних заходів.

Незважаючи на значні зусилля міжнародних донорів, обсяг фінансування заходів з енергоефективності в Україні залишається недостатнім для досягнення цілей енергетичної модернізації. Особливо гостро відчувається дефіцит фінансування для реалізації проектів в інших сферах енергоефективності. Пріоритетність фінансування заходів з модернізації систем опалення в рамках міжнародної технічної допомоги впливає на структуру інвестицій в

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

енергоефективність в Україні, створюючи дисбаланс між потребами різних секторів економіки [21].

Значна частина українського житлового фонду перебуває в аварійному або застарілому стані, що обумовлено недостатнім фінансуванням його утримання та модернізації, що, в свою чергу, призводить до значних втрат енергії та знижує комфортність проживання.

Значна частина українського житлового фонду характеризується низьким рівнем енергоефективності, обумовленим моральним та фізичним старінням будівель, що не відповідають сучасним будівельним нормам. рис. 1.2.

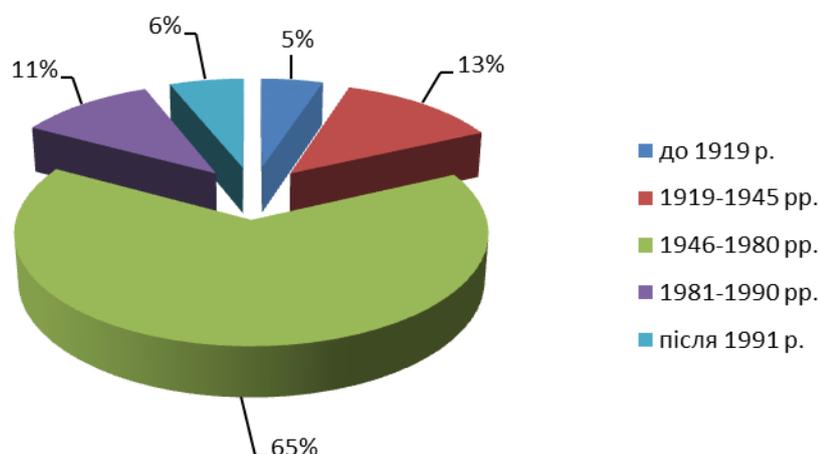


Рис. 1.2. Структура житлового фонду за роками забудови в Україні []

Застарілий житловий фонд можна класифікувати за кількома критеріями, що відображають ступінь його невідповідності сучасним будівельним нормам та вимогам до комфорту проживання.:

Житловий фонд, що відповідає мінімальному рівню невідповідності стандартам, характеризується функціональною застарілістю, яка проявляється в невідповідності планувальних рішень, інженерних систем та матеріалів сучасним вимогам, хоча і не становить безпосередньої загрози для безпеки мешканців. Такі будівлі, як правило, були зведені за типовими проектами минулих років і

потребують модернізації. Прикладом являються блокові та цегляні будинки, які були масово побудовані до 1990 року;

Житловий фонд середнього рівня застарілості характеризується вичерпанням експлуатаційного ресурсу конструктивних елементів та інженерних систем, що призводить до зниження рівня безпеки та комфорту проживання. Необхідно проведення комплексного обстеження таких будівель для оцінки їх технічного стану та визначення необхідності проведення ремонтних робіт або реконструкції. Прикладом можна назвати панельні будинки, які серійно будувалися до 1970 року;

Житловий фонд з високим рівнем невідповідності стандартам характеризується критичним технічним станом, що проявляється в повній втраті експлуатаційних характеристик, загрозі обвалу та неможливості забезпечення безпечних умов проживання. Таке житло, як правило, розташоване в аварійних будинках, підвалах та напівпідвальних приміщеннях і потребує термінового відселення мешканців. Типовими прикладами такого житла є одно-, дво- та триповерхові будівлі, зведені в довоєнний та післявоєнний періоди. Ці споруди, як правило, характеризуються застарілими конструктивними рішеннями, відсутністю необхідних інженерних систем та низьким рівнем енергоефективності.

Житловий фонд, визнаний непридатним для проживання, характеризується критичним рівнем зношеності конструкцій, що створює безпосередню загрозу життю та здоров'ю мешканців. Такі будівлі, як правило, розташовані в аварійному стані або в зонах з несприятливими санітарно-гігієнічними умовами. типовими прикладами такого житла є будівлі, які зазнали значних пошкоджень конструктивних елементів та інженерних систем, що робить їх непридатними для безпечного проживання. Крім того, до цієї категорії належать будівлі, розташовані в зонах з несприятливими санітарно-гігієнічними умовами.

Незважаючи на невідповідність сучасним стандартам, житловий фонд перших двох категорій зберігає свою соціальну значимість, задовольняючи

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

житлові потреби малозабезпечених верств населення та молоді сімей, які мають обмежені фінансові можливості. Цей фонд розглядається як складові частини ринку житла, як існуючого так і прогнозованого. Житловий фонд першої масової забудови, незважаючи на значний обсяг, потребує масштабної модернізації для підвищення енергоефективності, комфорту проживання та продовження терміну експлуатації. Це пов'язано з моральним і фізичним зносом будівель, а також з необхідністю адаптації до сучасних вимог до житла.

Основний потенціал підвищення енергоефективності житлового сектору України зосереджений у сфері модернізації існуючого житлового фонду, оскільки обсяги нового будівництва є обмеженими (обсяги щорічного нового будівництва в Україні не перевищують 2% від існуючого житлового фонду [31]). Реалізація цього потенціалу передбачає оснащення будівель сучасними енергоефективними системами та матеріалами, що дозволить зменшити споживання енергії та підвищити комфорт проживання.

Аналіз потенціалу енергоефективності існуючого житлового фонду України свідчить про можливість досягти до 50% скорочення енергоспоживання шляхом впровадження відповідних заходів і тим самим зробити вагомий внесок у вирішення проблеми зміни клімату [32].

Концепція сталого будівництва, широко поширена в країнах ЄС, підкреслює необхідність комплексного підходу до забезпечення енергоефективності будівель. Оцінка енергоефективності в рамках цієї концепції здійснюється за допомогою системи індикаторів, що враховують як технічні характеристики будівель, так і їхній вплив на навколишнє середовище та суспільство та передбачає використання комплексу екологічних, економічних, соціальних та технічних показників, що дозволяє оцінити ефективність будівель протягом усього їхнього життєвого циклу.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

1.2 Проблеми та перспективи комплексної термомодернізації житлових будівель в Україні

Реалізація проекту з термомодернізації передуює проведенню поглибленого дослідження технічного стану будівлі та розробці детального проекту, що включає вибір оптимальних матеріалів та технологій. Цей підхід дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити ефективність інвестицій. Перед початком робіт необхідно провести енергетичний аудит будівлі, розробити детальний проект і скласти кошторис. Тільки після цього можна приступати до безпосереднього виконання робіт.

За оцінками експертів, житловий фонд України налічує близько 180 тисяч багатоквартирних будинків, які потребують модернізації для підвищення енергоефективності. Бюджетна сфера, представлена приблизно 70-100 тисячами установ, також потребує значних інвестицій в енергозбереження. Загальний обсяг необхідних інвестицій для досягнення сучасних стандартів енергоефективності в цих секторах оцінюється в десятки мільярдів євро. Аналіз потреб у фінансуванні заходів з енергоефективності в житловому та бюджетному секторах України свідчить про значний дисбаланс. Потреби житлового сектору в інвестиціях перевищують потреби бюджетної сфери в 5-7 разів.

Досвід реалізації програми "Енергодім" демонструє, що державно-приватне партнерство та використання інноваційних механізмів фінансування можуть бути ефективними інструментами для підвищення енергоефективності житлового фонду. За попередніми оцінками, вартість комплексної термомодернізації одного багатоквартирного будинку в Україні становить близько 20 мільйонів гривень. З огляду на загальну кількість багатоквартирних будинків, що потребують модернізації, загальний обсяг інвестицій для досягнення енергоефективних стандартів у житловому секторі складає десятки мільярдів доларів США. Масштабні заходи з енергомодернізації житлового фонду потребують значних фінансових ресурсів, які в даний час не можуть бути забезпечені виключно за

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

рахунок традиційних джерел фінансування. Це вимагає розробки комплексного підходу, що передбачає залучення коштів з різних джерел, включаючи державні бюджети, місцеві громади, донорські організації та приватні інвестиції. Це вимагає розробки відповідних законодавчих та нормативних актів, а також створення ефективних механізмів управління проектами.

Досвід країн Європейського Союзу в рамках ініціативи "Хвиля реновації" демонструє ефективність системного підходу до енергомодернізації житлового фонду. Україна може скористатися цим досвідом, об'єднавши ресурси Фонду декарбонізації та Фонду енергоефективності для реалізації масштабних проектів з енергоефективності. Синергія цих зусиль, натхненна ініціативою "Хвиля реновації" в рамках Європейського зеленого курсу, дозволить значно прискорити процес енергомодернізації.

Для оцінки часових рамок комплексної термомодернізації житлового фонду в Україні доцільно звернутися до досвіду країн з аналогічними проблемами. Зокрема, Німеччина, яка стикнулася з необхідністю модернізації великих масивів житлової забудови радянського періоду, встановила амбітну мету завершити цей процес протягом 20 років. Досвід Німеччини свідчить про те, що масштабні програми термомодернізації можуть бути реалізовані в стислі терміни за умов наявності чіткого плану та достатнього фінансування. Це дає підстави вважати, що і в Україні можна досягти значних результатів у модернізації житлового фонду до 2050 року.

Реалізація першого етапу Стратегії термомодернізації будівель в Україні вимагає усунення численних бар'єрів, що перешкоджають масштабному впровадженню енергоефективних заходів. Це пов'язано з необхідністю створення ефективних механізмів фінансування, розробки нормативно-правової бази та підвищення рівня обізнаності населення. Одним з ключових напрямів енергетичної політики є впровадження 100% індивідуального обліку енергоресурсів та стимулювання переходу на більш ефективні енергоносії. Це дозволить не тільки знизити загальне споживання енергії, але й підвищити

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

енергетичну безпеку країни, завдяки скороченню споживання природного газу шляхом диверсифікації джерел енергопостачання та активного використання відновлюваних джерел енергії.

Для забезпечення ефективного переходу до енергоефективної економіки необхідно створити систему заходів, яка включатиме в себе: впровадження енергетичного менеджменту в державних установах, створення єдиної бази даних будівель, розробку механізмів подолання енергетичної бідності та стимулювання енергозбереження серед населення. Цей комплекс заходів дозволить досягти значного скорочення споживання енергії.

В умовах воєнного стану фінансові ресурси держави та населення обмежені, що робить масштабні інвестиції в термомодернізацію житлового фонду економічно недоцільними як для держави, так і для окремих співвласників багатоквартирних будинків. Висока вартість термомодернізації одного багатоквартирного будинку, яка становить близько 20 мільйонів гривень, в поєднанні зі значним обсягом застарілого житлового фонду, що потребує оновлення, створює значні фінансові бар'єри для реалізації масштабних програм енергоефективності. Враховуючи масштабність завдання термомодернізації житлового фонду, доцільно здійснювати його поетапно, починаючи з впровадження швидкоокупних заходів, таких як встановлення індивідуальних теплових пунктів, утеплення інженерних мереж та заміна вхідних дверей. Такий підхід дозволить досягти перших результатів у найкоротші терміни та забезпечить мотивацію для подальшої модернізації.

Впровадження таких заходів, як встановлення індивідуальних теплових пунктів, не потребує значних капіталовкладень і дозволяє досягти швидкого ефекту у вигляді зниження витрат на опалення. Це робить їх актуальними навіть в умовах обмежених ресурсів, що характерно для воєнного часу. Однак, успішна реалізація таких проектів залежить від рівня енергетичної свідомості мешканців багатоквартирних будинків та їхньої готовності до співпраці. Впровадження енергоефективних заходів в багатоквартирних будинках є не лише технічним

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

завданням, але й соціальною проблемою. Необхідно створити умови, за яких мешканці будуть зацікавлені у впровадженні енергозберігаючих технологій. Це може бути досягнуто шляхом надання інформаційної підтримки, фінансових стимулів та залучення мешканців до процесу прийняття рішень.

Досвід Німеччини демонструє, що успішна реалізація програм термомодернізації тісно пов'язана з економічно обґрунтованою тарифною політикою. На відміну від цього, в Україні низькі тарифи на енергоносії, що не відображають реальних витрат на їх виробництво та доставку, знижують мотивацію споживачів до енергозбереження та ускладнюють фінансування енергоефективних заходів.

Економічний аналіз термомодернізації житлового фонду свідчить про необхідність індивідуального підходу до кожного об'єкта. Зростання тарифів на енергоносії створює економічні стимули для власників приватних будинків до проведення енергоефективних заходів. Державна підтримка у вигляді фінансових інструментів може значно прискорити цей процес. Рішення про проведення термомодернізації є індивідуальним для кожного власника житла і залежить від багатьох факторів, включаючи економічну доцільність, доступність фінансування та рівень енергетичної свідомості. Зростання тарифів на енергоносії та державна підтримка можуть значно вплинути на прийняття таких рішень.

Ключову роль у реалізації програм термомодернізації багатоквартирних будинків відіграють об'єднання співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ). Для активізації їхньої участі необхідно спростити адміністративні процедури та забезпечити доступ до фінансових ресурсів. У випадку відсутності ОСББ відповідальність за проведення енергоефективних заходів має бути покладена на управляючі компанії, яким слід надати відповідні повноваження та ресурси.

Ключовим пріоритетом національної програми термомодернізації є впровадження системного підходу до підвищення енергоефективності будівель. Діяльність Фонду енергоефективності, спрямована на фінансування комплексних проектів термомодернізації, відповідає сучасним світовим тенденціям і дозволяє

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

досягти значного зниження енергоспоживання, до 30-50%. Результати реалізації проектів, що фінансуються Фондом енергоефективності, підтверджують високу ефективність комплексного підходу до термомодернізації. Завдяки впровадженню сучасних технологій та матеріалів вдається досягти значного зниження енергоспоживання, що відповідає сучасним вимогам до енергоефективності будівель.

Для досягнення мети повної термомодернізації житлового фонду необхідно розробити та реалізувати комплекс заходів, спрямованих на зниження енергоспоживання в будівлях, підвищення їхньої енергоефективності та створення комфортного житлового середовища. Реалізація цього завдання розрахована на період до 20-30 років.

За цей час необхідно реалізувати комплекс заходів, що включають:

Оптимізацію та спрощення адміністративних процедур, пов'язаних з прийняттям рішень щодо впровадження енергоефективних заходів на рівні окремих будівель та на загальнодержавному рівні;

Забезпечення фінансової стійкості проектів термомодернізації шляхом залучення коштів з різних джерел, таких як державні бюджети, міжнародні фінансові інституції та приватні інвестиції;

Створення ефективних механізмів залучення управляючих компаній та комунальних підприємств до процесу термомодернізації багатоквартирних будинків, що не мають ОСББ, шляхом розробки відповідних нормативно-правових актів та стимулів;

Впровадження системи кількісних показників для оцінки темпів проведення термомодернізації та моніторинг їх динаміки.;

Створення системи моніторингу та оцінки якості виконаних робіт з термомодернізації на основі єдиних стандартів та вимог до енергоефективності будівель..

Для успішної реалізації стратегії енергоефективності в Україні необхідне створення додаткових фінансових інструментів. Одним з таких інструментів є

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фонд декарбонізації та енергоефективної трансформації, який фінансується за рахунок коштів, отриманих від податку на викиди вуглекислого газу. Для успішної реалізації стратегії декарбонізації економіки України необхідне значне збільшення фінансових ресурсів Фонду декарбонізації, обсяг яких, за оцінками експертів, має становити від 10 до 30 мільярдів гривень. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України відіграє ключову роль у розробці та реалізації механізмів використання цих коштів для фінансування проектів з підвищення енергоефективності.

Фонд декарбонізації відіграє ключову роль у реалізації комплексної стратегії енергоефективності, охоплюючи всі сектори економіки, на відміну від сегментарного підходу, характерного для інших фінансових інструментів. Стабільне фінансування за рахунок податку на викиди вуглекислого газу забезпечує довгострокову перспективу реалізації енергоефективних проектів. Синтез державної політики, міжнародної співпраці та залучення громадськості є необхідною умовою для успішного впровадження таких проектів. На відміну від Фонду енергоефективності, який зосереджується на житловому секторі, Фонд декарбонізації забезпечує більш комплексний підхід до енергоефективності, охоплюючи всі сектори економіки. Стабільне фінансування за рахунок податку на викиди вуглекислого газу та синергія зусиль державних органів, міжнародних партнерів та громадськості дозволяють розглядати цей фонд як потужний інструмент для переходу до низьковуглецевої економіки.

1.3 Шляхи комплексної термомодернізації багатоповерхових житлових будівель

Економічна оцінка потенціалу енергозбереження є визначальним фактором для прийняття рішень щодо впровадження енергоефективних заходів у багатоквартирних будинках. Розрахунок очікуваної економії на енергоносіях

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

(тепловій та електричній енергії) є ключовим аргументом для переконання співвласників у доцільності інвестицій в енергоефективність.

На першому етапі прийняття рішення про впровадження енергоефективних заходів у багатоквартирному будинку рекомендується застосовувати спрощені методики для попередньої оцінки потенціалу енергозбереження. Застосування спрощених методів оцінки енергоефективності багатоквартирних будинків дозволяє отримати попередні результати з прийнятною точністю (відхилення до 10-20%) без проведення детального енергетичного аудиту та залучення вузькоспеціалізованих фахівців. Дані, отримані в ході попередньої оцінки енергетичного потенціалу багатоквартирного будинку за допомогою спрощених методів, хоча й містять певний ступінь невизначеності, є достатніми для формування первинного уявлення про доцільність та пріоритетність впровадження енергоефективних заходів, а також для приблизного визначення очікуваної економічної ефективності. Для точного визначення потенціалу енергозбереження багатоквартирного будинку необхідне проведення комплексного енергетичного аудиту з використанням сучасних інструментальних методів дослідження теплотехнічних характеристик будівлі. Результати такого аудиту є надійною основою для розробки ефективних заходів з енергомодернізації.

Співвласники багатоквартирних будинків повинні усвідомлювати, що енергоефективні заходи, як правило, відносяться до категорії технічного переоснащення, спрямованого на поліпшення експлуатаційних характеристик будівлі та зниження витрат на комунальні послуги. Енергоефективні заходи в багатоквартирних будинках, як правило, мають на меті не стільки капітальну реконструкцію, скільки оптимізацію існуючих інженерних систем та конструкцій, що призводить до поліпшення техніко-економічних показників будівлі.. Реалізація проекту потребує залучення висококваліфікованих фахівців для виконання спеціалізованих робіт та надання необхідних послуг.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

Реалізація енергоефективних заходів у багатоквартирних будинках вимагає додаткових інвестицій, які, як правило, перевищують поточні витрати на утримання будинку. Проте, завдяки існуючим механізмам фінансування та значному потенціалу енергозбереження, впровадження таких заходів може здійснюватися без додаткового фінансового навантаження на мешканців, а в деяких випадках навіть призводить до зниження платіжок за комунальні послуги. Впровадження енергоефективних заходів призводить до зниження питомих витрат на енергоносії, що обумовлене зменшенням обсягів їх споживання. Таким чином, забезпечується економічна доцільність інвестицій в енергомодернізацію. Прямим наслідком впровадження енергоефективних заходів є скорочення обсягів споживання енергоресурсів, що, в свою чергу, веде до зменшення витрат на їх оплату. Економія на оплаті комунальних послуг, досягнута в результаті впровадження енергоефективних заходів, може бути використана як джерело фінансування для погашення кредитів, отриманих на реалізацію проекту, а також як стимул для залучення інвестицій у подальші енергоефективні заходи. Процес досягнення економічного ефекту в результаті впровадження енергоефективних заходів представлено у вигляді схеми на рисунку 1.3

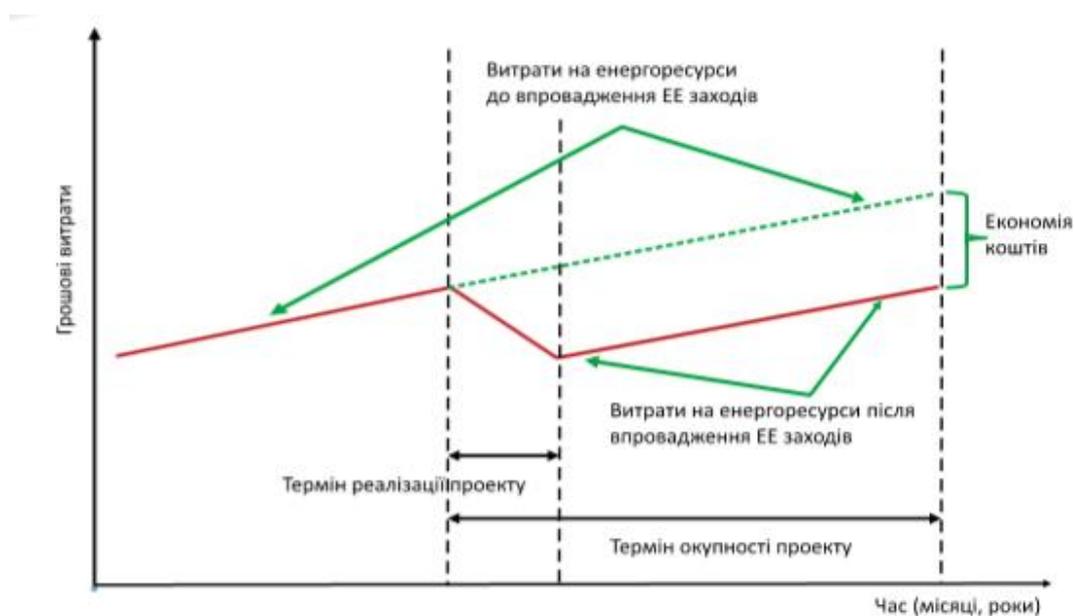


Рис.1.3 Схема процесу досягнення економічного ефекту в результаті впровадження енергоефективних заходів.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Методологія оцінки потенціалу енергозбереження передбачає збір та аналіз даних про споживання енергоресурсів за базовий період, а також розрахунок очікуваного зниження споживання після реалізації енергоефективних заходів. Для оцінки потенціалу енергозбереження багатоквартирного будинку необхідно провести порівняльний аналіз фактичних даних про споживання енергоресурсів за базовий період (три роки) та прогнозних показників після впровадження енергоефективних заходів. Базові дані про споживання енергоресурсів багатоквартирним будинком отримуються шляхом аналізу показників загальнобудинкових лічильників теплової та електричної енергії.

Для обґрунтування доцільності впровадження енергоефективних заходів рекомендується провести порівняльний аналіз фактичних та прогнозованих значень споживання теплової енергії в багатоквартирному будинку. Такий аналіз дозволить оцінити потенціал енергозбереження та визначити економічну ефективність інвестицій. Оскільки тепла енергія є основною складовою витрат на комунальні послуги в багатоквартирних будинках, для оцінки ефективності енергозбереження необхідно порівняти фактичне споживання теплової енергії за базовий період ($Q_{до}$) з прогнозованим споживанням після проведення термомодернізації ($Q_{після}$).

Для визначення базового рівня споживання теплової енергії ($Q_{до}$) перед проведенням термомодернізації багатоквартирного будинку використовується середнє арифметичне значення показників загальнобудинкового теплового лічильника за три попередні роки.

За відсутності загальнобудинкового теплового лічильника, початковий обсяг споживання теплової енергії ($Q_{до}$) може бути визначений на основі даних, наданих постачальником теплової енергії.

Після прийняття рішення про реалізацію проекту з енергоефективності та залучення фахівців, необхідно провести детальний енергетичний аудит будівлі з використанням інструментальних методів дослідження. Отримані в результаті аудиту дані про теплові втрати будуть порівняні з попередньо розрахованим

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

базовим рівнем споживання теплової енергії для уточнення потенціалу енергозбереження. Дані, отримані шляхом спрощених розрахунків, потребують верифікації на основі результатів детального енергетичного обстеження будівлі, що включає в себе інструментальні вимірювання та неруйнівний контроль. Це дозволить уточнити базовий рівень споживання теплової енергії та підвищити точність прогнозування ефективності енергоефективних заходів.

Прогнозований обсяг споживання теплової енергії після проведення термомодернізації ($Q_{\text{після}}$) визначається за допомогою інженерних розрахунків. Приклад такої оцінки наведено в Додатку 2. Розрахунок проводиться на основі даних про експлуатаційні характеристики будівлі.

Для проведення попередньої оцінки економічної доцільності енергоефективних заходів можуть бути використані усереднені дані про потенціал енергозбереження, наведені в таблиці 2. Ці дані дозволяють отримати орієнтовні показники зниження споживання енергоресурсів після реалізації кожного окремого заходу. Порівняння фактичного споживання енергоресурсів з прогнозними значеннями, дозволяє оцінити ефективність різних енергоефективних заходів та обрати оптимальні рішення.

Для забезпечення довгострокового ефекту від впровадження енергоефективних заходів необхідно застосовувати комплексний підхід, який передбачає одночасну реалізацію декількох заходів. Вибір оптимального комплексу заходів здійснюється на основі аналізу даних, наведених у таблиці.. Спрощений підхід, заснований на простому сумуванні ефектів окремих заходів, може призвести до недооцінки або переоцінки загального ефекту від комплексної модернізації будівлі. Для отримання більш точних результатів необхідно використовувати спеціальні методи розрахунку. Ефективність енергозбереження в результаті комплексної модернізації багатоквартирних будинків залежить від низки факторів, включаючи початковий технічний стан будівлі та обраний комплекс заходів. В середньому, можна очікувати зниження споживання теплової енергії на 30-70%.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2. - Узагальнені статистичні показники, що характеризують потенціал енергозбереження в типовому багатоквартирному будинку.

Конструктивний елемент	Технічне рішення	Потенціал енергозбереження	Усереднений строк окупності (роки)
Стіни	Утеплення	18 – 25%	7 – 10
Вікна, зовнішні вхідні двері	Заміна	15 - 20%	15
Горища та горищне перекриття	Утеплення	5 – 10%	10 – 12
Підвальне перекриття	Утеплення	5 – 10%	7 – 10
Системи вентиляції	Улаштування приточно-витяжних клапанів; Улаштування рекуператорів; Перехід на примусову витяжну вентиляцію	5 – 35%	5 – 8
Загальнобудинкові системи опалення	Монтаж ІТП з погодним регулятором	15 – 20%	2 – 4
	Гідрохімічна очистка та балансування	5 – 10%	1 – 2
Загальнобудинкові системи Електроспоживання	Заміна ламп розжарювання	5 – 7%	2 – 3
	Встановлення приладів регулювання освітлення	5%	2 – 3

Прогнозовані показники енергозбереження для різних комбінацій заходів узагальнено в таблиці 3.

Модернізація систем електроспоживання, на відміну від теплотехнічних заходів, не має прямого впливу на теплові характеристики будівлі. Комплексна оцінка енергоефективності багатоквартирного будинку передбачає окремий розрахунок потенціалу енергозбереження для теплової та електричної енергії. Це дозволяє визначити оптимальні заходи для кожної складової енергоспоживання та оцінити загальний ефект від їх впровадження.

Таблиця 3 - Результати моделювання потенціалу енергозбереження для різних комбінацій заходів.

Набір технічних рішень з термомодернізації	Потенціал енергозбереження від провадження	Усереднений період окупності
Утеплення стін, заміна вікон, утеплення даху (перекрыття даху) без модернізації та автоматизації систем теплопостачання	10 – 35%	7 – 10 років
Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване керування та регулювання)	10 – 25%	2 – 5 років
Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване керування та регулювання) + утеплення стін та заміна вікон	35 – 45%	7 – 10 років
Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, автоматизоване керування та регулювання) + утеплення стін, перекрыття над підвалом, даху (перекрыття даху)	35 – 45%	5 – 8 років
Утеплення стін, заміна вікон, утеплення даху (перекрыття даху) + ІТП з погодним регулюванням + автоматичне гідравлічне балансування	35 – 50%	6 – 9 років
Модернізація системи опалення (прочистка, автоматичне гідравлічне балансування, ІТП з погодним регулюванням) + утеплення стін та заміна вікон + вентиляція з регулюванням за вологістю	45 – 60%	7 – 10 років
Заміна системи опалення на двотрубну з ІТП з погодним регулюванням + утеплення стін, даху (перекрыття даху), перекрыття (над холодним підвалом), заміна вікон + вентиляція з рекуперацією (індивідуальні рекуператори з ефективністю не менше 75%)	65 – 85%	10 – 12 років
Заміна системи опалення на двотрубну з ІТП з погодним регулюванням + утеплення стін, даху (перекрыття даху), перекрыття (над холодним підвалом), заміна вікон + вентиляція з рекуперацією (індивідуальні рекуператори з ефективністю не менше 75%) + відновлювальні джерела енергії (сонячні колектори, сонячні батареї тощо)	70 – 100%	10 – 15 років

Термомодернізація – це комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію енергетичних характеристик будівель шляхом підвищення теплової ізоляції огорожувальних конструкцій та модернізації інженерних систем з метою досягнення встановлених нормативів енергоефективності. Метою термомодернізації є мінімізація втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції та оптимізація роботи інженерних систем з метою зниження енергоспоживання та підвищення комфорту внутрішнього середовища. [2].

"Прийняття ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 стало значним кроком у напрямку підвищення енергоефективності житлового фонду України. Стандарт визначає сучасні вимоги до проведення термомодернізації та сприяє підвищенню якості виконання робіт [3]. Максимальний ефект енергозбереження у житлових будівлях досягається за умови комплексного впровадження енергоефективних заходів, що включають теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, автоматизацію систем опалення та встановлення індивідуальних приладів обліку теплової енергії.. Комплексний підхід до енергоефективності передбачає одночасну модернізацію всіх елементів системи опалення. Часткові рішення можуть призвести до неефективного використання енергії та не дозволяють досягти максимального потенціалу енергозбереження.

Перед реалізацією енергоефективних заходів необхідно провести детальний економічний аналіз, який дозволить визначити очікувану економію коштів на оплату енергоносіїв. Для забезпечення обґрунтованого прийняття рішень щодо впровадження енергоефективних заходів необхідно провести комплексний аналіз, який включає техніко-економічне обґрунтування, енергетичний аудит та розробку системи моніторингу та контролю.

Дослідження показують, що введення індивідуального обліку енергоресурсів призводить до значного зниження споживання, особливо у випадку з водопостачанням, де економія може досягати 30% і більше. Це свідчить про високу ефективність такого підходу до стимулювання енергозбереження. Практика показує, що встановлення індивідуальних лічильників є ефективним

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

інструментом мотивації споживачів до економії енергоресурсів. Зокрема, введення лічильників на воду призвело до значного зниження її споживання.

Для обліку теплової енергії в багатоквартирних будинках застосовують два основних рівні: будинковий та індивідуальний (квартирний). Будинковий лічильник є мінімальним необхідним засобом обліку, тоді як індивідуальний облік забезпечує більш точний розподіл витрат на опалення між споживачами. З метою підвищення енергоефективності житлового фонду та стимулювання раціонального використання теплової енергії, будівельні норми України з 2009 року передбачають обов'язкове встановлення індивідуальних приладів обліку теплової енергії у новобудовах.

Встановлення індивідуальних теплових лічильників технічно можливо лише в багатоквартирних будинках з горизонтальною системою опалення, що передбачає окрему теплову лінію для кожної квартири. Будинки з вертикальною системою опалення, характерні для типового житлового фонду, мають обмежені можливості для впровадження індивідуального обліку теплової енергії.

Впровадження індивідуального обліку теплової енергії в будівлях з вертикальною системою опалення пов'язане зі значними технічними труднощами та високими витратами, оскільки вимагає або встановлення великої кількості індивідуальних теплових лічильників на кожен стояк, або проведення масштабної реконструкції системи опалення. Встановлення індивідуальних теплових лічильників на кожен стояк в системах з вертикальним розведенням пов'язане з низкою технічних труднощів, таких як малий витратомір теплоносія на окремих стояках, що призводить до низької точності вимірювань, а також необхідність встановлення великої кількості лічильників, що ускладнює експлуатацію системи опалення.

Проблему індивідуалізації обліку теплової енергії в багатоквартирних будинках з вертикальною системою опалення в країнах Східної Європи вирішують шляхом застосування радіаторних розподільників (рис. 1.4).

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29



Рис. 1.4 – Радіаторний розподільник

Принцип функціонування радіаторних розподільників заснований на вимірюванні температурного перепаду між поверхнею радіатора та навколишнім повітрям. Отримані дані дозволяють розрахувати кількість теплової енергії, відданої радіатором за певний період, та визначити пропорційну частку споживання кожної квартири в загальному обсязі. Використання радіаторних розподільників дозволяє більш справедливо розподіляти витрати на опалення між споживачами та сприяє підвищенню енергоефективності будівель.

Радіаторні розподільники, що широко застосовуються в Європі з середини ХХ століття, є доведеним та ефективним методом індивідуалізації обліку теплової енергії в багатоквартирних будинках. Застосування радіаторних розподільників є ефективним методом індивідуалізації обліку теплової енергії в багатоквартирних будинках, оскільки дозволяє стимулювати споживачів до раціонального використання теплової енергії та забезпечує справедливий розподіл витрат на опалення. Радіаторні розподільники характеризуються значно нижчою вартістю встановлення та експлуатації порівняно з індивідуальними тепловими лічильниками, що робить їх більш доступним рішенням для більшості споживачів. Простота конструкції та монтажу радіаторних розподільників дозволяє легко інтегрувати їх в існуючі системи опалення без необхідності проведення масштабних будівельних робіт.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З метою стандартизації та уніфікації вимог до радіаторних розподільників в Україні з 2017 року діє державний стандарт ДСТУ EN 834:2017. Цей документ визначає технічні характеристики, методи випробувань та правила експлуатації приладів для вимірювання теплової енергії, що віддається опалювальними радіаторами. [15].

Впровадження індивідуального обліку теплової енергії є ефективним інструментом стимулювання енергозбереження, однак його ефективність безпосередньо залежить від можливості споживачів впливати на рівень споживання теплової енергії шляхом регулювання температури в приміщеннях.

Логічним продовженням підготовчих робіт до термомодернізації будівлі є проведення детального енергетичного аудиту. Енергетичний аудит – це комплексний процес оцінки енергетичної ефективності будівлі, спрямований на виявлення потенціалу для енергозбереження та розробку рекомендацій щодо його реалізації. Метою енергетичного аудиту є визначення потенціалу для енергозбереження, розрахунок економічної ефективності запропонованих заходів та розробка детального плану їх реалізації, що дозволить знизити витрати на опалення та підвищити комфорт проживання мешканців.

За допомогою інструментальних методів дослідження під час енергетичного аудиту оцінюється технічний стан систем енергопостачання, виявляються теплові втрати та аналізується ефективність використання енергоресурсів. Результатом енергетичного аудиту є розробка детального плану заходів з енергозбереження, який включає в себе техніко-економічне обґрунтування кожного заходу та оцінку очікуваної економії енергоресурсів. Рисунок 1.4 демонструє тепловізійну картину будівлі, отриману в результаті енергетичного аудиту, що дозволяє візуально оцінити розподіл температур по поверхні огорожувальних конструкцій та виявити ділянки з підвищеними тепловими втратами.

Енергетичний аудит забезпечує обґрунтування економічної доцільності впровадження заходів з енергозбереження шляхом оцінки терміну окупності

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

інвестицій та порівняння різних варіантів модернізації. На основі даних енергетичного аудиту формується декілька сценаріїв модернізації, що дозволяє обрати оптимальне рішення з урахуванням технічних характеристик будівлі та фінансових можливостей замовника.



Рис. 1.5 – Візуалізація результатів тепловізійного обстеження будівлі

Проведення енергетичного аудиту є обов’язковою умовою для отримання фінансування на проведення заходів з термомодернізації, оскільки він дозволяє оцінити потенціал енергозбереження та забезпечує доказову базу для обґрунтування інвестиційних проектів. Для власника будівлі енергетичний аудит є інструментом для прийняття обґрунтованих рішень щодо інвестицій в енергозбереження, а для фінансових інститутів – підставою для надання кредитів на фінансування заходів з термомодернізації.

З метою гармонізації національної системи енергетичного менеджменту з міжнародними стандартами в 2016 році в Україні було введено в дію пакет стандартів ДСТУ ISO 50002-50015. Ці стандарти визначають вимоги до проведення енергетичних аудитів, розробки та впровадження систем енергетичного менеджменту, а також методики оцінки енергоефективності. Впровадження цих стандартів сприяло створенню єдиного нормативного поля в галузі енергоефективності, підвищенню рівня енергетичної культури та стимулювало розвиток ринку енергосервісних послуг:

- 1) ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002: 2014 року, IDT) Енергетичні аудити. Вимоги та настанова відносно їх проведення [5];

2) ДСТУ ISO 50003:2016 (ISO 50003: 2014 року, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимоги до органів, які проводять аудит і сертифікацію систем енергетичного менеджменту [7];

3) ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004: 2014 року, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Настанова відносно впровадження, супроводу та поліпшення системи енергетичного менеджменту [7];

4) ДСТУ ISO 50006:2016 (ISO 50006: 2014 року, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використання базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова [8];

5) ДСТУ ISO 50015:2016 (ISO 50015: 2014 року, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої /досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова [9].

Проведення енергетичного аудиту мають право здійснювати виключно фахівці, які пройшли відповідну атестацію та мають необхідну кваліфікацію. [2].

Висновки за розділом 1

У першому розділі роботи проведено детальний аналіз сучасного стану енергоефективності багатоповерхових житлових будівель, розглянуто основні фактори, що впливають на рівень енергоспоживання, та проаналізовано існуючі методи та технології підвищення енергоефективності.

Забезпечення енергоефективності житлового сектору є складним системним процесом, який вимагає комплексного підходу. Він включає в себе розробку та впровадження енергоефективних будівельних норм і стандартів, створення ринку енергосервісних послуг, розробку фінансових інструментів для стимулювання енергозбереження, проведення інформаційно-просвітницьких кампаній серед населення та підвищення енергетичної свідомості. Тільки за умови комплексного підходу можна досягти значних результатів у підвищенні енергоефективності житлового фонду.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Визначено та проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку сталого енергетичного розвитку. Було визначено ключові фактори, що впливають на успішну реалізацію цієї моделі, а також ідентифіковано основні бар'єри та ризику. Отримані результати дозволяють сформулювати рекомендації щодо розробки ефективної політики в галузі енергоефективності та відновлюваних джерел енергії.

Результати дослідження однозначно вказують на те, що термомодернізація багатоквартирних будинків, збудованих до 1990 року, є одним із пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності житлового сектору в Україні. Термомодернізація будівель дозволить не тільки знизити негативний вплив на довкілля, але й забезпечить значну економію коштів для домогосподарств завдяки зменшенню витрат на опалення.

Прийнята урядом довгострокова стратегія термомодернізації передбачає поетапне підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом впровадження сучасних технологій, матеріалів та рішень. Стратегія включає в себе комплекс заходів, спрямованих на удосконалення нормативно-правової бази, створення сприятливих фінансових умов для інвестування в енергоефективність, підвищення енергетичної свідомості населення та розширення співпраці з міжнародними партнерами. Реалізація стратегії дозволить досягти значного зниження енергоспоживання в будівлях, зменшити викиди парникових газів та підвищити енергетичну безпеку країни.

Аналіз показав, що реалізація стратегії термомодернізації в Україні вимагає комплексного підходу, який включає в себе не лише технічні заходи, але й розробку відповідних фінансових механізмів, стимулювання енергоефективної поведінки споживачів та створення ефективної системи моніторингу та контролю. Встановлення індивідуальних теплолічильників та впровадження систем енергетичного менеджменту створює прямий зв'язок між споживанням теплової енергії та витратами мешканців, що стимулює їх до економії.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

РОЗДІЛ 2 ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика об'єкта

Для дипломного проектування було обрано багатоквартирний житловий будинок, збудований в 1966 році. Будинок знаходиться в м. Полтава за адресою вул. Олександра Оксанченка 9.

Метою розділу є проведення детального теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі з метою оцінки їх енергоефективності та визначення відповідності вимогам чинних нормативних документів.

Метою проекту є проведення термомодернізації 5-поверхового житлового будинку з метою зниження енергоспоживання та поліпшення мікроклімату в приміщеннях.

Зовнішні огорожувальні конструкції будівлі виконані у вигляді багат шарових панелей, несучим шаром яких є керамзитобетонні плити, що забезпечують необхідну міцність та теплоізоляцію. Для поліпшення естетичних якостей та захисту несучого шару від атмосферних впливів зовнішня поверхня панелей облицьована керамічною плиткою. Більшість віконних отворів оснащена сучасними віконними блоками, що складаються з профілю (металопластикового або дерев'яного) та склопакета. Вхідні двері не забезпечують належного рівня теплоізоляції та звукоізоляції через відсутність теплоізоляційного шару та ущільнювачів. Для контролю закривання дверей встановлені доводжувачі. У деяких випадках додатково встановлені тамбурні двері. Для забезпечення природного освітлення та вентиляції сходових клітин встановлені віконні блоки з металопластикових профілів та дерев'яних конструкцій, що забезпечують необхідний рівень теплоізоляції та звукоізоляції.

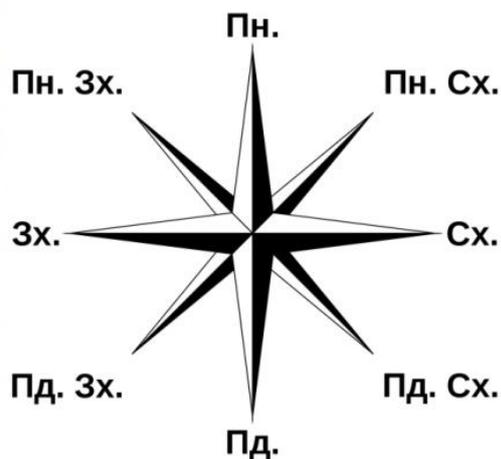
Загальні дані про конструкцію наведено в таблиці 2.1.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

Таблиця 2.1. – Загальні дані про конструкцію житлової будівлі.

Кількість поверхів	5
Кількість квартир в будинку	45
Кількість під'їздів (входів)	3
Опалювальна площа будинку	2591,5 м ²
Опалювальний об'єм будинку	6317,7 м ³
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій	2591,2 м ²
Площа вікон і балконних дверей	508,08 м ²
Площа горищних перекриттів неопалювальних горищ	474,3 м ²
Площа підвального перекриття	469,4 м ²

Геометрична орієнтація будівлі відносно сторін світу



Результати обстеження будівлі показали, що зовнішні стіни мають значні дефекти у вигляді тріщин, що можуть негативно вплинути на теплоізоляційні характеристики будівлі, її міцність та довговічність, а також на комфорт проживання мешканців. Реалізація проекту з термомодернізації фасаду вимагає проведення попередньої інженерно-будівельної експертизи з метою оцінки технічного стану несучих конструкцій будівлі та визначення їх здатності сприймати додаткові навантаження, пов'язані з утепленням. Такий підхід дозволить уникнути негативних наслідків для будівлі та забезпечити безпеку проведення робіт.

Огороджувальні конструкції зовнішніх стін будівлі виконані з багатошарових елементів. Несучим шаром є керамічні блоки товщиною 380 мм,

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

які забезпечують міцність конструкції та стійкість до навантажень. Внутрішній шар стіни представлений шаром штукатурки товщиною 20 мм, який виконує функції декоративного покриття та додаткової теплоізоляції. Опір теплопередачі зовнішніх стін становить $R_{ст} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що не відповідає нормативним значенням [1]. З метою підвищення енергоефективності будівлі проведено часткову заміну існуючих віконних та балконних блоків на сучасні конструкції з полівінілхлоридних профілів, заповнених двокамерними склопакетами. Використання енергоефективних віконних систем дозволило знизити теплові втрати через огорожувальні конструкції та створити комфортні умови всередині приміщень. При цьому було забезпечено відповідність вимогам нормативних документів щодо теплоізоляції, природного освітлення та інсоляції.

На рисунку 2.1 представлений зовнішній фасад будинку:



					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37



Рисунок 2.1 – Зовнішній фасад будівлі

Характеристика віконних конструкцій На сходових клітинах встановлено металопластикові вікна з подвійним склопакетом, що відповідають сучасним вимогам. Вікна в квартирах також переважно в металопластикових рамах. Загальна площа світлопрозорих конструкцій у будинку становить $508,08 \text{ м}^2$. Опір теплопередачі дерев'яних вікон становить $R_D = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, металопластикових – $R_{МП} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що не відповідає нормативним значенням [1].

Характеристика дверей

Вхідні двері парадних груп металеві неутеплені та неущільнені, обладнані механізмом плавного закривання. Встановлені тамбурні двері у вхідних групах, з метою уникнення втрат тепла в опалювальний період. Загальна площа головних та допоміжних дверей житлової будівлі складає $F_{ДВ} = 26 \text{ м}^2$. Значення термічного опору дверей $R_{ДВ} = 0,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, не відповідає мінімальним вимогам [1].

Конструкція горищного перекриття представлена багатошаровою системою, що складається з монолітної залізобетонної плити, яка виконує несучу функцію. Для забезпечення теплоізоляції над залізобетонною плитою влаштовано шар шлакового керамзиту. Зверху теплоізоляційного шару виконана цементно-піщана

					<i>601 – НТ – 11393648- МР</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

стяжка товщиною 50 мм, яка слугує основою для подальшого влаштування підлогового покриття та забезпечує рівну поверхню перекриття. Перекриття складається із: залізобетону (густиною $\rho_0=2500\text{кг/м}^3$) - 0,22 м; розчину цементно-піщаного (густиною $\rho_0=1800\text{кг/м}^3$) - 0,05 м; виробів теплоізоляційних з мінеральної вати на основі базальтового волокна (густиною $\rho_0=75\text{кг/ м}^3$) - 0,05 м. Площа перекриття становить $474,3 \text{ м}^2$, стан - задовільний.

Значення термічного опору перекриття $R_{\Pi} = 1,38 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, що не відповідає мінімальним вимогам [42].

Підвал будинку та цокольне перекриття

Перекриття над неопалювальним підвалом з багатошаровим. Несуча функція забезпечується залізобетонною плитою товщиною 220 мм. Для підвищення теплоізоляційних властивостей над залізобетонною плитою влаштовано шар керамзиту гранульованого ($\rho=600 \text{ кг/м}^3$) товщиною 50 мм. Верхній шар перекриття виконаний з цементно-піщаної стяжки ($\rho=1800 \text{ кг/м}^3$) товщиною 50 мм, яка забезпечує рівну поверхню для подальшого влаштування підлогового покриття та слугує основою для сприйняття експлуатаційних навантажень. Значення термічного опору перекриття над підвалом $R_{\Pi} = 1,54 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, що не відповідає мінімальним вимогам [42].

2.2 Характеристика інженерних систем будівлі

Система тепlopостачання та гарячого водopостачання, введена в експлуатацію в 1983 році, протягом тривалого часу експлуатувалася без проведення суттєвих модернізацій. Це призвело до фізичного зносу обладнання, зниження енергоефективності системи та збільшення витрат на її обслуговування. Крім того, відсутність сучасних систем автоматизації та регулювання ускладнює оптимізацію режимів роботи системи та знижує комфорт для споживачів.

Трубопроводи інженерних систем опалення та гарячого водopостачання розміщені в неопалюваних приміщеннях підвалу та на технічному поверсі над

					<i>601 – НТ – 11393648- МР</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

житловою зоною будівлі. Будівля підключена до міської системи централізованого теплопостачання за допомогою теплового пункту. Система теплопостачання організована за закритою схемою з двотрубною розводкою. Теплоносій від зовнішніх теплових мереж подається до теплового пункту, де відбувається регулювання параметрів теплоносія та розподіл його по внутрішніх мережах опалення. Існуюча тепла ізоляція трубопроводів системи опалення та гарячого водопостачання не відповідає сучасним нормативним вимогам і характеризується значним зносом, що призводить до значних теплових втрат.

Система теплопостачання будівлі працює в режимі, що відповідає вимогам технічних умов. Температурний графік системи передбачає два режими: опалювальний та неопалювальний. В опалювальний період температура подаючого теплоносія становить 80°C, а зворотного - 60°C. В неопалювальний період ці параметри знижуються до 60°C та 50°C відповідно.

Система опалення.

Підключення до теплових мереж залежне, без додаткового регулювання температури теплоносія за погодними умовами. Система опалення організована за однотрубною схемою з нижнім розведенням. Теплоносій циркулює по замкнутому контуру, послідовно проходячи через всі опалювальні прилади. Така схема забезпечує рівномірний розподіл теплоносія по системі, однак вимагає ретельного гідравлічного розрахунку для забезпечення необхідної температури в кожному опалювальному приладі.. Розподільчий трубопровід виконаний зі сталі, що забезпечує необхідну міцність, довговічність та герметичність системи теплопостачання. Вибір сталі як матеріалу для трубопроводу обумовлений її високими механічними властивостями, стійкістю до корозії та здатністю витримувати високі температури теплоносія. Система опалення не збалансована гідравлічно. Не забезпечено гідравлічний баланс системи опалення через відсутність балансувальної арматури на горизонтальних ділянках. Проект системи опалення виконаний відповідно до вимог будівельних норм і правил, що передбачають застосування однотрубної схеми.. Проектом будівлі передбачено

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

використання теплоносія з параметрами 150/70 °С для забезпечення необхідного температурного режиму в приміщеннях. Однак, фактичні параметри теплоносія, що подаються тепlopостачальною організацією, не відповідають проектним значенням. Це призводить до порушення теплового балансу системи опалення та неможливості забезпечити необхідну температуру в приміщеннях, що є відхиленням від вимог будівельних норм і правил.

На представленій схемі (рис. 1.4) наочно продемонстровано стан теплової ізоляції трубопроводів будівлі.



Рисунок 1.4 – Мережа трубопроводів з теплоносієм.

Облік споживання теплової енергії для опалення житлової частини будинку здійснюється за допомогою загального теплового лічильника. Система опалення будівлі не забезпечує необхідного рівня теплового комфорту в приміщеннях через знос обладнання, порушення гідравлічного режиму та відсутність опалення підвального поверху.

В якості опалювальних приладів застосовуються чавунні радіатори секційного типу та трубні реєстри. Система опалення будівлі включає в себе також опалювальні прилади такі як рушникосушарки, виконані з гладких сталевих труб діаметром 32 мм та довжиною 3,5 м відповідно до ГОСТ 3262-75. На окремих стояках відсутні запірні та регулювальні елементи, що дозволяють відключати окремі опалювальні прилади. Система опалення не обладнана балансувальними пристроями на окремих вертикальних ділянках. Опалювальні прилади підключені

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

до системи опалення без можливості регулювання теплової потужності. Для опалення сходових клітин використані ребристі труби, встановлені вертикально вздовж стін на першому поверсі.

Система опалення технічного поверху має дворівневу схему розводки трубопроводів: під стелею та над підлогою.

Розподільчі трубопроводи системи опалення підвального поверху прокладені в підпільному просторі вздовж стін та під стелею.

Для будівництва розподільчої системи використані сталеві водогазопровідні та електрозварні труби. Для теплоізоляції трубопроводів системи опалення підвального та технічного поверхів використано мінеральну вату з захисним покриттям з руберойду або склотканини. Однак, візуальний огляд свідчить про значні пошкодження теплоізоляційного шару.

Система гарячого водопостачання.

Будівля підключена до централізованої системи теплопостачання за двотрубною схемою. Теплоносій для опалення подається від зовнішнього джерела тепла, а гаряче водопостачання забезпечується окремою лінією з постійною температурою. Така схема забезпечує стабільність роботи системи та мінімізує необхідність у додатковому обладнанні для регулювання температури гарячої води.

Облік споживання теплової енергії для гарячого водопостачання здійснюється за допомогою індивідуальних лічильників гарячої встановлених у кожній квартирі. Прямий облік спожитої теплової енергії на гаряче водопостачання відсутній. Відсутність індивідуального обліку теплової енергії на гаряче водопостачання унеможливорює здійснення справедливого розподілу витрат на опалення між споживачами.

Система внутрішнього гарячого водопостачання будівлі організована за вертикальною схемою. Магістральні трубопроводи прокладені в підвальному приміщенні та забезпечують подачу гарячої води до стояків, розташованих у

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

санітарних вузлах квартир. Для регулювання подачі гарячої води та проведення ремонтних робіт на кожний стояк встановлена запірна арматура.

Для будівництва відгалужень від магістральних трубопроводів та стояків використані оцинковані сталеві труби, що відповідають вимогам ГОСТ 3262-75. Вибір сталі як основного матеріалу обумовлений її високою міцністю, довговічністю та стійкістю до механічних навантажень. Цинкове покриття забезпечує додатковий захист від корозії та продовжує термін служби трубопроводів. З'єднання труб виконані за допомогою зварювання або різьбових з'єднань, що забезпечує надійність та герметичність системи.

Система гарячого водопостачання підвального поверху передбачає дворівневу схему розподілу гарячої води. Частина трубопроводів прокладена по стінах підвалу, що дозволяє забезпечити опалення периметральних зон. Інша частина трубопроводів розташована під стелею, що дозволяє організувати додаткові опалювальні контури або підігрів підлоги. Така схема забезпечує рівномірний розподіл тепла по приміщенню.

Трубопроводи системи гарячого водопостачання ізолювані мінеральною ватою з зовнішнім захисним покриттям з руберойду або склотканини. Проте, стан теплоізоляційного шару в багатьох ділянках не відповідає нормативним вимогам. Порушення цілісності теплоізоляційного шару на трубопроводах гарячого водопостачання призводить до значних теплових втрат і зниження ефективності системи.

Система гарячого водопостачання – централізована. Температура подачі гарячої води – 55 °С.

Система вентиляції

Система вентиляції – природня, прилади які забезпечують циркуляцію повітря в приміщенні – відсутні.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

2.3 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі

Метою даного розрахунку є визначення оптимальної товщини огорожувальних конструкцій будівлі, яка б забезпечила дотримання вимог будівельних норм щодо теплозахисту, міцності та довговічності. При цьому враховуються також естетичні вимоги до зовнішнього вигляду будівлі та економічні фактори, пов'язані з вартістю матеріалів та монтажу. Розрахунок здійснюється з урахуванням кліматичних умов регіону, типу будівлі та її призначення. Особлива увага приділена вибору методів розрахунку, врахуванню теплових характеристик будівельних конструкцій та обладнання, а також оптимізації енергоспоживання систем опалення та вентиляції..

Основним нормативним документом, що регулює теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій, є ДБН В.2.6-31:2021 (Рис. 1). Цей документ визначає мінімально допустимі значення теплового опору різних типів огорожувальних конструкцій. [50].

2.3.1 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Теплоізоляційна оболонка будівлі – це інженерна система, що складається з зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, перекриттів, вікон, дверей), призначена для мінімізації теплових втрат у холодний період року та запобігання перегріву приміщень у спекотну пору. Ефективність теплоізоляційної оболонки визначається її тепловим опором, який залежить від товщини та теплопровідності матеріалів, з яких вона виконана.

Непрозорі огорожувальні конструкції – це несучі або самонесучі елементи зовнішньої оболонки будівлі, які не пропускають видиме світло та виконують функції теплоізоляції, звукоізоляції, вологозахисту та захисту від атмосферних впливів. До них відносяться зовнішні стіни, перекриття, перегородки та інші елементи, що розділяють внутрішній простір будівлі від зовнішнього середовища.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

Світлопрозорі конструкції – це елементи зовнішньої оболонки будівлі, виготовлені з матеріалів, що пропускають видиме світло. До них відносяться вікна, двері, вітражі, світлові ліхтарі та інші елементи фасадів. Світлопрозорі конструкції виконують ряд важливих функцій: забезпечують природне освітлення внутрішніх приміщень, забезпечують вентиляцію, створюють візуальний зв'язок з навколишнім середовищем та впливають на естетичний вигляд будівлі. Однак, вони також є однією з найбільш уразливих ділянок теплоізоляційної оболонки, тому до їх вибору та монтажу пред'являються високі вимоги щодо теплоізоляції та енергоефективності..

Опір теплопередачі – це фізична величина, що характеризує здатність матеріалу або конструкції протистояти тепловому потоку. Він визначається як відношення різниці температур на протилежних поверхнях конструкції до теплового потоку, що проходить через одиницю площі. Опір теплопередачі є величиною, оберненою до коефіцієнта теплопередачі, і характеризує теплоізоляційні властивості матеріалу або конструкції. Чим більший опір теплопередачі, тим кращі теплоізоляційні властивості матеріалу і тим менші теплові втрати через конструкцію.

Коефіцієнт теплопередачі – це фізична величина, що характеризує кількість теплоти, яка передається через одиницю площі конструкції за одиницю часу при різниці температур на протилежних поверхнях конструкції, яка дорівнює 1 Кельвіну. Він є кількісною мірою теплопровідності матеріалу або конструкції і визначає інтенсивність теплообміну. Чим менше значення коефіцієнта теплопередачі, тим кращі теплоізоляційні властивості матеріалу.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій та внутрішніх перегородок, що розділяють приміщення з різницею температур понад 4°C, відповідно до вимог будівельних норм, необхідно забезпечити певний мінімальний опір теплопередачі. Це означає, що такі конструкції повинні мати достатню товщину теплоізоляційного шару або бути виконані з матеріалів з низькою теплопровідністю. Дотримання цих вимог дозволяє зменшити теплові втрати,

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

підвищити енергоефективність будівлі та забезпечити комфортні умови проживання [50]:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (2.1)$$

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}, \quad (2.2)$$

$$\theta_{\text{tb,si,min}} > \theta_{\text{si,min}}. \quad (2.3)$$

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – це величина, яка характеризує здатність огорожувальної конструкції протистояти теплопередачі в цілому, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – це нормативне значення, що визначає мінімально допустимий тепловий опір огорожувальних конструкцій. Цей параметр характеризує здатність конструкції протистояти теплопередачі та забезпечувати необхідний рівень теплоізоляції. Величина $R_{q \text{ min}}$ залежить від кліматичних умов регіону, типу будівлі та інших факторів. Дотримання вимог щодо $R_{q \text{ min}}$ є обов'язковим при проектуванні та будівництві будівель і сприяє підвищенню їх енергоефективності. Значення $R_{q \text{ min}}$ визначається кліматичними особливостями регіону, в якому розташована будівля, зокрема, температурною зоною. У деяких випадках, передбачених будівельними нормами, допускається зниження значення $R_{q \text{ min}}$ до 75-80% від табличного значення. Таке відхилення може бути застосовано за умови виконання додаткових заходів щодо підвищення енергоефективності будівлі, таких як використання інноваційних матеріалів, оптимізація конструктивних рішень або застосування систем автоматичного регулювання мікроклімату. Однак, таке зниження має бути обґрунтоване розрахунками і узгоджено з відповідними органами;

$\Delta\theta_{\text{int-si}}$ – це температурна різниця між внутрішнім повітрям приміщення та внутрішньою поверхнею світлопрозорої огорожувальної конструкції, яка визначається згідно з методикою, наведеною в джерелі [50]. Цей параметр враховує теплофізичні властивості матеріалів конструкції, коефіцієнт теплопередачі та інші фактори. Величина $\Delta\theta_{\text{int-si}}$ впливає на рівень теплового комфорту в приміщенні та на ризик утворення конденсату на внутрішній поверхні вікна.;

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$ – це максимальна допустима різниця температур між внутрішнім повітрям приміщення та внутрішньою поверхнею світлопрозорої огорожувальної конструкції, яка встановлена згідно з вимогами санітарно-гігієнічних норм (табл. 3 [50]). Цей параметр обмежує рівень охолодження внутрішньої поверхні вікна, що дозволяє уникнути утворення конденсату та забезпечити комфортні умови всередині приміщення. Значення $\Delta\theta_{\text{int-si,max}}$ залежить від типу скла, конструкції вікна та інших факторів.;

$\theta_{\text{tb,si,min}}$ – це мінімальна температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в зонах теплових мостів, яка визначається за результатами теплотехнічних розрахунків, що базуються на моделюванні дво- або тривимірних температурних полів. Цей параметр дозволяє оцінити ризик утворення конденсату та забезпечити необхідний рівень теплового комфорту в приміщенні, особливо в зонах, де спостерігається підвищена тепловтрата через теплові мости.;

$\theta_{\text{si,min}}$ – це мінімально допустима температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, яка визначається на основі розрахункових значень температур внутрішнього та зовнішнього повітря згідно з вимогами пункту 5.5 [50]. Цей параметр встановлює нижню межу температури, до якої може охолоджуватися внутрішня поверхня конструкції в найнесприятливіших умовах експлуатації. Значення $\theta_{\text{si,min}}$ є важливим для забезпечення теплового комфорту в приміщенні та запобігання утворенню конденсату, що може призвести до розвитку цвілі та руйнування конструкцій.

Теплова інерція – це здатність матеріалу або конструкції накопичувати теплову енергію та поступово віддавати її в навколишнє середовище. Для огорожувальних конструкцій будівель теплова інерція є важливим показником, що впливає на комфортність перебування в приміщенні та енергоефективність будівлі:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} s_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} s_2 + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} s_n = \sum(R_i s_{ip}), \quad (2.4)$$

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де R_i – термічний опір i -го шару конструкції, який визначається як відношення товщини шару до його коефіцієнта теплопровідності. Цей параметр характеризує здатність матеріалу шару протистояти тепловому потоку і є важливим для розрахунку теплопередачі через багатошарові конструкції:

$$R_i = \delta_i / \lambda_{ip} \quad (2.5)$$

де δ_i – лінійний розмір i -го шару конструкції у напрямку теплового потоку, виражений у метрах. Цей параметр характеризує геометричні розміри шару і використовується для розрахунку його теплового опору. Чим більша товщина шару, тим більший його тепловий опір.;

λ_{ip} – це коефіцієнт теплопровідності i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, що характеризує його здатність проводити теплоту. Величина λ_{ip} визначається в Вт/(м·К) і залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, його щільності, вологості та температури. Значення λ_{ip} для різних матеріалів наведені в довідкових таблицях, таких як табл. А.1 ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Для деяких матеріалів коефіцієнт теплопровідності може бути визначений експериментально в лабораторних умовах відповідно до встановленої методики;

s_{ip} – це коефіцієнт теплосасвоєння i -го шару конструкції, який характеризує здатність матеріалу цього шару поглинати теплову енергію за одиниці часу з одиниці площі при одиничному температурному градієнті. Величина s_{ip} залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, його щільності, вологості та температури. Значення s_{ip} для різних матеріалів наведені в довідкових таблицях, таких як табл. А.1 ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Для деяких матеріалів коефіцієнт теплосасвоєння може бути визначений експериментально в лабораторних умовах відповідно до встановленої методики.

n – це кількість шарів, з яких складається багатошарова конструкція в напрямку теплового потоку. Кожен шар має свої теплофізичні властивості (теплопровідність, теплоємність, щільність), які впливають на загальний тепловий опір конструкції. Формула (2.4) слугує основою для визначення теплового опору

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

однорідних матеріалів. При аналізі багатошарових конструкцій, що складаються з матеріалів з різними теплофізичними характеристиками, необхідно враховувати їх неоднорідність. Неоднорідність матеріалів у багатошарових конструкціях суттєво впливає на розподіл температурного поля та інтенсивність теплопередачі. Для забезпечення точності розрахунків теплопередачі через багатошарові конструкції з різнорідних матеріалів необхідно враховувати середній термічний опір кожного шару товщиною δ_i . Запропонований підхід дозволяє більш точно оцінити теплові втрати через конструкцію та забезпечує більш достовірну оцінку її теплотехнічних характеристик. Врахування реальних умов експлуатації, таких як температура зовнішнього повітря, вологість, вітер, а також неоднорідність матеріалів і конструктивних елементів, дозволяє отримати більш точні результати розрахунків і, як наслідок, спроектувати більш енергоефективні будівлі. [50].

Розрахунок приведенного опору теплопередачі неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції здійснюється за допомогою формули...

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} \quad (2.6)$$

де F_{Σ} - загальна площа поверхні огорожувальної конструкції, виражена в квадратних метрах. Цей параметр характеризує розміри конструкції і визначає площу теплообміну між внутрішнім і зовнішнім середовищем. м^2 ;

F_i - це площа поверхні i -го однорідного елемента конструкції, через яку відбувається теплообмін., м^2 ;

k_j - це лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го лінійного теплопровідного включення, який характеризує кількість теплоти, що проходить через одиницю довжини цього включення за одиницю часу при одиничному температурному градієнті., $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

L_j - це лінійна протяжність j -го лінійного теплового мосту, тобто його довжина в напрямку теплового потоку, м ;

						601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			49

Ψ_k – це коефіцієнт, що визначає інтенсивність теплового потоку через ізольовану точку в конструкції, Вт/К;

N_k – це загальна кількість точкових теплопровідних включень k-го типу в конструкції. Цей параметр характеризує число точок, через які відбуваються додаткові теплові втрати внаслідок порушення суцільності теплоізоляційного шару, шт.

$R_{\Sigma i}$ – це опір теплопередачі i-тої термічно неоднорідної частини конструкції, виражений у Вт/(м²·К). Цей параметр характеризує здатність i-го елемента конструкції протистояти тепловому потоку і залежить від його геометричних розмірів, теплофізичних властивостей матеріалів та конструктивних особливостей, визначається за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (2.7)$$

де α_B , α_3 – коефіцієнти конвективного теплообміну відповідно на внутрішній та зовнішній поверхнях огорожувальної конструкції. Ці коефіцієнти характеризують інтенсивність теплообміну між поверхнею конструкції та прилеглим повітрям внаслідок конвекції., Вт/(м² · К);

R_i – це опір теплопередачі i-го шару конструкції, виражений у Вт/(м²·К). Цей параметр характеризує здатність i-го елемента конструкції протистояти тепловому потоку;

δ_i – лінійний розмір i-го шару конструкції у напрямку теплового потоку, виражений у метрах. м;

λ_{ip} – коефіцієнт теплопровідності i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, що характеризує його здатність проводити теплоту. Величина λ_{ip} визначається в Вт/(м·К) і залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, його щільності, вологості та температури.

n – це кількість шарів, з яких складається багат шарова конструкція.

При проведенні теплотехнічних розрахунків будівель особлива увага приділяється внутрішнім конструкціям, що розділяють приміщення з різними

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

температурними режимами. Згідно з [50], для таких конструкцій встановлюються мінімально допустимі значення опору теплопередачі. Це пов'язано з необхідністю зменшити теплові втрати між приміщеннями та забезпечити оптимальний розподіл температури в будівлі. Використовується для внутрішніх перегородок, що розділяють приміщення з різницею температур понад 4°C:

$$R_{q \min} = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{\Delta T_{cr} \alpha_{B1}} \quad (2.8)$$

розрахункові температури повітря відповідно в опалювальному приміщенні з індивідуальним регулюванням теплопостачання та в сусідньому приміщенні, °C. Ці значення визначаються згідно з нормативними документами ([50]) і враховують кліматичні умови регіону, призначення приміщення та інші фактори.

ΔT_{cr} – те саме, що $\Delta \theta_{int-si,max}$ в формулі (2.2);

коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, Вт/(м²·К), який характеризує інтенсивність теплообміну між поверхнею конструкції та прилеглим повітрям всередині приміщення внаслідок конвекції. Нормативний документ ДСТУ Б В.2.6-189:2013 регламентує процедуру визначення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції.

2.3.2 Тепловологісний режим огорожувальних конструкцій

Нормативні документи в галузі будівництва встановлюють суворі вимоги щодо захисту внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій від утворення конденсату. Конденсація вологи на внутрішніх поверхнях може призвести до розвитку цвілі, грибків, корозії металевих елементів, зниження теплоізоляційних властивостей конструкцій та, як наслідок, до погіршення мікрокліматичних умов у приміщеннях та скорочення терміну служби будівель.

Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021, значення відносної вологості вибирається залежно від функціонального призначення приміщення та інших

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

факторів, таких як температура повітря, матеріали огорожувальних конструкцій та системи вентиляції.

Конденсація водяної пари на поверхні є результатом досягнення стану насичення повітря водяною парою. Температура, при якій відбувається цей процес, називається точкою роси θ_D . Якщо температура поверхні опускається нижче точки роси, то водяна пара, що міститься в повітрі, починає конденсуватися на цій поверхні, утворюючи краплі води.. Для запобігання конденсації необхідно дотримуватися умови: $\theta_{si,min} > \theta_D$ та $\theta_{si,min,X} > \theta_D$, де $\theta_{si,min}$ та $\theta_{si,min,X}$ – відповідно мінімальні температури внутрішньої поверхні конструкції та в точці X всередині конструкції, а θ_D – температура точки роси. У випадку, якщо розрахункові значення температури внутрішньої поверхні конструкції не відповідають вимогам, що виключають утворення конденсату, необхідно вжити заходів щодо підвищення теплового опору конструкції. Це може бути досягнуто шляхом збільшення товщини теплоізоляційного шару або використання матеріалів з кращими теплоізоляційними властивостями. Таким чином, можна забезпечити необхідний рівень теплозахисту конструкції, уникнути утворення конденсату та підвищити енергоефективність будівлі.

2.3.3 Розрахунок тепловтрат приміщень

Проектування систем опалення має здійснюватися з урахуванням принципу теплового балансу. Це означає, що теплова потужність опалювальних приладів має бути достатньою для компенсації всіх теплових втрат через огорожувальні конструкції та забезпечення необхідного температурного режиму в приміщенні.:

Тепловими втратами через огорожувальні конструкції

Витратами теплової енергії обумовленими необхідністю підігріву зовнішнього повітря, яке проникає в приміщення через щілини в огорожувальних конструкціях або подається системою вентиляції;

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

Споживанням теплової енергії для підвищення температури матеріалів, обладнання та транспортних засобів

Виділенням теплової енергії внутрішніми джерелами – електроприладами, освітленням, технологічним обладнанням тощо.

При розрахунку теплового балансу приміщень з різницею температур повітря не більше ніж 4°C, теплові потоки через внутрішні перегородки є незначними в порівнянні з тепловими втратами через зовнішні огорожувальні конструкції. Тому, для спрощення розрахунків, теплові втрати через внутрішні перегородки можуть бути не враховані.

Розрахунок теплового навантаження системи опалення базується на аналізі теплових потоків в будівлі та враховує кліматичні умови, конструктивні особливості будівлі та інші фактори, згідно з вимогами ДСТУ EN 12831-1:2017 [46].

Визначення теплового навантаження системи опалення є ключовим етапом проектування та будівництва будівель. Згідно з вимогами ДСТУ EN 12831-1:2017 [46], цей процес включає детальний аналіз теплових характеристик будівлі, таких як теплопровідність матеріалів, товщина огорожувальних конструкцій, площа віконних прорізів та ін. Крім того, враховуються кліматичні умови регіону, рівень теплоізоляції будівлі, а також внутрішні джерела тепла. Результатом розрахунку є визначення необхідної теплової потужності системи опалення, яка забезпечить підтримання комфортної температури в приміщеннях протягом опалювального періоду.

Розрахунок теплових втрат приміщення є першим етапом проектування системи опалення, результати якого безпосередньо впливають на вибір потужності опалювальних приладів..

Для проведення попередніх розрахунків, необхідних для вибору основного обладнання системи опалення житлової будівлі, можна скористатися спрощеною методикою, заснованою на прийнятті середнього значення питомих теплових втрат в межах 50-100 кВт/м² опалюваної площі. Цей метод дозволяє отримати

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

приблизну оцінку необхідної теплової потужності системи опалення і є достатнім для початкового етапу проектування.

Згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2021 [50, розділ 4], енергетична ефективність будівель оцінюється за показником питомих теплових втрат. Розраховані тепловтрати будівлі не повинні перевищувати граничних значень, встановлених для відповідного класу енергетичної ефективності.

2.3.4 Гідравлічний розрахунок теплопроводів системи опалення

Аналіз сучасних систем опалення будівель демонструє, що водяні системи є найбільш поширеними та ефективними, особливо для житлових приміщень. Це підтверджується рекомендаціями [52], які вказують на водяну систему як основну, а на парові, повітряні та пічні системи – як на альтернативні варіанти..

Для забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях, крім основної водяної системи опалення, можуть застосовуватися додаткові системи, такі як електричні, парові або повітряні. Далі буде представлено методику гідравлічного розрахунку трубопроводів систем водяного опалення. Цей розрахунок проводиться на наступному етапі проектування, після визначення необхідної теплової потужності опалювальних приладів.. Методи розрахунку, розроблені для водяних систем опалення, можуть бути адаптовані для розрахунку парових та конденсатопроводів з урахуванням специфіки теплоносія [1, 26-30, 52].

Для обраної системи опалення виконується комплекс проектно-розрахункових робіт, що включає гідравлічний розрахунок трубопроводів та графічне представлення системи в аксонометричній проекції. Послідовність виконання цих робіт викладена нижче.

1. Будується графічне зображення системи опалення, яке містить інформацію про розташування та взаємозв'язки всіх її елементів, таких як опалювальні прилади, стояки, магістралі та допоміжне обладнання.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

5. Для спрощення гідравлічних розрахунків головне циркуляційне кільце поділяється на окремі ділянки, для кожної з яких характерні постійні значення витрати теплоносія та діаметра трубопроводу.

6. Об'ємна витрата рідини в розрахунковій ділянці трубопроводу:

$$G = \frac{Q}{c(t_2 - t_0)}, \quad \text{кг/с} \quad (2.10)$$

де $Q, \text{Вт}$ - інтенсивність теплообміну на ділянці;

$t_2 - t_0, ^\circ\text{C}$ - Різниця температур між подавальною та зворотною лініями системи опалення $c, \text{Дж / (кг К)}$ – теплоємність теплоносія. Для води: $c = 4187$ 4190 Дж / (кг К) .

Для проведення розрахунків використовується система одиниць, в якій витрата води на ділянках виражається в кг/год . Розрахунок здійснюється на основі відповідної формули:

$$G = \frac{3,6Q}{4,19(t_2 - t_0)} = \frac{Q}{1,16(t_2 - t_0)}, \quad \text{кг/год} \quad (2.11)$$

де 3,6 - перевідний коефіцієнт з Вт у кДж .

Для проведення гідравлічних розрахунків систем опалення часто використовується об'ємна витрата теплоносія, виражена в $\text{м}^3/\text{год}$. Однак, первинні дані про витрати теплоносія зазвичай задаються в масових одиницях (кг/год). Для переведення масової витрати G в об'ємну витрату Q необхідно врахувати густину ρ теплоносія, яка залежить від температури. Таким чином, об'ємна витрата розраховується за формулою: $Q = G/\rho$. Це дозволяє отримати більш повну характеристику потоку теплоносія та забезпечити точність гідравлічних розрахунків.:

$$G_n = G_{зм} - G_m = \frac{3,6}{4,19} \sum Q \left(\frac{1}{t_2 - t_0} - \frac{1}{T_2 - T_0} \right), \quad \text{кг/год} \quad (2.12)$$

Де $G_{зм} (\text{кг/год})$ – масова витрата теплоносія в системі опалення, t_1 та $t_3 (^\circ\text{C})$ – відповідно температури подавальної та зворотної ліній

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G_m (кг/год) – масова витрата теплоносія, що подається в систему опалення від тепломережі при температурі T_p (°C), тоді як температура зворотної лінії системи дорівнює температурі підмішування t_0 (°C).

$\sum Q$, Вт- Сумарна теплова потужність, що відводиться системою опалення до опалювальних приміщень та втрачається в результаті теплообміну з навколишнім середовищем через трубопроводи та інші елементи системи.

7. Визначений розрахунковий циркуляційний тиск Δp_p (Па) використовується для підбору циркуляційного насоса, що забезпечить необхідну циркуляцію теплоносія в системі, Па.

а) У системах з природною циркуляцією води:

$$\Delta p = \Delta p + \Delta p_{mp}, \quad (2.13)$$

де природний (гравітаційний) циркуляційний тиск:

$$\Delta p = g \sum_{i=1}^m h_i (\rho_{i+1} - \rho_i) \quad (2.14)$$

i додатковий природний циркуляційний тиск від охолодження води у трубопроводах:

$$\Delta p_{mp} = g \sum_{j=1}^n h_j (\rho_{j+1} - \rho_j) \quad (2.15)$$

Як правило, Δp_{mp} визначають за графіками (таблицями), пропорційно відстані від головного стояка до розрахункового. У цій формулі:

$g=9,8$ м/с² - прискорення вільного падіння;

Індекси i та j позначають порядкові номери точок охолодження теплоносія, розташованих вертикально в центрі опалювальних приладів ($i = 1...m$) або на ділянках труб між ними ($j = 1...n$) для однотрубною та двотрубною систем відповідно.;

h_i h_j , м - вертикальна відстань від геометричного центру котла або елеваторного вузла до відповідної точки охолодження теплоносія в опалювальному приладі або на ділянці трубопроводу;

						601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
							57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$\rho_i^* \rho_j$ та $\rho_{i+1}^* \rho_j$, кг/м³ - густина води при температурі води на вході $t_{вх}$ та на виході $t_{вих}$ для приладу або ділянки труби.

У системах з примусовою (штучною) циркуляцією розрахунковий циркуляційний тиск:

$$\Delta p_p = \Delta p_n + B(\Delta p + \Delta p_{тр}), \quad (2.16)$$

Де Δp_n , Па - тиск, створений насосом чи елеватором додатково до природного $\Delta p + \Delta p_{тр}$ за формулою (2.16);

B – Коефіцієнт (0,4-0,5 для двотрубних систем, 1 для однотрубних) враховує відносний внесок природної циркуляції у загальний гідравлічний опір системи.

Для систем довільної довжини Δp_n можна орієнтовно приймати з умови:

$$\Delta p_n = 80 \sum l, \quad (2.17)$$

Де $\sum l$ - сума довжин ділянок розрахункового кільця.

Природний тиск, менший 10 % від створюваного насосом, $\Delta p + \Delta p_{тр} < 0,1 \Delta p_n$, у розрахунках не враховується:

$$\Delta p = \Delta p_n.$$

8. Визначається R_{op} для проведення розрахунків орієнтовне значення питомих втрат тиску на тертя в трубопроводі, що позначається як (Па/м). Цей параметр використовується в методі розрахунку трубопроводів за питомими втратами.

$$R_{op} = 0,9 T \Delta p_p / \sum l, \quad \text{Па/м} \quad (2.18)$$

де T - частка втрат на тертя. Приймається: для систем з природною циркуляцією 0,5, з примусовою - 0,65;

9. Підбір оптимального діаметра труб для систем опалення здійснюється на основі табличних даних, в яких наведені значення питомих втрат тиску R (Па/м) та допустимих швидкостей руху теплоносія v (м/с) для різних діаметрів труб.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вибір діаметра труби проводиться з урахуванням розрахункової витрати теплоносія G (кг/год) та вимог до гідравлічного режиму системи. Для малих діаметрів труб ($d_y < 15$ мм), які зазвичай використовуються для підведення до опалювальних приладів, допускаються менші значення питомих втрат тиску та швидкостей руху теплоносія порівняно з магістральними трубопроводами. Це пов'язано з необхідністю забезпечення рівномірного розподілу теплоносія по всіх опалювальних приладах. Для більших діаметрів труб встановлюються більш високі значення допустимих швидкостей руху теплоносія, що дозволяє зменшити габарити системи.

Гідравлічні втрати в трубопроводі, зумовлені силами тертя між потоком рідини та внутрішніми стінками труби, розраховуються за рівнянням Дарсі-Вайсбаха.:

$$\Delta p_{\text{довж}} = \frac{\lambda \rho v^2}{2d} l = \frac{\lambda}{d} p_d l = Rl, \quad \text{Па} \quad (2.19)$$

Де λ - коефіцієнт Дарсі;

l , м - довжина однорідної ділянки трубопроводу з внутрішнім діаметром d (м), по якій рухається теплоносій з густиною ρ (кг/м³) зі сталою швидкістю v (м/с);

p_d , Па - Тиск руху теплоносія на ділянці трубопроводу;

R , Па/м - Параметр, що характеризує втрати напору на одиницю довжини трубопроводу.

10. Визначаються втрати тиску у місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi \frac{\rho v^2}{2} = \sum \xi p_d \quad \text{Па} \quad (2.20)\text{ф}$$

Де $\sum \xi$ - сума безрозмірних коефіцієнтів місцевих опорів, для систем водяного опалення – за довідниками.

Значення Z , як і Rl , зручно знаходити за номограмами.

11. Для кожної ділянки трубопроводу визначається сумарна втрата тиску, що складається з втрат на тертя (Rl) та місцевих опорів (Z).

						601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			59

Потім обчислюється загальна втрата тиску в системі шляхом сумування втрат на всіх ділянках. Для головного циркуляційного контуру виконується перевірка відповідності отриманих значень заданим умовам.:

$$\sum(Rl + Z) = (0,9...0,95)\Delta p_p \quad (2.21)$$

Де Δp_p - з формули (2.16). Тобто, залишається запас у 5...10 % на невраховані в розрахунку гідравлічні опори.

При невиконанні умови (2.21) відбувається коректування значень гідравлічних опорів Rl і Z на окремих ділянках контуру, що може призвести як до їх зменшення, так і до збільшення. Тобто, приймаються нові значення d і v окремих ділянок та знаходяться відповідні їм R , R_l , $\sum \xi$, Z , R_l+Z . Перевірка повторюється.

Отримані в результаті розрахунків параметри головного циркуляційного контуру (ГЦК) – діаметр труб d , швидкість руху теплоносія v та сумарні втрати тиску $Rl+Z$ – використовуються як вихідні дані для перевірки та корекції відповідних параметрів інших циркуляційних контурів системи. Усі циркуляційні контури системи опалення гідравлічно пов'язані між собою через спільні вузли з головним циркуляційним контуром, в яких відбувається змішування або розділення потоків теплоносія. Тобто структура системи опалення передбачає наявність спільних ділянок для головного та вторинних контурів, що забезпечує гідравлічний зв'язок між ними. Тому, гідравлічно розраховуються і узгоджуються з ГЦК хоча б 2-3 півкільця системи. Тобто, має виконуватись умова:

$$\Delta = \left| \frac{\sum(Rl + Z)_{з.ц.к.} - \sum(Rl + Z)_{п.к.}}{\sum(Rl + Z)_{з.ц.к.}} \right| \leq 0,15 \quad (2.22)$$

де $\Delta \leq 15\%$ - неузгодження втрат тиску у півкільці $\sum(R_l + Z)_{п.к.}$ з втратами тиску на відповідній ділянці ГЦК $\sum(R_l + Z)_{з.ц.к.}$.

Для досягнення гідравлічного балансу в системі проводиться гідравлічне регулювання, що полягає у зміні пропускної здатності окремих ділянок шляхом встановлення балансувальних клапанів або дроселюючих шайб. Сучасні системи опалення все частіше оснащуються автоматичними системами балансування, що забезпечують оптимальний розподіл теплоносія та підвищують ефективність

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	601 – НТ – 11393648- МР				

роботи системи. Автоматичні балансувальні клапани, встановлені на розрахункових ділянках магістралей, стояків та груп опалювальних приладів, дозволяють підтримувати заданий температурний режим у всіх приміщеннях будівлі.

При неповних гідравлічних розрахунках, коли детально аналізується лише одна з паралельних гілок системи, діаметри труб на нерозрахованих ділянках визначаються за аналогією до розрахованих ділянок з метою спрощення моделі. Для систем з різнорідними гілками, що відрізняються за довжиною, тепловим навантаженням або гідравлічними опорами, необхідно проводити детальний гідравлічний розрахунок кожної гілки для забезпечення оптимального розподілу теплоносія.

Висновки за розділом 2

Проведено попередній огляд будівлі, в результаті якого визначено, що вона експлуатується без проведення робіт з утеплення огорожувальних конструкцій, модернізації систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Це призводить до значних теплових втрат та підвищених витрат на енергоносії.

Розглянуто методику теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будівлі для визначення її відповідності нормативним вимогам.

Розрахунки за наведеною методикою дозволять детально оцінити тепловий стан будівлі та виявити основні недоліки, які призводять до значних теплових втрат. Отримані результати будуть використані для розробки заходів щодо підвищення енергоефективності будівлі, таких як утеплення огорожувальних конструкцій, модернізація систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

На основі отриманих результатів буде розроблений детальний проект модернізації будівлі з урахуванням місцевих кліматичних умов та фінансових можливостей.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

3.1. Нормативні вимоги щодо енергетичної ефективності в будівлях.

Основними європейськими директивами, що регламентують енергоефективність будівель, є Директива 2010/31/ЄС. Нормативно-правова база, що регулює енергоефективність будівель, включає в себе комплекс стандартів та будівельних норм, які визначають мінімально допустимі значення теплових характеристик огорожувальних конструкцій, систем опалення, вентиляції та кондиціонування. Ці документи забезпечують єдиний підхід до оцінки енергоефективності будівель та сприяють зменшенню енергоспоживання в будівничому секторі [8-17].

Закон України "Про енергетичну ефективність" є фундаментальним документом, який забезпечує комплексний підхід до підвищення енергоефективності будівель. Закон визначає не лише вимоги до енергоефективності нових будівель, але й передбачає заходи щодо модернізації існуючого житлового фонду.. Документ акцентує увагу на необхідності комплексного підходу до підвищення енергоефективності, який передбачає проведення енергетичних аудитів, впровадження системи енергетичної сертифікації будівель, створення фінансових стимулів для енергоефективних заходів та покладання відповідних зобов'язань на постачальників енергії. Впровадження положень Закону передбачає комплекс заходів, спрямованих на стимулювання енергоефективних технологій та практик, що в кінцевому результаті призведе до зменшення споживання енергії та підвищення енергетичної безпеки держави. Мінімально допустимий рівень енергоефективності будівель визначається на основі методики, розробленої з урахуванням вимог європейського законодавства та національних будівельних норм. Цей підхід забезпечує гармонізацію українських стандартів з європейськими та сприяє підвищенню

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

енергоефективності будівельного фонду країни. Нормативною базою для визначення мінімально допустимих значень теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівель є документ [18]. Зокрема, таблиця 3.1 документа [13], який є невід’ємною частиною цієї нормативної бази, містить конкретні значення приведенного опору теплопередачі для різних типів огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель. Ці значення встановлюються з метою забезпечення оптимального рівня теплоізоляції та мінімізації теплових втрат.

При проведенні реконструкційних робіт в житлових та громадських будівлях допускається зниження вимог до теплоізоляції непрозорих та світлопрозорих огорожувальних конструкцій до 75% від нормативного значення R_{qmin} , за умови дотримання критеріїв, визначених в документі [13]. Такий підхід дозволяє враховувати технічні особливості існуючих будівель та економічні обмеження під час проведення модернізації.

Таблиця 3.1 – Нормативне значення теплового опору огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель.

Ч.ч	Вид огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K / W$	
		I	II
1	Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,00	6,00
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,00	5,50
4	Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,00	4,00
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,90	0,70
6	Зенітні ліхтарі	0,80	0,70
7	Зовнішні двері	0,70	0,60

Згідно із Законом України "Про енергетичну ефективність", мінімальний клас енергоефективності для будівель, що пройшли модернізацію або були збудовані заново, встановлено на рівні "С". Це означає, що такі будівлі повинні відповідати певним нормам щодо теплоізоляції, енергоефективних систем та загального енергоспоживання.

3.2 Визначення теплового навантаження будівлі. Огороджувальні конструкції.

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів, що входять до складу огороджувальних конструкцій, визначаються відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-189 або на основі результатів лабораторних випробувань, проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б. Ці характеристики є основою для проведення теплотехнічних розрахунків і оцінки енергоефективності будівель.

Розрахунок теплового опору однорідних непрозорих огороджувальних конструкцій здійснюється відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ Б В.2.6-189 за допомогою формули (3.1),:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}$$

де $\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{з}}$ – Коефіцієнти тепловіддачі характеризують інтенсивність теплообміну між поверхнею огороджувальної конструкції та навколишнім середовищем. Їх числові значення вибираються відповідно до додатку Б ДСТУ Б В.2.6-189 з урахуванням типу приміщення, матеріалу поверхні та інших факторів;

R_i – величина, що характеризує здатність і-го шару конструкції чинити опір теплопередачі, вимірювана в $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$\lambda_{i\text{п}}$ – розрахункова теплопровідність і-го шару конструкції, визначена для типових умов експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів, з яких складається огороджувальна конструкція;

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

v_i - Поперечний переріз i -го шару огорожувальної конструкції м.

Здатність багатошарової огорожувальної конструкції протистояти теплопередачу оцінюється за допомогою приведеного опору теплопередачі, який розраховується за формулою (3.2) стандарту ДСТУ Б В.2.6-189."

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^1 \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^1 k_j L_j + \sum_{k=1}^1 \psi_k N_k}$$

де F_{Σ} – Загальна площа поверхні контакту огорожувальної конструкції із зовнішнім середовищем та внутрішніми приміщеннями (включаючи площу внутрішніх відкосів), м²;

$R_{\Sigma i}$ – Здатність i -го шару конструкції протистояти тепловому потоку м²·К/Вт;

F_i – Площа перерізу i -го шару огорожувальної конструкції, м²;

k_j – Лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го теплопровідного включення кількісно характеризує інтенсивність теплового потоку, що проходить через це включення в напрямку, перпендикулярному до його осі, при одиничному температурному градієнті. Вт/(м·К);

L_j – лінійний розмір (проекція), j -го лінійного теплопровідного включення, м;

Ψ_k - точковий коефіцієнт теплопередачі k -го точкового теплопровідного включення, Вт/К;

N_k - загальна кількість k -их точкових теплопровідних включень, шт.

У таблиці наведено систематизовані дані про тепловий опір та склад однорідних огорожувальних конструкцій.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		65

Таблиця 3.2. Склад та опір теплопередачі термічно однорідних непрозорих конструкцій.

Склад зовнішніх стін по основному полю	Густина в сухому стані, кг/м ³	Товщина шару, мм	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				Розрахунковий вміст вологиза масою, %	Коефіцієнт тепловіддачі	Коефіцієнт тепловіддачі	Опір теплопередачі конструкції, (м ² ·К)/Вт
			Теплопровідність, Вт/(м·К)	Коефіцієнт теплозасвоєння, Вт/(м ² ·К)	Коефіцієнт паропроникності, мг(год·Па)	Розрахунковий вміст вологиза масою, %				
Зовнішні стіни по основному полю										
Розчин цементно-піщаний	1800	20	0,93	11,09	0,09	4	8,7	23	5,14	
Кладка керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м ³ (брутто на цементно піщаному розчині)	1200	380	0,52	6,62	0,17	2				
Вироби теплоізоляційні мінераловатні	135	150	0,045	0,63	0,43	1				
Розчин цементно піщаний	1800	15	0,93	11,09	0,09	4				
2. зовнішні стіни, що межують з некондиціонованим об'ємом (внутрішня стіна з застеленого балкону)										
Розчин цементно піщаний	1800	20	0,93	11,09	0,09	4	8,7	12	0,9	
Кладка керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м ³ (брутто на цементно піщаному розчині)	1200	380	0,52	6,62	0,17	2				
3. Перекриття горища.										
Залізобетон	2500	220	2,04	18,95	0,03	3	8,7	23	5,14	
Пісок для будівельних робіт	1600	100	0,28	7,91	0,17	2				
Пароізоляційна плівка	1000	0,003	0,17	8,56	0,001	0				
Вироби теплоізоляційні мінераловатні	45	200	0,043	0,63	0,43	1				
Розчин цементно піщаний	1800	50	0,93	11,09	0,09	4				
4. Перекриття неопалювального підвалу										
Плити керамічні для підлоги	2000	20	1,1	12,55	0,06	5	8,7	12	3,42	
Залізобетон	2500	220	2,04	18,95	0,03	3				
Вироби теплоізоляційні мінераловатні	100	120	0,041	0,56	0,47	1				
Розчин цементно піщаний	1800	15	0,93	11,09	0,09	4				

Зовнішні стіни

Геометричні характеристики зовнішніх стін, виміряні по внутрішнім поверхням наведені в таблиці.

Таблиця 3.3. Геометричні характеристики зовнішніх стін

№п/п	Вид огорожувальної конструкції теплоізоляційної оболонки	Площа А,м
1	Зовнішні стіни, з них	1139,8
2	Зовнішні стіни, що граничать з зовнішнім повітрям з утепленням MWпо основному полю	1085,4
3	Зовнішні стіни без утеплення що граничать з некондиціонованим об'ємом	54,4

Зовнішні стіни, що межують із зовнішнім середовищем

Метою теплотехнічного розрахунку зовнішніх стін є визначення їх теплового опору, коефіцієнта теплопередачі та інших теплофізичних характеристик з метою оцінки здатності конструкції утримувати тепло в приміщенні та запобігати тепловим втратам. Включає в себе:

Визначення мінімально необхідної товщини шару теплоізоляції, яка забезпечує відповідність теплотехнічних характеристик огорожувальної конструкції вимогам енергоефективності, встановленим чинним законодавством, зокрема ДБН В.2.6-31..

Визначення еквівалентного теплового опору конструкції з урахуванням її неоднорідності та теплових мостів відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.2-12.

Пункт 5.6 нормативного документа підкреслює необхідність комплексного підходу до теплоізоляції будівель, який включає не тільки оцінку теплового опору основних матеріалів огорожувальних конструкцій, але й врахування впливу теплових мостів, що знижують ефективність теплоізоляції та призводять до додаткових теплових втрат. До теплопровідних включень, характерних для огорожувальних конструкцій, відносяться елементи кріплення, такі як дюбелі та кронштейни, а також конструктивні елементи, що забезпечують з'єднання окремих частин конструкції.. При використанні даної методики розрахунку теплопередачі

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

передбачається, що огорожувальні конструкції є ідеально однорідними, без теплових мостів.. Перелік та характеристики таких включень наведені в таблиці.

Таблиця 3.4. Конструктивні елементи зовнішніх стін, що мають підвищену теплопровідність та створюють теплові мости

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k, Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ, Вт/К	Значення показника
Примикання зовнішніх стін до віконного відкосу в зоні підвіконня	388	–	0,116	–	45,01
Примикання зовнішніх стін до віконного відкосу в зоні перемички	388	–	0,133	–	51,6
Примикання зовнішніх стін до віконного відкосу в зоні рядового примикання	510	–	0,094	–	47,9
Пластиковий дюбель з металевим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару	–	7595	–	0,005	37,98
Несучі кронштейни для кріплення (газопроводи, кондиціонери)	–	60	–	0,015	0,39

Таблиця 3.4.1. Зведені характеристики зовнішніх стін, що межують із зовнішнім повітрям.

№	Конструкція	Площа, А, м ²	Опір теплопередачі конструкції R _Σ , м ² ·К/Вт
1.	Кладка керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині, утеплювач MW – 150 мм	1085,4	4,26

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної стіни кондиціонованого об'єму, що межує із зовнішнім середовищем дорівнює:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{1085,4}{\frac{1085,4}{4,26} + 388 \cdot 0,116 + 388 \cdot 0,133 + 510 \cdot 0,094 + 7595 \cdot 0,005 + 90 \cdot 0,015} = 2,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Перевіряємо виконання умови п.6.1 ДБН В.2.6-31:2016, за формулою (4)

										Арк.
										68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	601 – НТ – 11393648- МР					

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}} \uparrow$$

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq 0,75 * R_{q \text{ min}} \uparrow$$

$$2,48 \geq 0,75 * 3,3 \uparrow$$

$$2,48 \geq 2,48 \square$$

Отже, приведений опір теплопередачі зовнішніх стін будівлі, що межують з зовнішнім повітрям відповідає мінімальним вимогам, товщина утеплювача підібрана вірно.

У будівлі присутні ділянки зовнішніх стін, що не утеплюються. Це стіни фасадів, які знаходяться за зашкеленими балконами на 1-му та 2-му поверхах.

Дані по площах та опорах теплопередачі зовнішніх стін наведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.5. Характеристики зовнішніх стін.

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції теплоізоляційної оболонки	Площа А, м ²	Значення опору теплопередачі, R, м ² ·К/Вт.
1	Зовнішні стіни, з них:	1139,8	
1.1	Зовнішні стіни, що межують з зовнішнім повітрям	1085,4	2,48
1.2	Зовнішні стіни, що межують з некондиціонованим об'ємом	54,4	0,91

Приведений опір теплопередачі всієї площі фасаду будинку відповідно до (А.3) ДСТУ Б А.2.2-8:2010, становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \sum_{i=1}^n \frac{R_{\Sigma i} * Fi}{F_{\Sigma}} = \frac{2,48 * 1085,4 + 54,4 * 0,91}{1139,8} = 2,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ - приведений опір теплопередачі всієї площі фасаду будинку, м²·К/Вт

$R_{\Sigma i}$ - значення опору теплопередачі ділянки фасаду, м²·К/Вт

Fi - площа ділянки фасаду, м²

F_{Σ} - загальна площа фасаду, м²

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, що контактують з зовнішнім повітрям, з урахуванням усіх теплопровідних включень, який приймається для розрахунку теплопередачі трансмісією, становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 2,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		69

Зовнішні стіни, що межують із некондиціонованим об'ємом

Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, що межують із некондиціонованим об'ємом, спрямований на визначення температурного поля в точках роси та розрахунок теплових потоків через конструкцію з урахуванням теплового опору матеріалів, коефіцієнтів тепловіддачі та температурного режиму зовнішнього та внутрішнього середовищ. Поправочний коефіцієнт застосовується для уточнення результатів розрахунку теплопередачі через огорожувальні конструкції відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.2-12..

Неопалювані об'єми в будівлях можна класифікувати за кількома критеріями, такими як функціональне призначення, розміщення відносно огорожувальних конструкцій та тепловий режим.. В таблиці наведено параметри огорожувальних конструкцій, які відокремлюють кондиційовані приміщення від неопалюваних зон.

Таблиця 3.6. Характеристики огорожувальних конструкцій неопалювальних об'ємів.

Назва некондиціонованого об'єму	Кількість,шт	Об'єм, м ³	Огородження некондиціонованих об'ємів			Зовнішні стіни, що граничать з некондиціонованим об'ємом		
			Тип огороження	Площа, м ²	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/К	Тип ОК	Площа, м ²	Опір теплопередачі, (м ² ·К)/К
Балкон верхній	10	6,59	Фасадна частина сендвіч панель з МВ δ=40мм.	3,5	1,09	Зовнішня стіна	3,78	0,91
			Бокова частина сендвіч панель з МВ δ=40мм	2,15	1,09	Вікно балконного блоку	0,9	0,75
			Покрівля:з/б плита δ=200мм, утеплювач XPS δ=50мм	2,98	1,61	Двері балконного блоку	1,47	0,75
			Скління:	7,88	0,38			

			однокамерний склопакет					
Балкон нижній	10	6,59	Фасадна частина сендвіч панель з МВ $\delta=40\text{мм.}$	3,5	1,09	Зовнішня стіна	3,78	0,91
			Бокова частина сендвіч панель з МВ $\delta=40\text{мм}$	2,15	1,09	Вікно балконного блоку	0,9	0,75
			Підлога: з/б плита $\delta=200\text{мм,}$ утеплювач XPS $\delta=50$	2,98	1,61	Двері балконного блоку	1,47	0,75
			Скління: однокамерний склопакет	7,88	0,38			

Для визначення температурного режиму в некондиціонованому об'ємі та розрахунку поправочного коефіцієнта, що враховує вплив цього режиму на теплові втрати через огорожувальні конструкції, було використано метод теплового балансу відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ Б А.2.2-12, пункт 8.2.2.3.5..

$$b_u = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} \quad \rightarrow \quad \theta_u = \frac{\Phi + \theta_i H_{iu} + \theta_e H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

θ_i - розрахункова (задана) температура кондиціонованого об'єму, °С.

θ_u - розрахункова температура некондиціонованого об'єму, °С

θ_e - розрахункова температура зовнішнього середовища, °С;

Φ - тепловий потік, що надходить всередину некондиціонованого об'єму,

Вт, визначається як сума сонячних та внутрішніх теплонадходжень

H_{iu} - безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між кондиціонованим об'ємом та некондиціонованим об'ємом, Вт/К, визначається як сума коефіцієнтів теплопередачі трансмісією та вентиляцією;

H_{ue} - безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі між

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

некондиціонованим об'ємом та зовнішнім середовищем, Вт/К, визначається як сума коефіцієнтів теплопередачі трансмісією та вентиляцією;

Для інженерних розрахунків достатньо прийняти такі спрощуючі припущення, які не призводять до суттєвої похибки результатів.

Відсутнє внутрішнє тепловиділення.;

Для спрощення розрахунків теплових втрат, вплив сонячної радіації на тепловий режим приміщення не враховувався, оскільки його внесок у загальний тепловий баланс в опалювальний період є незначним, а в період охолодження передбачається, що вікна будуть відкриті, згідно з рекомендаціями ДСТУ Б А.2.2-12, п.8.2.2.3.9.;

З метою спрощення розрахунків теплових втрат будівлі, температура зовнішнього повітря прийнята рівною -22°C , що відповідає розрахунковій зимовій температурі для даного кліматичного району. Таке спрощення є допустимим, оскільки при відсутності внутрішніх теплонадходжень зміна зовнішньої температури не впливає на розподіл температурного поля в огорожувальних конструкціях та, відповідно, на значення розрахункової величини..

Таблиця 3.7. Результати розрахунку поправочного коефіцієнту b_u .

Тип некондиціонованого об'єму	Теплонадходження до НО від внутрішніх теплових джерел, Вт	Теплонадходження до НО від сонячного випромінювання, Вт	Загальні теплонадходження до НО, Вт	Кратність інфільтрації КО->НО, год-1	Кратність інфільтрації НО->ЗС, год-1	Витрата при інфільтрації КО->НО, м ³ /год	Витрата при інфільтрації НО->ЗС, м ³ /год	Коефіцієнти теплопередачі трансмісією КО->НО, Вт/К	Коефіцієнти теплопередачі трансмісією НО->ЗС, Вт/К	Коефіцієнти теплопередачі вентиляцією КО->НО, Вт/К	Коефіцієнти теплопередачі вентиляцією НО->ЗС, Вт/К	Узагальнений коефіцієнт теплопередачі КО->НО, Вт/К	Узагальнений коефіцієнт теплопередачі НО->ЗС, Вт/К	Температура некондиціонованого об'єму, °C (при $\varphi_e = -22^{\circ}\text{C}$)	Поправочний коефіцієнт
	$\Phi_{int, mn, u}$	$\Phi_{sol, mn, u}$	Φ	n_{iu}	n_{ue}	q_{iu}	q_{ue}	HT, iu	HT, u	HV, iu	HV, ue	H_{iu}	H_{ue}	θ_u	b_u
Балкон верхній	0	0	0	0	0,5	0	3,30	7,77	27,77	0	1,11	7,77	28,88	-13,1	0,79
Балкон нижній	0	0	0	0	0,5	0	3,30	7,77	27,77	0	1,11	7,77	28,88	-13,1	0,79
Балкон нижній (між осями А-Ж)	0	0	0	0	0,5	0	4,66	18,77	23,24	0	1,57	18,77	24,80	-3,9	0,57

Перекриття горища.

У таблиці 3.8 узагальнено геометричні параметри внутрішньої поверхні горищного перекриття.

					601 – НТ – 11393648- МР					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						72

Таблиця 3.8. Геометричні характеристики перекриття горища

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції теплоізоляційної оболонки	Площа А, м ²
1	Перекриття технічного поверху	474,3
1.1	- площа утеплення по основному полю MW	474,3

Таблиця 3.8.1. Склад перекриття горища

Склад зовнішніх стін по основному полю	Густина в сухому стані ρ ₀ , кг/м ³	Товщина шару δ _i , мм	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				Коефіцієнт теплопровідності внутрішньої поверхні α _в , Вт/(м ² ·К)	Коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні α _з , Вт/(м ² ·К)	Опір теплопередачі конструкції R _Σ , м ² ·К/Вт
			Теплопровідність λ _i , Вт/(м·К)	Коефіцієнт теплозасвоєння s _i , Вт/(м ² ·К)	Коефіцієнт паропроводності μ _i , мг/(м·год·Па)	Розрахунковий вміст вологи за масою w _i , %			
Перекриття горища									
Залізобетон	2500	220	2,04	18,95	0,03	3	8,7	23	5,14
Пісок для будівельних робіт	1600	100	0,58	7,91	0,17	2			
Пароізоляційна плівка	1000	0,003	0,17	8,56	0,001	0			
Вироби теплоізоляційні мінераловатні	45	200	0,043	0,63	0,43	1			
Розчин цементно-піщаний	1800	50	0,93	11,09	0,09	4			

Геометричні характеристики перекриття горища, виміряні по внутрішнім поверхням наведені в таблиці 3.8.

Здатність однорідної непрозорої огорожувальної конструкції протистояти теплопередачу оцінюється за допомогою теплового опору, який розраховується за формулою (3.1) стандарту ДСТУ Б В.2.6-189:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{iP}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

Де α_в та α_з – Значення коефіцієнтів теплообміну на внутрішній та зовнішній поверхнях огорожувальної конструкції, необхідні для розрахунку теплового опору, визначаються відповідно до рекомендацій додатку Б стандарту ДСТУ Б В.2.6-189. Вибір конкретного значення залежить від типу приміщення, матеріалу поверхні та умов експлуатації будівлі.

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, (м²·К)/Вт;

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		73

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К);

n – кількість шарів огорожувальної конструкції;

δ_i – товщина і-го шару зовнішніх стін, м.

Ціль теплотехнічного розрахунку перекриття технічного поверху:

Визначення необхідної товщини утеплювача для забезпечення відповідності теплотехнічних характеристик огорожувальної конструкції нормативним значенням, встановленим ДБН В.2.6-31.

Визначення приведенного теплового опору конструкції виконується згідно з методикою, наведеною в ДСТУ Б А.2.2-12.

Оскільки конструкція перекриття технічного поверху не містить елементів з підвищеною теплопровідністю (теплових мостів), то при розрахунку теплопередачі можна не враховувати додаткові теплові втрати, пов'язані з цими елементами. Це дозволяє визначити приведений опір теплопередачі за спрощеною схемою, що передбачає розрахунок теплового опору однорідної плити.

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,1}{0,58} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,2}{0,043} + \frac{0,05}{0,93} + \frac{1}{23} = 5,14 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad \text{¶}$$

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad \text{¶}$$

Перевіряємо виконання умови п.6.1 ДБН В.2.6-31:2016, за формулою (4):

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$$

$$5,14 > 4,95.$$

Виконаний розрахунок теплового опору перекриття технічного поверху показав, що вибрана товщина утеплювача забезпечує достатній рівень енергоефективності. Отримане значення приведенного опору теплопередачі перевищує нормативне, що гарантує мінімізацію теплових втрат через дану конструкцію та сприяє зниженню витрат на опалення будівлі.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Підлога над технічним підпіллям (неопалювальний підвал). Перекриття неопалювального підвалу

Огороджувальна конструкція, що розділяє опалювальну зону та неопалюваний підвал, має суцільну конструкцію без теплових мостів. Верхня поверхня переkritтя в районі сходових маршів розташована на відмітці -1,000 м. Для забезпечення суцільної теплоізоляційної оболонки будівлі, вертикальні ділянки зовнішніх стін в зоні перепаду висот між переkritтями (зокрема, в місцях сходових клітин) додатково утеплюються з боку неопалюваного підвалу. При розрахунку приведенного теплового опору переkritтя враховується площа, зайнята теплоізоляційним матеріалом.

Таблиця 3.9. містить узагальнені дані про матеріали та товщину шарів переkritтя неопалювального підвалу.

Таблиця 3.9. Геометричні характеристики переkritтя неопалювального підвалу

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції теплоізоляційної оболонки	Площа А, м ²	RS, м ² ·К/Вт
1	Переkritтя неопалювального підвалу, з них:	469,4	
1.1	- по основному полю	469,4	3,42

Таблиця 3.9.1. Склад переkritтя неопалювального підвалу

Склад зовнішніх стін по основному полю	Густина в сухому стані ρ0, кг/м ³	Товщина шару δi, мм	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації				Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні αв, Вт/(м ² ·К)	Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні αз, Вт/(м ² ·К)	Опір теплопередачі конструкції RS, м ² ·К/Вт
			Теплопровідність λi, Вт/(м·К)	Коефіцієнт теплозасвоєння si, Вт/(м ² ·К)	Коефіцієнт паропроводності μi, мг/(м·год·Па)	Розрахунковий вміст вологи за масою wi, %			
Переkritтя неопалювального підвалу									
Плити керамічні для підлоги	2000	20	1,1	12,55	0,06	5	8,7	12	3,42
Залізобетон	2500	220	2,04	18,95	0,03	3			
Вироби теплоізоляційні мінераловатні	100	120	0,041	0,56	0,47	1			
Розчин цементно-піщаний	1800	15	0,93	11,09	0,09	4			

Завдання теплотехнічного розрахунку неопалювального підвалу:

- Визначення необхідної товщини утеплювача для забезпечення відповідності теплотехнічних характеристик огороджувальної конструкції нормативним значенням, встановленим ДБН В.2.6-31.

- Визначення теплового опору підземної частини будівлі для оцінки енергоефективності та розрахунку теплових навантажень на систему опалення. Цей показник характеризує здатність конструкції передавати тепло в ґрунт і визначається відповідно до методики, наведеної в ДСТУ Б А.2.2-12.

Конструкція перекриття містить точкові теплопровідні включення, представлені кріпленнями теплоізоляційних плит з частотою 6 шт./м², що призводить до додаткових теплових втрат через перекриття.

Розрахунок теплового опору однорідних непрозорих огороджувальних конструкцій здійснюється відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ Б В.2.6-189 за допомогою формули (3,1), наведеної в даному стандарті:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

де $\alpha_{в}, \alpha_{з}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймаються згідно з додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189;

R_i – тепловий опір і-го шару конструкції, (м²·К)/Вт;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м·К);

n – кількість шарів огороджувальної конструкції;

δ_i – товщина і-го шару зовнішніх стін, м.

Завдання теплотехнічного розрахунку перекриття технічного поверху.

Визначення необхідної товщини утеплювача для забезпечення відповідності теплотехнічних характеристик огороджувальної конструкції нормативним значенням, встановленим ДБН В.2.6-31.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначення приведенного теплового опору конструкції виконується згідно з методикою, наведеною в ДСТУ Б А.2.2-12

Відсутність теплових мостів у конструкції перекриття технічного поверху дозволяє розглядати його як однорідну систему, що складається з шарів матеріалів з різною теплопровідністю. Це дозволяє спростити розрахунок теплового опору та визначити його значення за формулою (3.1) ДСТУ Б В.2.6-189.

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{1,1} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,12}{0,041} + \frac{0,15}{0,93} + \frac{1}{12} = 3,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \cdot \text{м}$$

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 3,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \cdot \text{м}$$

Таблиця 3.9.2. Кріплення теплоізоляційних матеріалів, що утворюють локальні зони з підвищеною теплопровідністю в конструкції перекриття

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт тепло передачі, k, Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ, Вт/К,
Пластиковий дюбель з металевим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару	–	2816	–	0,005

Розраховане значення приведенного опору теплопередачі перекриття над неопалювальним підвалом становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} = \frac{469,4}{\frac{469,4}{3,42} + 2816 * 0,005} = 3,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Згідно з положеннями ДБН В.2.6-31:2016, при виконанні певних умов, що визначаються теплотехнічними розрахунками за формулою (1), допускається зниження нормованого опору теплопередачі перекриття над технічним підпіллям до 75%. Це дозволяє оптимізувати конструкцію перекриття та знизити вартість будівництва.

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = 0,75 * R_q \text{ min} ;$$

$$3,10 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт} \square 0,75 * 3,75 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт};$$

$$3,10 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт} \square 2,81 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$$

Проведений аналіз теплотехнічних характеристик перекриття технічного поверху показав, що розрахований приведений опір теплопередачі відповідає мінімальним вимогам, встановленим чинними будівельними нормами. Це свідчить про те, що обрана товщина утеплювача забезпечує необхідний рівень теплоізоляції та сприяє зменшенню теплових втрат через дану конструкцію.

Опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій

Проект передбачає часткову заміну віконних блоків на фасадах будівлі на енергоефективні конструкції з 5-ти камерного ПВХ-профілю зі склопакетами. Інші віконні блоки виконані з полівінілхлоридних профілів, заповнених двокамерними склопакетами. Експлуатаційні характеристики існуючих конструкцій дозволяють відмовитися від їх заміни на даному етапі.

Проведемо розрахунок теплового опору світлопрозорих конструкцій для оцінки їх енергоефективності. Для визначення теплотехнічних характеристик світлопрозорих конструкцій використовується стандартна методика, описана в ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016. Цей стандарт встановлює загальні вимоги до теплоізоляційних властивостей вікон, дверей і жалюзі та визначає методику розрахунку коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальні умови (EN ISO 10077-1:2006+EN ISO 10077-1:2006/AC:2009, IDT).

Розрахований приведений опір теплопередачі замінюваних світлопрозорих конструкцій становить:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 0,819, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Перевіряємо виконання умови п.6.1 ДБН В.2.6-31:2016, за формулою (4):

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad 0,819 \geq 0,75$$

Виконаний розрахунок теплового опору існуючих віконних блоків показав, що їхні теплоізоляційні характеристики відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Отримане значення приведенного опору теплопередачі перевищує мінімально допустиме значення, що гарантує мінімізацію теплових втрат через віконні отвори.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.10. Розрахунок теплових характеристик віконних блоків, що планується встановити.

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Позначення/Формула	Значення		
				Вікно	Двері	Разом
1	Сумарна площа всіх світлопрозорих конструкцій	м ²	$\Sigma A_{w/d}$	61,92	30,54	92,46
2	Загальна площа вікна	м ²	$A_{w/d}$	1,71	1,47	-
3	Площа світлопрозорих елементів конструкції	м ²	A_g	1,38	0,661	-
4	Площа непрозорого заповнення конструкції	м ²	A_p		0,447	-
5	Площа рами	м ²	A_r	0,33	0,362	-
6	Зовнішня довжина периметра скління	м	l_g	7,314	3,44	-
7	Коефіцієнти теплопередачі світлопрозорого заповнення	Вт/м ² ·К	U_g	0,9	0,9	-
8	Теплопровідністю 1 шару сендвіч-панелі	Вт/м·К	λ_1	-	0,22	-
9	Товщина 1 шару сендвіч-панелі	м	δ_1	-	0,005	-
10	Теплопровідністю 2 шару сендвіч-панелі	Вт/м·К	λ_2	-	0,039	-
11	Товщина 2 шару сендвіч-панелі	м	δ_2	-	0,03	-
12	Теплопровідністю 2 шару сендвіч-панелі	Вт/м·К	λ_3	-	0,22	-
13	Товщина 3 шару сендвіч-панелі	м	δ_3	-	0,005	-
14	Опір теплопередачі термічно однорідної тришарової конструкції сендвіч-панелі	м ² ·К/Вт	$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}$	-	0,973	-

Відповідно до вимог будівельних норм, для подальших теплотехнічних розрахунків приймаємо, що всі світлопрозорі конструкції, що підлягають заміні, мають приведений опір теплопередачі на рівні 0,75 м²·К/Вт. Це значення відповідає мінімальним вимогам до енергоефективності будівель.

Таблиця 3.11. Огороджувальні конструкції зі склінням.

№ п/п	Тип світлопрозорих конструкцій	Кількість, од.	Площа, м ²	Опір теплопередачі, R_{0wp} , м ² ·К/Вт
1	Світлопрозорі конструкції	196	503,94	0,75

Опір теплопередачі вхідних дверей

Вхідні двері будівлі представлені різними конструктивними рішеннями, що включають одноствулкові та двостулкові двері, двері з боковими світловими прорізами:

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вхідні двері до тамбурів виконані з металу та обладнані теплоізоляцією, що забезпечує приведений опір теплопередачі $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Вхідні двері до сходової клітини, встановлені в несучій стіні, виготовлені з металопластику та забезпечують приведений опір теплопередачі $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Вхідні двері до тамбурів не входять до складу основної огорожувальної конструкції будівлі, що забезпечує тепловий контур, а відносяться до конструкцій, що відокремлюють опалювальний об'єм від неопалювального. Застосовані вхідні двері до тамбуру відповідають вимогам енергоефективності, встановленим ДБН В.2.6-31:2016, забезпечуючи приведений опір теплопередачі на рівні $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ та сприяючи збереженню теплової енергії в будівлі.

Вхідні двері, виконані зі сталі та обладнані теплоізоляційним заповненням, встановлені в отворах несучих конструкцій. Згідно з даними обстеження, двері перебувають у задовільному технічному стані і відповідають вимогам щодо теплоізоляції, що підтверджується значенням теплового опору, наведеним в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 Вхідні двері до будівлі.

№ п/п	Тип вхідних дверей	Кількість, од	Площа, м^2	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
1	Вхідні двері	3	3,78	0,6

Для розрахунку теплопередачі трансмісією за ДСТУ Б А.2.2-12 використовуємо приведений опір теплопередачі існуючих вхідних дверей:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 0,6, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

3.6. Зведені результати теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій.

У таблиці 3.13 наведені розрахункові значення приведенного опору теплопередачі для всіх типів огорожувальних конструкцій будівлі, що підтверджують відповідність проекту вимогам енергоефективності, визначеним ДБН В.2.6-31.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.13. Зведені результати теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій.

Вид огорожувальної конструкції	$R_{q \text{ min}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$R_{\Sigma \text{ пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, А м^2
Зовнішні стіни	$0,75 \cdot 3,3 = 2,48$	2,41	1139,8
Перекрыття технічного поверху	4,95	5,14	474,3
Перекрыття над неопалювальними підвалами	$0,75 \cdot 3,75 = 2,8$	3,1	469,4
Світлопрозорі конструкції	0,75	0,75	503,94
Вхідні двері	0,6	0,6	3,78

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки.

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\Sigma \text{ пр}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначається згідно ДСТУ-Н Б.А.2.2-5:2007 за формулою

$$k_{\Sigma \text{ пр}} = U_{\Sigma \text{ пр}} = \zeta \cdot \frac{A_i + \frac{A_{wi}}{R_{\Sigma \text{ пр} wi}} + \frac{A_{aciu}}{R_{\Sigma \text{ пр} aciu}} + \frac{A_{cubiu}}{R_{\Sigma \text{ пр} cubiu}} + \frac{A_{gwi}}{R_{\Sigma \text{ пр} gwi}}}{A_{\Sigma}}$$

де: $\zeta = 1,13$ – Коефіцієнт, що враховує вплив орієнтації будівлі за сторонами світу, наявності кутових приміщень та інфільтрації повітря на загальні теплові втрати

A_{Σ} загальна площа зовнішніх стін, м^2 ;

$A_i, A_{wi}, A_{aciu}, A_{cubiu}, A_{gwi}$ – площі фасадів, суміщеного перекрыття, перекрыття над техпідпіллям, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та вхідних дверей в будинок відповідно;

$R_{\Sigma \text{ пр} i}, R_{\Sigma \text{ пр} iw}, R_{\Sigma \text{ пр} aciu}, R_{\Sigma \text{ пр} cubiu}, R_{\Sigma \text{ пр} gwi}$ - приведений опір теплопередачі відповідно фасадів, суміщеного перекрыття, перекрыття над техпідпіллям, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та вхідних дверей в будинок.

$$k_{\Sigma \text{ пр}} = U_{\Sigma \text{ пр}} = \zeta \left(\frac{1139,8}{2,41} + \frac{474,3}{5,14} + \frac{469,4}{3,1} + \frac{503,94}{0,75} + \frac{3,78}{0,6} \right) = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

$$k_{\Sigma \text{ пр}} = 0,54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Проектом передбачено застосування огорожувальних конструкцій з розрахунковим опором теплопередачі, що перевищує мінімально допустимі значення, встановлені ДБН В.2.6-31, що сприяє підвищенню енергоефективності будівлі.

Температура внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій підтримується на рівні, що виключає ризик утворення конденсату. Мінімально допустимі значення температури внутрішньої поверхні становлять 10,7 °С для непрозорих конструкцій та 6,0 °С для світлопрозорих. Розрахунок температурного поля в огорожувальних конструкціях показав, що різниця температур між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею стін не перевищує 4,0 °С, а для покриття та перекриття горища – 3,0 °С. Такі значення гарантують відсутність ризику утворення конденсату та забезпечують комфортні умови всередині приміщення.

Перевірка умови $\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{сг}$ для внутрішньої поверхні стіни.

Приведена t_v температура внутрішньої поверхні стіни визначається за формулою:

$$t_v = t_{вн} - \frac{t_{вн} - t_{зов}}{R_{\Sigma пр} \cdot \alpha_g} = 20 - \frac{20 - (-22)}{2,65 \cdot 8,7} = 18,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря, в даному випадку 20°С згідно таблиці В.2 ДБН В.2.6-31:2016;

$t_{зов}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, для І температурної зони мінус 22 °С згідно таблиці В.4 ДБН В.2.6-31:2016;

$R_{\Sigma пр}$ - приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної зовнішньої стіни;

α_{b1} - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, Вт/(м² К), що приймається згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

Коефіцієнт скління фасадів будівлі становить $m_w = 0,31$. Оскільки коефіцієнт скління фасадів становить 0,31, що більше ніж 0,18 тому подальші розрахунки ведуться за наступним пунктом А.2.3 ДБН В.2.6-1:2016.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Температуру внутрішньої поверхні віконних блоків визначаємо за формулою:

$$\tau_{\epsilon} = t_{\text{вн}} - \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}}{R_{\Sigma \text{пр}} \cdot \alpha_{\epsilon}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{2,65 \cdot 8,7} = 18,0 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Температурний перепад між внутрішньою температурою огороження та температурою внутрішнього повітря становить: Знаходимо температурний перепад за формулою:

$$\Delta T_{\text{пр}} = t_{\text{вн}} - \frac{\tau_{\text{вн.пр}} \cdot F_{\text{н}} + \tau_{\text{всн.пр}} \cdot F_{\text{сн}}}{F_{\Sigma}} = 20 - \frac{18,0 \cdot 1139,8 + 13,0 \cdot 503,94}{1139,8 + 503,94} = 3,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

де $t_{\text{вн}}$ – температура внутрішнього повітря, в даному випадку 20°C згідно таблиці В.2 ДБН В.2.6-31:2016;

$\tau_{\text{вн.пр}}, F_{\text{н}}$ - приведена температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$, та площа м^2 , непрозорої частини огорожувальної конструкції;

$F_{\text{сн}}$ - площа м^2 , світлопрозорої частини;

$\tau_{\text{всн.пр}}$ - приведена температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$ світлопрозорої частини огорожувальної конструкції, що розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{всн.пр}} = \frac{\sum \tau_{\text{сн}} \cdot F_{\text{сн}} + \sum \tau_j \cdot F_j}{F_{\text{сн}}}$$

Де $\tau_{\text{сн}}, F_{\text{сн}}$ - середня температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$ та площа м^2 склопакета або скла;

τ_j, F_j - середня температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$ та площа м^2 , конструктивного непрозорого елемента світлопрозорої конструкції.

Проведені розрахунки підтверджують, що запропонована огорожувальна конструкція відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016 щодо температурного режиму внутрішньої поверхні, а саме: різниця температур між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею не перевищує $4,0 \text{ } ^{\circ}\text{C}$. Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016, допустимий температурний перепад між внутрішнім повітрям та внутрішньою

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

поверхнею стіни не повинен перевищувати 4,0 °С для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщенні.

$$\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{ст}, 3,5^{\circ}\text{C} \leq 4,0^{\circ}\text{C}. \text{ Отже, умова виконується.}$$

Перевірка умови $\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{ст}$ для внутрішньої поверхні перекриття горища.

Різниця температур між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею горища, розрахована за відповідною формулою.:

$$\Delta T_{пр} = \frac{t_{вн} - t_{зов}}{R_{\Sigma пр} \cdot \alpha_в} = \frac{20 - (-22)}{5,14 \cdot 8,7} = 0,94^{\circ}\text{C}$$

де $t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря, в даному випадку 20°C згідно таблиці В.2 ДБН В.2.6-31:2016;

$t_{зов}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, для І температурної зони мінус 22 °С згідно таблиці В.4 ДБН В.2.6-31:2016;

$R_{\Sigma пр}$ - приведений опір теплопередачі перекриття горища;

$\alpha_{в1}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, Вт/(м² К), що приймається згідно з ДСТУ Б В.2.6-189.

Згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016, для забезпечення комфортного мікроклімату та запобігання утворенню конденсату на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій, різниця температур між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею перекриття горища не повинна перевищувати 3,0 °С.

$$\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{ст}, 0,94^{\circ}\text{C} \leq 4,0^{\circ}\text{C}. \text{ Отже, умова виконується.}$$

Перевірка умови $\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{ст}$ для внутрішньої поверхні перекриття підвалу.

Різниця температур між внутрішнім повітрям та внутрішньою поверхнею перекриття над підвалом, розрахована за відповідною формулою.

$$\Delta T_{пр} = \frac{t_{вн} - t_{зов}}{R_{\Sigma пр} \cdot \alpha_в} = \frac{20 - (-22)}{3,1 \cdot 8,7} = 1,56^{\circ}\text{C}$$

де $t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря, в даному випадку 20°C, згідно таблиці В.2 ДБН В.2.6-31:2016;

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		84

$t_{зов}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, для I температурної зони мінус 22 °С згідно таблиці В.4 ДБН В.2.6-31:2016;

Розрахована різниця температур між внутрішнім повітрям опалювального приміщення та внутрішньою поверхнею перекриття над підвалом, яка характеризує ефективність теплоізоляції конструкції та впливає на теплові втрати будівлі.

$$\Delta T_{пр} \leq \Delta T_{ст}, 1,56^{\circ}\text{C} \leq 2,0^{\circ}\text{C}. \text{ Отже, умова виконується.}$$

Перевірка умови $T_{в\ min} > T_{min}$ (3) для температури на внутрішній поверхні T_{min} світлопрозорих огорожувальних конструкцій житлових будівель.

Згідно з вимогами пункту 6.4.2 ДБН В.2.6-31:2016, для забезпечення комфортного мікроклімату та запобігання утворенню конденсату на внутрішніх поверхнях світлопрозорих конструкцій, таких як коробки, імпости, штапики віконних і дверних блоків, а також світлопрозорих зон, включаючи зони дистанційних рамок, мінімальна температура повинна бути не нижче 6 °С при розрахункових значеннях температур зовнішнього та внутрішнього повітря. Температуру внутрішньої поверхні віконних блоків визначаємо за формулою:

$$\Delta T_{пр} = t_{вн} - \frac{t_{вн} - t_{зов}}{R_{\Sigma пр} \cdot \alpha_b} = 20 - \frac{20 - (-22)}{0,75 \cdot 8,0} = 13,0^{\circ}\text{C}$$

де $t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря, в даному випадку 20°C, згідно таблиці В.2 ДБН В.2.6-31:2016;

$t_{зов}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря, для I температурної зони мінус 22 °С згідно таблиці В.4 ДБН В.2.6-31:2016;

$T_{в\ min} > T_{min}, 13,0^{\circ}\text{C} > 6^{\circ}\text{C}$. Отже, умова (3) виконується згідно пункту п.6.4.2 ДБН В.2.6- 31:2016.

При $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$; $\phi_{в} = 50\%$ температура точки роси внутрішнього повітря становить $T_{min} = T_{р} = 10,7^{\circ}\text{C}$.

$T_{в\ min} > T_{min}, 13,0^{\circ}\text{C} > 10,7^{\circ}\text{C}$. Отже, умова (3) виконується відносно точки роси.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Запропоновані конструктивні рішення забезпечують дотримання нормативів теплової ізоляції відповідно до ДБН В.2.6-31. Забезпечено стабільність температурного режиму всередині приміщення, про що свідчить амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні стін, яка не перевищує 2,5 °С в літній період та 1,5 °С в зимовий.

Використання сучасних матеріалів та конструктивних рішень дозволяє забезпечити відповідність зовнішніх стін вимогам ДБН В.2.6-31 щодо повітропроникності, що сприяє зменшенню теплових втрат та підвищенню комфорту всередині приміщення. Запропоновані конструктивні рішення для зовнішніх стін гарантують дотримання нормативів повітропроникності, встановлених ДБН В.2.6-31.

3.3 Розрахунок показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій.

Теплостійкість приміщення в літній період

Згідно з пунктом 6.7 ДБН В.2.6-31:2016, для будівель, розташованих у кліматичних зонах з помірним кліматом, зокрема в місті Полтава, де середня температура найтеплішого місяця не перевищує 21 °С, не вимагається проведення розрахунків теплостійкості огорожувальних конструкцій, оскільки ризик перегріву приміщень в літній період є незначним.

Теплостійкість приміщення в зимовий період.

Житловий будинок, розташований у м. Полтава, має чотири несучі стіни, що обмежують замкнутий простір, та обладнаний світлопрозорими конструкціями (вікнами) для забезпечення природного освітлення. Будинок обладнаний системою водяного опалення з безперервним циркуляцією теплоносія, що забезпечує комфортні умови проживання протягом усього року.

В таблиці 3.14 наведено сукупність кліматичних характеристик будівельного майданчика та нормативних значень параметрів внутрішнього

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		86

мікроклімату, необхідних для проведення теплотехнічних розрахунків.

Таблиця 3.14 – Розрахункові параметри клімату району будівництва, мікроклімату приміщення, та безрозмірні коефіцієнти

Назва параметра	Значення
Температура внутрішнього повітря $t_{вн}$, °С	20
Температура зовнішнього повітря $t_{зов}$, °С	-22
Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{вн}$, Вт/(м ² К):	
– для непрозорих огорожувальних конструкцій	8,7
– для вікон	8,0
Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції $\alpha_{зов}$, Вт/(м ² К):	
– для непрозорих огорожувальних конструкцій	12,0
– для вікон	23,0
Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі системи опалення m	0,1
Коефіцієнт, що враховує неоднорідність влаштування конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками, k	0,85

Конструкція зовнішніх стін складається з наступних елементів: – внутрішнє опорядження штукатуркою:

$$\rho = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,02 \text{ м}; s=11,09 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

- кладка керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині:

$$\rho = 1200 \text{ кг/м}^3; \lambda_B = 0,52 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,38 \text{ м}; s=6,62 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

- утеплення мінераловатними плитами на синтетичному зв'язуючому, $\rho = 135 \text{ кг/м}^3; \lambda_p = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,15 \text{ м}; s=0,63 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$

- зовнішнє опорядження штукатуркою:

$$\rho = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,03 \text{ м}; s=10,42 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

Приведений опір теплопередачі світлопрозорої конструкції становить $R_{\Sigma сп} = 0,75 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Геометричні характеристики приміщення наведені в таблиці 3.15.

									Арк.
									87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	601 – НТ – 11393648- МР				

Таблиця 3.15. - Геометричні характеристики приміщення

Назва геометричної характеристики	Значення
Площа приміщення F , м ²	46,92
Висота приміщення h , м	2,5
Об'єм приміщення V , м ³	117,3
Площа внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій $F_{нп}$, м ²	65,7
Площа внутрішньої поверхні світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{сп}$, м ²	8,8

Розрахунок повітропроникності огорожувальних конструкцій будівлі

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалювальних обов'язковим є виконання умови:

$$G^k \leq G_n^k,$$

G_n^k - нормативна повітропроникність огорожувальної конструкції, кг/(м²·год),

яка визначається згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Для зовнішньої непрозорої конструкції житлових і громадських будинків

$$G^k = 0,4 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{год)}; \quad \text{---}$$

G^k - повітропроникність огорожувальної конструкції, кг/(м²·год). Для багат шарових огорожувальних визначається за формулою:

$$G^k = \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i^{\Delta p}} \right)^{-1},$$

де $G^{\Delta p}$ - повітропроникність $G^{\Delta p}$ і-го шару конструкції, кг/(м²·год), яка визначається за формулою:

$$G^{\Delta p} = G^{\Delta p_0} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n,$$

де $G^{\Delta p_0}$ - масова повітропроникність огорожувальної конструкції при $\square p$, яка визначається за результатами випробувань або згідно з таблицею 3 ДСТУ-Н Б В.2.6- 191:2013;

Δp_0 - різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникність

конструкцій експериментальним шляхом ($\square p_0 = 10 \text{ Па}$);

n - показник фільтрації, який визначається за результатами випробувань. За відсутності точних даних приймається: для утеплювачів з мінеральної вати $n=1,5$; для кладки $n=0,8$; для вікон та дверей $n=0,67$;

Δp - розрахункова різниця тисків, Па. Визначається за формулою за формулою:

$$\Delta p = (H - h_i) \cdot (\gamma_3 - \gamma_6) + 0,03 \cdot \gamma_3 \cdot v^2 \cdot \beta_v = (14 - 7) \cdot (13,8 - 11,82) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 9 \cdot 0,4 = 15,35 \text{ Па}$$

де H - 14м, висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти).

h_i - 7м, висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції i -го поверху, для якого проводиться розрахунок.

v - максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами, м/с, повторюваність яких становить 16% та більше, яка приймається згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Для м. Полтава $v = 3,0 \text{ м/с}$;

β_v - коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Для м. Полтава $\beta_v = 0,4$;

γ_3, γ_6 - питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м^3 , які розраховуються за формулами:

$$\gamma_3 = \frac{3463}{(273 + t_3)} = 13,8$$

$$\gamma_6 = \frac{3463}{(273 + t_6)} = 11,82$$

де t_3 - розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, яке приймається залежно від температури зони згідно з додатком Ж ДБН В.2.6-31;

$t_{вн}$ - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, яке приймається залежно від призначення будинку згідно з додатком Ж ДБН В.2.6-31.

Зовнішня стіна:

внутрішнє опорядження штукатуркою: $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; $\delta =$

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

0,02 м;

кладка керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині:

$$\rho = 1200 \text{ кг/м}^3; \lambda_B = 0,52 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,38 \text{ м}; s=6,62 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

утеплення мінераловатними плитами на синтетичному зв'язуючому: $\rho = 135 \text{ кг/м}^3; \lambda_p = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,15 \text{ м}; s=0,63 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$

зовнішнє опорядження штукатуркою:

$$\rho = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \delta = 0,03 \text{ м};$$

Конструкція складається з декількох шарів матеріалів, розташованих у певній послідовності для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик, таких як теплоізоляція, вологостійкість та міцність..

Для забезпечення необхідної герметичності конструкції та запобігання втратам тепла через інфільтрацію повітря, визначається її повітропроникність при стандартному перепаді тисків 10 Па, значення якого наведено в таблиці 3. Повітропроникність внутрішньої штукатурки, визначена відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 та значень, наведених у таблиці 3, забезпечує необхідний рівень герметичності конструкції та сприяє створенню комфортного мікроклімату в приміщенні.

$$G^{Ap0} = 0,07 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{год)};$$

кладки з керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині відповідно до таблиці 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-

$$191:2013: G^{Ap0} = 5 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{год)};$$

плити мінераловатні жорсткі відповідно до таблиці 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013:

$$G^{Ap0} = 5 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{год)}.$$

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі:

$$\Delta p = 15,35 \text{ Па}.$$

Повітропроникність при розрахунковій різниці тисків за формулою :

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

– повітропроникність внутрішньої штукатурки:

$$G_1 \Delta p = 0,07 \cdot (15,35 / 10)^{0,8} = 0,1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$$

– повітропроникність кладки з керамічної порожнистої цегли густиною 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині:

$G_2 \Delta p = 5 \cdot (15,35 / 10)^{0,8} = 7,04 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год});$ повітропроникність плит мінеральної вати.

$$G_3 \Delta p = 5 \cdot (15,35 / 10)^{1,5} = 9,51 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Масова повітропроникність конструкції з послідовним розміщенням шарів визначається за формулою:

$$G^k = \left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{7,04} + \frac{1}{9,51} \right)^{-1} = 0,1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Нормативна масова повітропроникність стіни становить (максимальне значення):

$$G^h_k = 0,15 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{год}).$$

Масова повітропроникність стінової конструкції відповідає нормативним вимогам,

про що свідчить виконання умови

$$G_k < G^k : 0,1 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}) < 0,15 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Світлопрозорі конструкції

Конструкція віконного блоку та балконної двері відноситься до світлопрозорої конструкції.

За даними результатів випробувань повітропроникність віконного блоку при тиску $\Delta p = 10 \text{ Па}$ становить $G_{\Delta p 0} = 0,32 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, показник режиму фільтрації $n = 0,6$.

Для визначення розрахункової різниці тисків, Δp , Па, розраховують питому вагу відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, γ_z та γ_v , Н/м³, за формулами:

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		91

$$\gamma_3 = \frac{3463}{(273 + t_3)} = 13,8$$

$$\gamma_6 = \frac{3463}{(273 + t_6)} = 11,82$$

Розрахункова різниця тисків, Δp , Па, для першого поверху становитиме:

$$\Delta p = (H - h_1) \cdot (\gamma_3 - \gamma_6) + 0,03 \cdot \gamma_3 \cdot v^2 \cdot \beta_v = (5 \cdot 2,8 - 0,5 \cdot 2,8) \cdot (13,8 - 11,82) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 9 \cdot 0,4 = 26,4 \text{ Па}$$

Розрахункова різниця тисків, Δp , Па, для останнього поверху становитиме:

$$\Delta p = (H - h_1) \cdot (\gamma_3 - \gamma_6) + 0,03 \cdot \gamma_3 \cdot v^2 \cdot \beta_v = (5 \cdot 2,8 - 4,5 \cdot 2,8) \cdot (13,8 - 11,82) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 9 \cdot 0,4 = 4,27 \text{ Па}$$

Масова повітропроникність G_k , кг/(м²·год), для світлопрозорої конструкції першого поверху складатиме:

$$G_1 \Delta p = 0,32 \cdot (26,4 / 10)^{0,6} = 0,6 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)};$$

Масова повітропроникність G_k , кг/(м²·год), для світлопрозорої конструкції останнього поверху складатиме:

$$G_1 \Delta p = 0,32 \cdot (4,27 / 10)^{0,6} = 0,2 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)};$$

Нормативна масова повітропроникність світлопрозорої конструкції за таблицею 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191 становить: $G_{нк} = 4,0$ кг/(м²·год).

Виконання умови $G_k \leq G_{нк}$ підтверджує, що світлопрозора конструкція відповідає вимогам щодо повітропроникності, необхідним для забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні та зменшення теплових втрат. За технічними характеристиками зовнішні двері повинні мати повітропроникність:

$$G^k = 2,3 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		92

3.4 Економічна частина

Для економії тепла пропонуємо утеплити стіни шаром мінеральної вати товщиною 15 см. Також під час утеплення фасадів слід передбачити ізоляцію зовнішніх укосів усіх отворів огорожувальних конструкцій (наприклад, вікон і дверей).

Для утеплення обираємо мін. вату виробника Izovat густиною 145 кг/м³ [21], яка має ціну 771,73 грн/м². Площа фасадів, які необхідно утеплити, складає 11990,3 м². Орієнтовна вартість впровадження заходу з утеплення фасадів наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Орієнтовна вартість впровадження заходу з утеплення фасадів

Стаття витрат	Од. вим.	Кількість	Ціна за од., грн	Вартість, грн
Грунтівка	Шт.	30	467	14010
Розпірний дюбель (з металевим стрижнем і термоголівкою)	Шт.	7500	9,81	73575
Клей для приклеювання плит мінвати	Шт.	350	376	131600
Сітка армована	Шт.	25	1746	43650
Мінеральна вата Izovat	М.	14000	771,73	10804220
Фарба ґрунтуюча	Шт.	35	1354	47390
Перфорований кутник з сіткою ПВХ	м/п	550	6,7	3685
Штукатурка декоративна С1,5 мм	Шт.	130	1964	255320
Плівка, наждачний папір, малярна стрічка				2000
Монтажні роботи				25000
Робочий проект				10000
Всього				11410450

Розрахуємо економічну вигоду від заходу з утеплення фасадів будівлі за наступною формулою.

$$\Delta E = \Delta Q_{Рік}^{H,CT} \cdot T, \quad (4.1)$$

При тарифі Т на теплову енергію 1654,41 грн/Гкал розрахуємо річну економію витрат, підставивши значення у формулу (4.1):

$$\Delta E = 639,28 \cdot 1654,41 = 1057631,23 \text{ грн/рік.}$$

Простий термін окупності даного заходу розрахуємо за формулою:

$$T = V/\Delta E \quad (4.2)$$

Приблизні витрати на утеплення фасадів мін. ватою складуть $V = 11410450$ грн. Підставляємо це значення в формулу (4.2):

$$T = 11\,410\,450/1057631,23 = 10,8 \text{ років.}$$

Площа перекриття, яке планується утеплити складає 3097 м^2 , мін. ватою виробника Izovat густиною 145 кг/м^3 . Вартість, в якій враховано всі матеріали та роботи, складає 700 грн/ м^2 .

При тарифі Т на теплову енергію 1654,41 грн/Гкал розрахуємо річну економію витрат:

$$\Delta E = 70,31 \cdot 1654,41 = 116321,57 \text{ грн.}$$

Приблизні витрати на утеплення даху мін. ватою складуть $5336502,64$ грн. Термін окупності:

$$T = (3097 \cdot 700)/116321,57 = 18,7 \text{ років.}$$

Загальна площа підлоги, яку планується утеплювати складає 3097 м^2 плитами пінополістиролу (ППС), яку пропонує надавач послуг з утеплення. Ціна, в якій враховано всі матеріали та роботи, складає 800 грн/ м^2 .

Розрахуємо економічну вигоду від заходу з утеплення підлоги будинку за наступною формулою:

При тарифі Т на теплову енергію 1654,41 грн/Гкал розрахуємо річну економію витрат:

$$\Delta E = 69,8 \cdot 1654,41 = 115477,82 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на утеплення перекриття з неопалювальним підвалом плитами ППС складуть 2477600 грн. Термін окупності:

$$T = (3097 \cdot 800)/115477,82 = 21,5 \text{ рік.}$$

					<i>601 – НТ – 11393648- МР</i>	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Висновок до розділу 3

В даному розділі було розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності багатоповерхової будівлі на прикладі п'ятиповерхового багатоквартирного будинку.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю зменшення енергоспоживання в житловому секторі та переходом до сталого розвитку. Багатоповерхові житлові будинки є значними споживачами енергії, тому підвищення їх енергоефективності є актуальним завданням.

Метою дослідження було розробити комплекс заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності п'ятиповерхового багатоквартирного будинку.

В ході дослідження були вирішені наступні завдання:

Проведено аналіз існуючого стану будівлі та визначено основні джерела теплових втрат.

Розроблено пропозиції щодо модернізації огорожувальних конструкцій, систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Проведено розрахунки енергозбереження та економічної ефективності запропонованих заходів.

Основні результати дослідження:

Визначено основні джерела теплових втрат: Аналіз існуючого стану будівлі дозволив виявити основні причини значних теплових втрат, такі як низький опір теплопередачі зовнішніх стін, великі площі віконних отворів зі старими дерев'яними рамами, відсутність утеплення горища та підвалу.

Розроблено комплекс заходів з підвищення енергоефективності: Було запропоновано комплекс заходів, що включають утеплення зовнішніх стін, заміну вікон на енергозберігаючі, утеплення горища та підвалу, модернізацію системи опалення та вентиляції.

Проведено оцінку економічної ефективності: Розраховано термін окупності запропонованих заходів з урахуванням зниження витрат на опалення та підвищення комфорту проживання.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Реалізація запропонованих заходів дозволить значно підвищити енергоефективність п'ятиповерхового житлового будинку, зменшити витрати на опалення та поліпшити умови проживання мешканців. При цьому, термін окупності інвестицій в енергоефективні заходи є досить коротким, що робить їх економічно доцільними.

Загалом, результати проведеного дослідження свідчать про те, що підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будинків є актуальним та доцільним завданням, яке сприяє збереженню енергоресурсів, зменшенню викидів парникових газів та покращенню якості життя населення.

При впровадженні всього комплексу енергозберігаючих заходів, а саме: утеплення 100% площі фасаду, утеплення перекриття підвалу мінераловатним утеплювачем товщиною 150 мм, встановлення у 100% квартир систем вентиляції з рекуперацією будівля досягає класу енергоефективності «С».

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		96

ВИСНОВКИ

У першому розділі роботи було проведено детальний аналіз сучасного стану енергоефективності багатопверхових житлових будівель, розглянуто основні фактори, що впливають на рівень енергоспоживання, та проаналізовано існуючі методи та технології підвищення енергоефективності.

У рамках дослідження було проведено детальний аналіз наукової літератури з питань енергоефективності житлового фонду. В результаті проведеного аналізу було визначено взаємозв'язок між поняттями "енергоефективність", "житловий сектор" та "житло". Було обґрунтовано необхідність розрізняти об'єктивний та суб'єктивний потенціал енергоефективності житлового фонду. Об'єктивний потенціал пов'язаний з фізичними характеристиками будівель (теплоізоляція, вікна, системи опалення) та може бути оцінений за допомогою інженерних розрахунків. Суб'єктивний потенціал залежить від поведінки мешканців та їх готовності до енергозбереження. Виділення цих двох компонентів дозволяє розробити більш ефективні заходи з підвищення енергоефективності житлового фонду.

Забезпечення енергоефективності житлового сектору є складним системним процесом, який вимагає комплексного підходу. Він включає в себе розробку та впровадження енергоефективних будівельних норм і стандартів, створення ринку енергосервісних послуг, розробку фінансових інструментів для стимулювання енергозбереження, проведення інформаційно-просвітницьких кампаній серед населення та підвищення енергетичної свідомості. Тільки за умови комплексного підходу можна досягти значних результатів у підвищенні енергоефективності житлового фонду.

Визначено та проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку сталого енергетичного розвитку. Було визначено ключові фактори, що впливають на успішну реалізацію цієї моделі, а також ідентифіковано основні бар'єри та ризики. Отримані результати дозволяють сформулювати рекомендації щодо

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розробки ефективної політики в галузі енергоефективності та відновлюваних джерел енергії.

Результати дослідження однозначно вказують на те, що термомодернізація багатоквартирних будинків, збудованих до 1990 року, є одним із пріоритетних напрямків підвищення енергоефективності житлового сектору в Україні. Термомодернізація будівель дозволить не тільки знизити негативний вплив на довкілля, але й забезпечить значну економію коштів для домогосподарств завдяки зменшенню витрат на опалення.

Прийнята урядом довгострокова стратегія термомодернізації передбачає поетапне підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом впровадження сучасних технологій, матеріалів та рішень. Стратегія включає в себе комплекс заходів, спрямованих на удосконалення нормативно-правової бази, створення сприятливих фінансових умов для інвестування в енергоефективність, підвищення енергетичної свідомості населення та розширення співпраці з міжнародними партнерами. Реалізація стратегії дозволить досягти значного зниження енергоспоживання в будівлях, зменшити викиди парникових газів та підвищити енергетичну безпеку країни.

Аналіз показав, що реалізація стратегії термомодернізації в Україні вимагає комплексного підходу, який включає в себе не лише технічні заходи, але й розробку відповідних фінансових механізмів, стимулювання енергоефективної поведінки споживачів та створення ефективної системи моніторингу та контролю. Встановлення індивідуальних теплолічильників та впровадження систем енергетичного менеджменту створює прямий зв'язок між споживанням теплової енергії та витратами мешканців, що стимулює їх до економії.

У другому розділі роботи проведено попередній огляд будівлі, в результаті якого визначено, що вона експлуатується без проведення робіт з утеплення огорожувальних конструкцій, модернізації систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Це призводить до значних теплових втрат та підвищених витрат на енергоносії.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розглянуто методику теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій будівлі для визначення її відповідності нормативним вимогам.

Розрахунки за наведеною методикою дозволять детально оцінити тепловий стан будівлі та виявити основні недоліки, які призводять до значних теплових втрат. Отримані результати будуть використані для розробки заходів щодо підвищення енергоефективності будівлі, таких як утеплення огорожувальних конструкцій, модернізація систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

На основі отриманих результатів буде розроблений детальний проект модернізації будівлі з урахуванням місцевих кліматичних умов та фінансових можливостей.

В третьому розділі роботи було розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності багатоповерхової будівлі на прикладі п'ятиповерхового багатоквартирного будинку.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю зменшення енергоспоживання в житловому секторі та переходом до сталого розвитку. Багатоповерхові житлові будинки є значними споживачами енергії, тому підвищення їх енергоефективності є актуальним завданням.

Метою дослідження було розробити комплекс заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності п'ятиповерхового багатоквартирного будинку.

В ході дослідження були вирішені наступні завдання:

Проведено аналіз існуючого стану будівлі та визначено основні джерела теплових втрат.

Розроблено пропозиції щодо модернізації огорожувальних конструкцій, систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Проведено розрахунки енергозбереження та економічної ефективності запропонованих заходів.

Основні результати дослідження:

Визначено основні джерела теплових втрат: Аналіз існуючого стану будівлі дозволив виявити основні причини значних теплових втрат, такі як низький опір

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		99

теплопередачі зовнішніх стін, великі площі віконних отворів зі старими дерев'яними рамами, відсутність утеплення горища та підвалу.

Розроблено комплекс заходів з підвищення енергоефективності: Було запропоновано комплекс заходів, що включають утеплення зовнішніх стін, заміну вікон на енергозберігаючі, утеплення горища та підвалу, модернізацію системи опалення та вентиляції.

Проведено оцінку економічної ефективності: Розраховано термін окупності запропонованих заходів з урахуванням зниження витрат на опалення та підвищення комфорту проживання.

Реалізація запропонованих заходів дозволить значно підвищити енергоефективність п'ятиповерхового житлового будинку, зменшити витрати на опалення та поліпшити умови проживання мешканців. При цьому, термін окупності інвестицій в енергоефективні заходи є досить коротким, що робить їх економічно доцільними.

Загалом, результати проведеного дослідження свідчать про те, що підвищення енергоефективності багатоповерхових житлових будинків є актуальним та доцільним завданням, яке сприяє збереженню енергоресурсів, зменшенню викидів парникових газів та покращенню якості життя населення.

При впровадженні всього комплексу енергозберігаючих заходів, а саме: утеплення 100% площі фасаду, утеплення перекриття підвалу мінераловатним утеплювачем товщиною 150 мм, встановлення у 100% квартир систем вентиляції з рекуперацією будівля досягає класу енергоефективності «С».

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		100

ЛІТЕРАТУРА

1. Данілкова А.Ю. Категорійно-понятійний апарат у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: аналіз, удосконалення, впровадження. «*Young Scientist*». 2016. № 10 (37). С. 359-363.

2. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Енергозбереження як ресурс розвитку для України. *Публічне управління: теорія та практика*. 2014. № 4. – С. 90-96.

3. Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї: Проект «Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні» URL: http://io.iee.kpi.ua/sites/default/files/HANDBOOK_of_BEST_PRACTICES_2.pdf.

4. Закон ЄС: офіційний веб-сайт Європейського Союзу. URL: https://europa.eu/european-union/law_en

5. Законодавство України: офіційний веб-портал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/>

6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [На заміну ДБН В.2.6.-31:2006; чинний від 2016-07-08]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 31 с.

7. Денисюк С. П., Таргонський В. А. Сталій розвиток енергетики України у світових вимірах. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. № 3. С. 7-31.

8. Giacomo Di Foggia Energy efficiency measures in building for achieving sustainable development goals. *Heliyon*. 2018. Vol. 4, Issue 11.

9. Iwano J., Mwashia A. The impact of sustainable building envelope design on building sustainability using Integrated Performance Model. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2013. No 2. P. 153-171.

10. Манцевич Ю. Економічні передумови структуризації ринку житла. *Регіональна економіка*. 2007. №3. С.88-98.

11. Radovanovic (Golusin) M., Popov S., Dodic S. Sustainable Energy Management (1sted.). 2013. USA: Elsevier.

12. Smith G., Parmenter K. Energy Management Principles (2nded.). 2015. USA: Elsevier.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

13. Sioshansi F. Future of Utilities – Utilities of the Future: How Technological Innovations in Distributed Energy Resources Will Reshape the Electric Power Sector (1st ed.). 2016. USA: Elsevier.

14. Sioshansi F. Evolution of Global Electricity Markets: New paradigms, new challenges, new approaches. 2013. – 880 p.

15. Kayakutu G., Mercier-Laurent E. Intelligence in Energy (1st ed.). 2016. USA: Elsevier.

16. Коссе І. Євроінтеграція: досвід країн Вишеградської четвірки та українські реалії. Київ, 2014. 87 с.

17. Kolomoets T.O. Adaptation of the information legislation in Ukraine to EU requirements as a part of modern domestic law-making process, 2013. Donetsk: National mining university of Ukraine, 164 p.

18. Energy efficiency in industry, agricultural sector and HCS: report. URL: <http://municipalenergy.org.ua/?p=5252>.

19. Analysis of the setting tariffs in the heating sector district in the European Union. URL: www.uabio.org/activity/uabio-analytics.

20. Sanchez C.G., Gonzalez J.N., Aja A.H. Energy poverty methodology based on minimal thermal habitability conditions for low income housing in Spain. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 169. P. 127-140.

21. Amaiade A., Galarraga I., Spadaro J.V. The price of energy efficiency in the Spanish housing market. *Energy Policy*. 2016. Vol. 94, P. 16-24.

22. Annie McCade, Pojani D., Groenou A.B. The application of renewable energy to social housing: A systematic review. *Energy Policy*. 2018. Vol. 114, P. 549-557.

23. Gillingham K., Palmer R. Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2014. Vol. 8, P. 18-38.

24. Estiri H. The indirect role of households in shaping US residential energy demand patterns. *Energy Policy*. 2015. Vol. 86, P. 585-594.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		102

25. Sioshansi F.P. Future of Utilities – Utilities of the Future: How Technological Innovations in Distributed Energy Resources Will Reshape the Electric Power Sector (1st ed.). Academic Press, 2016. 492 p.

26. Kayakutu G., Mercier-Laurent E. Intelligence in Energy (1st ed.). ISTE Press – Elsevier, 2016. 252 p.

27. Femenias P, Mjornell K., Thuvander L. Rethinking deep renovation: The perspective of rental housing in Sweden. *Cleaner Production*. 2018. Vol. 195, P. 1457-1467.

28. Filippidou F, Nieboer N. Visscher H. Are we moving fast enough? The energy renovation rate of the Dutch non-profit housing using the national energy labelling database. *Energy Policy*. 2017. Vol. 109, P. 488-498.

29. Wells L, Rismanchi B., Aye L. A review of Net Zero Energy Buildings with reflections on the Australian context. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 158, P. 616-628.

30. Romanach L, Leviston Z, Jeanneret T., Gardner J. Low-carbon homes, thermal comfort and household practices: Uplifting the energy-efficiency discourse. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 121, P. 238-245.

31. Miller W, Liu L.A, Amin Z., Gray M. Involving occupants in net-zero-energy solar housing retrofits: An Australian sub-tropical case study. *Solar Energy*. 2018. Vol. 159, P. 390-404.

32. Jian Zuo, Zhen-Yu Zhao Green building research – current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. Vol. 30, P. 271-281.

33. Shaikh P.H., Nursyarizal Bin Mohd. Nor, Sahito A.A., Nallagownden P., Elamvazuthi I. Shaikh M.S. Building energy for sustainable development in Malaysia: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 75, P. 1392-1403.

34. Hakkinen T., Rekola M., Ala-Juusela M., Ruuska A. Role of Municipal Steering in Sustainable Building and Refurbishment. *Energy Procedia*. 2016. Vol. 96, P. 650-661.

					601 – HT – 11393648- MP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		103

35. JonghoIm, YoungmeSeo, Kristen S. Cetin, Jasmeet Singh Energy efficiency in U.S. residential rental housing: Adoption rates and impact on rent. *Applied Energy*. 2017. Vol. 205, P. 1021-1033.

36. Andrea Chegut, Piet Eichholtz, Rogier Holtermans Energy efficiency and economic value in affordable housing. *Energy Policy*. 2016. Vol. 97, P. 39-49.

37. Smith G., Parmenter K. Energy Management Principles (2nded.). Elsevier, 2015. 430 p.

38. Triana MA, Lamberts R., Sassi P., Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 158, P. 1379-1392.

39. Medrano-Gomez L.E., Izquierdo A.E. Social housing retrofit: Improving energy efficiency and thermal comfort for the housing stock recovery in Mexico. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 121, P. 41-48.

40. Енергоефективність будівель в Україні. URL: <http://dergbud.org.ua/enerhoefektyvnist-budivelua.html>

41. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн URL: <https://ua.energy/wp-content/>

42. Комплексна термомодернізація житла: великі плани в період безгрошів'я. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/kompleksna-termomodernizatsiia-zhytla-velyki-plany-u-period-bezhroshivia>

43. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України № 2118-VIII. [Чинний від 2017-06-22]. Київ: ОВУ № 61, 2017 (04.08.17).

44. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків: ДСТУ-Н Б В.3.2-3-2014. [Чинний від 2014-12-31]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 67 с.

45. Вимірювачі витрат тепла для визначення тепловіддачі кімнатних опалювальних батарей. Прилади з електроживлення : ДСТУ EN 834: 2017. [Чинний від 2017-08-01]. Київ: Мінрегіон України, 2017. 17 с.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

46. Енергетичні аудити. Вимоги та настанова відносно їх проведення: ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002: 2014 року, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 19 с.

47. Системи енергетичного менеджменту. Настанова відносно впровадження, супроводу та поліпшення системи енергетичного менеджменту ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004: 2014 року, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 15 с.

48. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використання базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова : ДСТУ ISO 50006:2016 (ISO 50006: 2014 року, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 14 с.

49. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова : ДСТУ ISO 50015:2016 (ISO 50015: 2014 року, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 24 с.

50. ДБН В.2.6-31 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель». URL: http://eurobud.ua/uploads/files/pinoplast_norm_doc/4%20D-BN%20B.2.6-31-2006.pdf

51. Самолюк Н.М., Бондарець Д.В. Дослідження ефективності впровадження енергозберігаючих заходів у житлових будинках / Вісник НУВГП, серія «Економічні науки», Випуск 1(77). – Рівне, 2017.

52. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла URL: <https://vdalo.info/praktichni-poradiyak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/>

53. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. - К.: Мінбуд України, 2016. 30 с. (Державні будівельні норми України).

54. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К.: Мінбуд України, 2021. – 30 с. – (Державні будівельні норми України).

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

55. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).

56. ДБН В.1.2-11-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії».

57. Закон України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».

58. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015.– 140с.

59. 22. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 42 с.

60. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель».

61. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 55 с.

62. ДСТУ Б В.2.6-17-2000. Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі. – Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 25 с.

63. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови».

64. ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009 «Настанова з проектування світлопрозорих елементів огорожувальних конструкцій».

65. ДБН В.2.5-39:2008. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі».

66. ДСТУ 4472-2005. «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги».

67. ДСТУ EN 12831-1:2017 (EN 12831-1:2017, IDT) Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 96 с.

					601 – НТ – 11393648- МР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		106