

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДИНКІВ. ПОЛЬСЬКИЙ ДОСВІД.



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Колективна робота за редакцією доктора технічних наук, інженера Романа Бабута:

- dr. inż. Arkadiusz Węglarz
(Аркадіуш Венглаж)
- dr. inż. Maciej Mijakowski
(Мачей Міяковський)
- mgr. inż. Andrii Biniuk
(Андрій Бінюк)
- mgr. inż. Robert Mizieliński
(Роберт Мізеленьський)
- mgr. inż. Michał Ościłowski
(Міхал Осціловський)
- inż. Burchiellaro Anne-Claire
(Бурчіелларо Анна-Клейр)
- inż. Klaudia Janik
(Клаудія Янік)
- inż. Karolina Junak (Кароліна Юнак)

1.	ЗАХОДИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ.....	3
1.1	Політика Європейського Союзу щодо підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії в будівлях.....	4
1.2	Енергоменеджмент та енергоефективність у будівлях на прикладі Польщі як держави-члена ЄС.....	10
2.	БУДИНОК, ЙОГО ПРИРОДНЕ ОТОЧЕННЯ І МЕШКАНЦІ.....	22
2.1	Функції багатоквартирного житлового будинку.....	22
2.2	Загальна оцінка стану існуючої будівлі та її оточення.....	26
2.3	Енергетична свідомість – термомодернізація: необхідне зло чи добро ?.....	41
2.4	Чи використання тепловізійних обстежень є обов’язковим?.....	48
2.5	Рішення про проведення термомодернізації.....	52
3.	ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	58
3.1	Варіанти термомодернізації багатоквартирних житлових будинків.....	58
3.2	Технічні умови використання ВДЕ.....	62
3.3	Економіка термомодернізаційних інвестицій.....	75
3.4	Підготовка інвестора до інвестицій в термомодернізацію.....	81
4.	Визначення чинного стандарту термозахисту будівлі.....	90
4.1	Підготовка до енергоаудиту.....	90
4.2	Розташування будівлі та зовнішній клімат.....	95
4.3	Архітектурно-будівельна документація будинку.....	97
4.4	Характеристика споживання тепла в багатоквартирному будинку.....	100
4.5	Використання електричної енергії.....	113
5.	ТЕПЛОВІ ПОТОКИ ТА ПРОЦЕСИ В ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ.....	119
5.1	Теплообмін будівлі з зовнішнім середовищем.....	119
5.2	Теплові містки та наслідки їх виникнення.....	122
5.3	Втрати тепла через вентиляцію.....	126
5.4	Система опалення.....	130
5.5	Система гарячого водопостачання.....	136
5.6	Системи охолодження та кондиціонування повітря.....	138
5.7	Системи освітлення.....	140
6.	РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ.....	142
6.1	Енергопотреба.....	143

6.2	Енергоспоживання будівлі.....	148
6.3	Первинна енергія.....	150
6.4	Викиди CO ₂ , пов'язані із споживанням енергії.....	152
6.5	Основні детермінанти значень енергопотреб, енергоспоживання та первинної енергії.....	152
7.	ЗАХОДИ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ – ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛА.....	155
7.1	Термомодернізація огорожувальних конструкцій.....	155
7.2	Заміна вікон та зовнішніх дверей.....	162
7.3	Модернізація системи вентиляції, кондиціонування та охолодження.....	164
7.4	Каталог термомодернізаційних заходів.....	165
8.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ..	168
8.1	Модернізація системи опалення.....	168
8.2	Модернізація системи гарячого водопостачання.....	177
8.3	Перелік удосконалень, що підвищують ефективність виробництва та використання гарячої води.....	180
9.	УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ.....	183
9.1	Моніторинг споживання енергії.....	183
9.2	Бенчмаркінг.....	187
9.3	Сертифікація будинку.....	189
9.3.1	BREAM.....	190
9.3.2	LEED.....	192
9.3.3	DGNB.....	193

1

ЗАХОДИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

1. ЗАХОДИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

1.1 Політика Європейського Союзу щодо підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії в будівлях

Огляд політики Європейського Союзу у сфері енергоефективності та відновлюваних джерел енергії

Охорона навколишнього середовища та боротьба зі зміною клімату є однією з пріоритетних цілей Європейського Союзу. Необхідність повної трансформації енергетичного сектору була помічена не тільки країнами-членами Європейського Союзу, а й за його межами. Під час кліматичної конференції COP21 у Парижі у грудні 2015 року була прийнята перша глобальна кліматична угода, яка має загальну юридичну силу. Довгострокова мета угоди полягає в тому, що уряди держав-членів вирішують припинити підвищення середньосвітової температури до 2 °C у порівнянні з доіндустріальними рівнями та намагатись утримати це значення нижче 1,5 °C. Паризька угода була підписана 22 квітня 2016 року, а Європейський Союз ратифікував її 5 жовтня 2016 року.

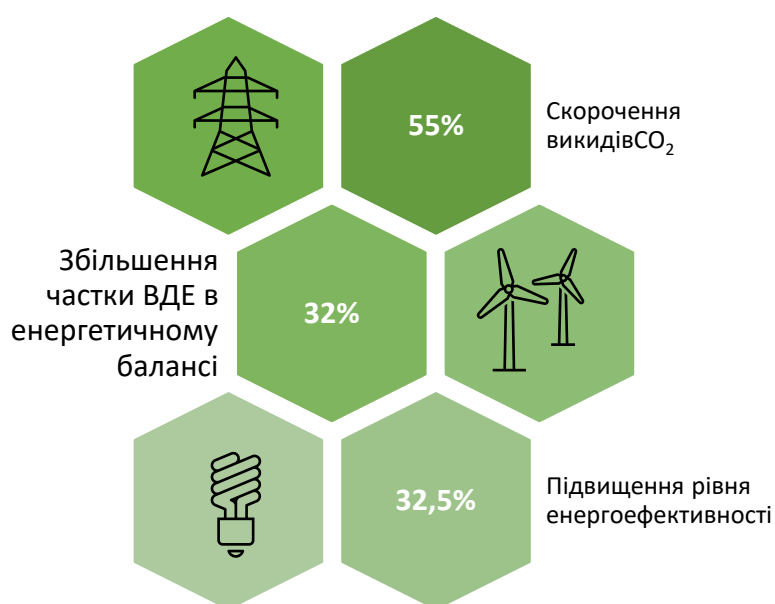


Рисунок 1.1.1 Цілі Європейського Союзу на 2030 рік

Через два роки, 28 листопада 2018 року, Європейська Комісія представила довгострокове стратегічне бачення процвітаючої, сучасної, конкурентоспроможної та кліматично нейтральної економіки до 2050 року. Довгострокова стратегія на 2050 рік визначає шляхи досягнення мети скорочення викидів парникових газів у ЄС до 2030 року щонайменше на 55% від рівня 1990 року з метою досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. У документі викладено амбітну дорожню карту кліматично нейтральної економіки замкнутого циклу (англ. Closed-loop economy, circular economy), де економічне зростання не залежить від споживання ресурсів.

Одним із устоїв, необхідних для досягнення таких амбітних цілей, є відновлювана енергія. Правила функціонування ринку відновлюваних джерел енергії ЄС викладені в директиві від 11 грудня 2018 року про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел (так звана Директива RED II). Збільшення використання енергії з відновлюваних джерел має фундаментальне значення для забезпечення безпеки енергопостачання, доступної сталої енергії, технологічного розвитку та інновацій, а також технологічного та промислового лідерства, одночасно забезпечуючи екологічні, соціальні та медичні переваги, а також створюючи значні можливості для працевлаштування та регіональний розвиток, особливо в сільських та ізольованих районах, в малонаселених або частково деіндустріалізованих регіонах або територіях. До 2030 року Європейський Союз поставив собі обов'язкову мету забезпечити принаймні 32% частки енергії з відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії.

Другим з устоїв є енергоефективність. Європейський Союз має амбіції підвищити рівень енергоефективності до 2030 року щонайменше на 32,5% порівняно з 1990 роком. Пристосуванню законодавства в сфері енергетики Європейського Союзу до поставлених цілей енергоефективності сприяє

Директива від 25 жовтня 2012 р. Про енергоефективність, т. зв. Директива EED (Energy Efficiency Directive). Котра є частиною стратегії, що вже виконується, щодо зменшення залежності держав-членів ЄС від імпорту енергії, скорочення викидів та зменшення енергетичної бідності.

Стратегія в будівництві

Одним із пріоритетних секторів у боротьбі за сталий розвиток є сектор будівництва. Енергія в будівлях використовується на кожному етапі їхнього існування - під час їх будівництва, використання, реконструкції та демонтажу. За наявними даними, будівництво відповідає за близько 40% загального споживання енергії в Європейському Союзі та 36% викидів парникових газів. Тож не дивно, що будівельний сектор відіграє ключову роль на шляху Європейського Союзу до кліматичної нейтральності.



Рисунок 1.1.2 Вимоги та рекомендації Європейського Союзу щодо будівельного сектора Директива EED як рішення, що має забезпечити зменшення споживання невідновлюваної первинної енергії в будівництві, вказує, серед іншого на необхідність використання: теплових насосів для опалення та охолодження;

використання пасивних систем вбудованих в конструкцію будівель та використання відновлюваної енергії. Директива рекомендує державам-членам запровадити у своїх будівельних нормах відповідні заходи для збільшення частки відновлюваної енергії у будівельному секторі. Також мають підтримуватись такі явища, як збільшення частки споживання енергії з відновлюваних джерел, залучення інвестиції для будови місцевих систем накопичення енергії, розвиток пасивних будівель з низьким або нульовим споживанням енергії. Документ також вимагає введення вимог щодо визначення мінімальних рівнів споживання енергії з відновлюваних джерел у новому будівництві та будівлях, які проходять капітальний ремонт. Більше того, громадські будівлі як на національному, так і на регіональному та місцевому рівнях мають виступати в якості прикладів для наслідування у сфері будівництва. Держави-члени також мають забезпечити, щоб споживачі відновлюваної енергії, що знаходяться в одній будівлі, мали змогу діяти разом.

Директива EED вказує на необхідність реалізації довгострокової стратегії залучення інвестицій у реновацію/реконструкцію будівель з метою покращення енергетичних показників будівлі. Директива EED зобов'язує кожену державу розробляти довгострокову стратегію реновації будівель у своїй країні та оновлювати її кожні три роки. Документ також встановлює мінімальний 3% річний рівень реконструкції будівель, що перебувають у державній власності, у зв'язку з їх значною участю у суспільному житті. Держави-члени також повинні заохочувати державні органи розробляти та приймати плани з енергоефективності, впроваджувати системи енергоменеджменту, проводити енергоаудит, тощо. Країни Європейського Союзу повинні також у межах своїх можливостей забезпечити для кінцевих споживачів електроенергії, природного газу, централізованого тепло- та

водопостачання, централізованого охолодження мати можливість придбати індивідуальні лічильники за конкурентними цінами, які точно відображають фактичне споживання енергії. В новому будівництві та в будинках де здійснюється капітальний ремонт/ реновація встановлення індивідуальних лічильників у споживачів є обов'язковим.

Положення, що стосуються будівництва, також включені до Директиви від 19 травня 2010 р. Про енергетичні показники т.зв Директиви EPBD (Energy Performance of Building Directive). У 2018 році до цієї директиви було внесено ряд змін, і держави-члени до 10 березня 2020 року мали адаптувати свої національні правила до нових та змінених положень.

Документ зобов'язує країни Європейського Союзу запровадити мінімальні вимоги до енергетичних характеристик будівель з метою досягнення оптимальних рівнів витрат коштів. Методологія визначення енергетичних характеристик будівлі враховує: теплоємність та ізоляцію перегородок, пасивне опалення, пасивні охолоджувальні елементи, теплові містки, системи центрального опалення та гарячого водопостачання, кондиціонування, вентиляції, освітлення, розташування та орієнтацію будівлі, пасивні сонячні системи, необхідні умови та теплове навантаження в окремих приміщеннях. Мінімальні вимоги можуть змінюватись між новими та існуючими будівлями та між різними категоріями будівель. Мінімальні вимоги необхідно регулярно переглядати кожні 5 років та оновлювати, якщо це необхідно, з урахуванням технічного прогресу в будівництві. Не потрібно вказувати вимоги до пам'ятників, релігійних, тимчасових, промислових, сільськогосподарських будівель, майстерень та окремо стоячих об'єктів загальною корисною площею менше 50 м².

Перед будовою нових будинків необхідно виконати технічний, екологічний та економічний аналіз доцільності використання вискоелективних

альтернативних систем, таких як децентралізовані системи постачання енергії на основі відновлюваної енергії, когенерації, опалення та охолодження локальними підсистемами чи в блоках, теплові насоси.

В існуючих будівлях, які підлягають капітальному ремонту (тобто там, де загальна вартість реконструкції перевищує 25% вартості будівлі, або реновації підлягають більше ніж 25% огорожувальних конструкцій будівлі), рівень енергоефективності після ремонту повинна відповідати мінімальним вимогам, наскільки це можливо з технічної та функціональної точки зору. Держави-члени також повинні заохочувати власників, які реконструюють свої будівлі, до використання вискоелективних альтернативних систем.

Директива EPBD також зобов'язує запровадити системні вимоги до систем опалення, гарячого водопостачання, систем кондиціонування та вентиляції. Крім того, заохочуються інвестиції в інтелектуальні системи обліку та активного контролю, такі як енергоефективні системи автоматизації, управління та моніторингу.

Директива EPBD запроваджує концепцію будівлі майже з нульовим рівнем споживання енергії - тобто будівлі з дуже високими показниками енергетичної ефективності, де дуже низьке енергоспоживання у значній мірі має бути покрите з відновлюваних джерел енергії. Документ зобов'язує держави-члени після 31 грудня 2018 року забезпечити, щоб будівлі, які займають органи державної влади, становили будівлі з майже нульовим споживанням енергії, а після 31 грудня 2020 року всі новобудови мають бути будівлями з майже нульовим рівнем споживання енергії. Крім того, країни Європейського Союзу розробляють національні плани щодо збільшення кількості будівель з майже нульовим рівнем споживання енергії.

Директива EPBD вимагає створення системи сертифікації енергоефективності будівель. Сертифікат енергоефективності повинен містити енергетичні характеристики будівлі та довідкові значення, такі як мінімальні вимоги до енергоефективності, щоб дозволити власникам або орендарям будівлі порівнювати та оцінювати її енергетичні характеристики. Сертифікат енергоефективності також може містити додаткову інформацію, таку як річне споживання енергії для нежитлових приміщень та відсоток відновлюваної енергії у загальному споживанні енергії. Термін дії сертифіката енергоефективності не повинен перевищувати 10 років. Сертифікати енергоефективності повинні бути створені для: нових та проданих будинків, орендованих будинків та будинків площею понад 250 м², що займаються державними органами. Сертифікат необхідно передати покупцеві та новому орендареві, а у випадку, коли адміністративні будівлі та будівлі площею понад 500 м² часто відвідуються, сертифікат слід розмістити у добре видимому для громадськості місці.

Документ також вимагає проведення регулярних перевірок систем опалення. Системи опалення з котлами з ефективною номінальною потужністю понад 100 кВт необхідно перевіряти щонайменше кожні два роки. Необхідно також перевіряти системи кондиціонування повітря з корисною номінальною потужністю понад 12 кВт. Держави-члени можуть зменшити частоту цих перевірок або полегшити їх, якщо в будівлі є електронна система моніторингу та контролю споживання.

1.2 Енергоменеджмент та енергоефективність у будівлях на прикладі Польщі як держави-члена ЄС

Зобов'язання, що впливають з EPBD, включені до єдиного тексту постанови Міністра інфраструктури щодо технічних умов, яким мають відповідати

будівлі, та їх розташування. Остання поправка до документа була прийнята у 2020 році.

Мінімальні вимоги до показника EP

Постанова визначає максимальне значення річного питомого енергоспоживання на невідновлювану первинну енергію EP. Показник EP враховує енергію, необхідну для обігріву будівлі, приготування гарячої води, побутової вентиляції, охолодження будівлі та її освітлення. Вимоги щодо часткових значень наведеного нижче показника поширюються на новобудови з 31 грудня 2020 року, за винятком будівель, що зайняті судовими органами, прокуратурою та адміністративними органами, де ці вимоги діють з 1 січня 2019 року.

Таблиця 1.2.1 Часткові значення показників EP для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання

Тип будівлі	EP _{H+W} [кВт·год./[м ² ·рік]]
Будинок приватний	70
Багатоквартирний житловий будинок	65
Будинок колективного проживання (гуртожитки, готелі)	75
Будинки охорони здоров'я	190
Громадські будинки	45
Господарські, складські та виробничі будинки	70

Часткові значення показників EP на потреби охолодження визначаються залежно від відношення площі охолоджуваних приміщень A_{f,c} до площі опалювальних та/або охолоджуваних приміщень A_f.

Таблиця 1.2.2 Часткові значення показників EP для охолодження

Тип будівлі	ΔEP_c [кВт·год./($m^2 \cdot \text{рік}$)]
Будинок приватний	$5 \times A_{f,c} / A_f$
Багатоквартирний житловий будинок	
Будинок колективного проживання (гуртожитки, готелі)	$25 \times A_{f,c} / A_f$
Будинки охорони здоров'я	
Громадські будинки	
Господарські, складські та виробничі будинки	

Часткові значення показників EP для потреб освітлення визначаються лише для внутрішнього освітлення, а їх значення залежать від часу роботи системи освітлення протягом року t_0 .

Таблиця 1.2.3 Часткові значення показників EP для освітлення

Тип будівлі	ΔEP_L [кВт·годин/($m^2 \cdot \text{рік}$)]
Будинок приватний	$\Delta EP_L = 0$
Багатоквартирний житловий будинок	
Будинок колективного проживання (гуртожитки, готелі)	для $t_0 < 2500$ год./рік $\Delta EP_L = 25$ для $t_0 \geq 2500$ год./рік $\Delta EP_L = 50$
Будинки охорони здоров'я	
Громадські будинки	
Господарські, складські та виробничі будинки	

У випадку будівлі з різним функціональним призначенням деяких частин максимальне значення показника EP розраховується за такою формулою:

$$EP = \frac{\sum(EP_i \cdot A_{f,i})}{\sum A_{f,i}} \quad (1.2.1)$$

де:

EP_i – величина показника EP для частини будівлі з однією функцією з площею $A_{f,i}$,

$A_{f,i}$ – площа приміщень з регульованою температурою повітря (з підігрівом або охолодженням) для частини будівлі з однією функцією.

Мінімальні вимоги до теплоізоляції огорожувальних конструкцій

Постанова визначає мінімальні значення коефіцієнтів теплопередачі U_c стін, дахів, перекриттів, плоских дахів, вікон, балконних дверей та зовнішніх дверей для всіх типів будівель. Наступні вимоги щодо теплоізоляції перегородок поширюються на новобудови з 31 грудня 2020 року, за винятком будівель, які займають прокуратура, адміністративні та судові органи, де ці вимоги діють з 1 січня 2019 року. Значення коефіцієнта теплопередачі U_c для окремих огорожувальних конструкцій залежать від температури повітря в опалюваному приміщенні t_i .

Таблиця 1.2.4 Мінімальні значення коэф. теплопередачі U_c для огорожувальних конструкцій

Тип огорожувальної конструкції та температура в приміщенні		Коеф. теплопередачі U_c [Вт/(м ² ·К)]
Зовнішні стіни	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90
Внутрішні стіни	при $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ та для стін, що відокремлюють опалювані приміщення від сходових клітин та коридорів	1,00

Тип огорожувальної конструкції та температура в приміщенні		Коеф. теплопередачі U_c [Вт/(м ² ·К)]
	при $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	без вимог
	для стін, що відокремлюють опалювані приміщення від неопалюваних	0,30
Стіни що прилягають до технологічних щілин (деформаційний шов) шириною	до 5 см, постійно закриті та заповнені теплоізоляцією вглиб на щонайменше 20 см	1,00
	більше 5 см, незалежно від прийнятого способу їх закриття та ізоляції щілини	0,70
Стіни неопалюваних підземних поверхів		без вимог
Дахи, плоскі покрівлі та перекриття під неопалюваними технічними приміщеннями, а також над проїздами	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,15
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70
Підлоги по ґрунту	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50
Перекриття над неопалюваними приміщеннями та закритими технічними просторами під підлогою	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00
Перекриття над опалюваними	при $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,00
	при $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	без вимог

Тип огорожувальної конструкції та температура в приміщенні		Коеф. теплопередачі U_c [Вт/(м ² ·К)]
приміщеннями та міжповерхові перекриття	що відділяють опалювані приміщення від неопалюваних	0,25
Вікна, балконні двері, та прозорі конструкції що не відкриваються	при $\Delta t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,90
	при $\Delta t_i < 16^\circ\text{C}$	1,40
Мансардні вікна	при $\Delta t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,10
	при $\Delta t_i < 16^\circ\text{C}$	1,40
Вікна у внутрішніх стінах	при $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,1
	при $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	без вимог
	що відділяють опалювані приміщення від неопалюваних	1,1
Двері в зовнішніх огорожувальних конструкціях та в конструкціях між опалюваними та неопалюваними приміщеннями		1,3
Вікна та зовнішні двері в зовнішніх огорожувальних конструкціях для неопалюваних приміщень		без вимог

Мінімальні вимоги до ізоляції труб та компонентів центрального опалення, гарячого водопостачання та систем охолодження

Постанова визначає мінімальну товщину теплоізоляції з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,035$ Вт/м·К для окремих типів трубопроводів або компонентів. Якщо використовуються ізоляційні матеріали з іншими значеннями коефіцієнта теплопровідності λ , цю товщину слід відповідним чином перерахувати.

Таблиця 1.2.5 Мінімальна товщина ізоляції для труб та компонентів систем центрального опалення, гвп та систем охолодження

№	Тип трубопроводу або компоненту	Мінімальна товщина ізоляції (з параметром $\lambda=0,035$ Вт/м·К)
1	Внутрішній діаметр до 22 мм	20 мм
2	Внутрішній діаметр од 22 до 35 мм	30 мм
3	Внутрішній діаметр од 35 до 100 мм	Дорівнює внутрішньому діаметру трубопроводу
4	Внутрішній діаметр понад 100 мм	100 мм
5	Трубопроводи і арматура з позицій № 1-4 що проходять скрізь стіни і перекриття, перехрестя трубопроводів	50% вимог з позицій № 1-4
6	Труби центрального опалення, труби гарячого водопостачання та труби циркуляції гарячої водопостачання відповідно до позиції № 1-4, розташовані в будівельних компонентах між опалювальними приміщеннями різних користувачів	50% вимог з позицій № 1-4
7	Трубопроводи з позиції № 6 укладені в підлозі	6 мм
8	Трубопроводи системи повітряного опалення (влаштовані в опалювальній частині будівлі)	40 мм
9	Трубопроводи системи повітряного опалення (влаштовані в неопалювальній частині будівлі)	80 мм
10	Трубопроводи системи охолодження укладені в середині будинку	50% вимог з позицій № 1-4
11	Трубопроводи системи охолодження укладені назовні будинку	100% вимог з позицій № 1-4

Сертифікат енергоефективності будівель

Зобов'язання, що випливають із EPBD, включені до Закону від 29 серпня 2014 р. Про енергоефективність будівель. Остання поправка до закону відбулася у лютому 2021 року. Закон про енергоефективність будівель визначає правила складання сертифікатів енергоефективності, правила контролю системи опалення та кондиціонування в будинках, правила ведення центрального реєстру енергетичних сертифікатів будівель та шляхи розробки національного плану дій щодо збільшення кількості будівель з низьким споживанням енергії.

З директиви EPBD випливає безпосередньо, що для будинків для продажу та оренди, а також для будинків з корисною площею понад 250 м², які займають судова влада, прокуратура та органи державного управління, необхідно підготувати сертифікати енергоефективності. Немає обов'язку виконання сертифікатів енергоефективності для об'єктів, що є: пам'ятниками, культовими чи релігійними спорудами; промисловими та господарськи будівлями, що не обладнані енергоспоживаючими установками (за винятком систем освітлення); житлові будинки, призначені для використання не більше 4 місяців на рік; будівлі на відокремлених фундаментах з корисною площею менше 50 м², а також домашні господарства з індексом EP не вище 50 кВт год /м²/рік.

Сертифікат з енергоефективності містить ідентифікаційні дані та енергетичні характеристики будівлі, а також загальні рекомендації, що визначають обсяг та тип будівельно-монтажних робіт, які покращать енергетичні характеристики будівлі. Сертифікат з енергоефективності виконується з використанням електронної системи, за допомогою якої ведеться центральний реєстр енергетичних сертифікатів будівель. Копія сертифіката енергоефективності у громадських будівлях виставляється на видному місці. Якщо укладено договір купівлі-продажу будинку, старий власник має

передати з комплектом документів і сертифікат з енергоефективності, а при укладенні договору найму має бути надана його копія. Якщо сертифікат енергоефективності або його копія не надані протягом 2 місяців з дня вручення запиту, покупець/орендар має право замовити складання сертифіката енергоефективності за рахунок продавця/ власника.

Перевірка системам опалення та кондиціонування в будинках

Закон визначає термін, протягом якого власник будівлі або управляючий будинку зобов'язаний виконати перевірку:

- щонайменше кожні 5 років - для котлів з номінальною тепловою потужністю від 20 кВт до 100 кВт,
- щонайменше кожні 2 роки - для котлів, що працюють на рідкому або твердому паливі з номінальною тепловою потужністю понад 100 кВт,
- щонайменше кожні 4 роки - для газових котлів з номінальною тепловою потужністю більше 100 кВт,
- щонайменше кожні 5 років - для охолоджувальних установок з номінальною потужністю охолодженням понад 12 кВт.

Звіти про проходження перевірки системи опалення та кондиціонування повітря повинні містити ідентифікаційні дані будівлі та системи, оцінку ефективності системи, а також рекомендації, що визначають обсяг та тип будівельно -монтажних робіт, які покращать енергоефективність системи.

Підтримка термомодернізації та ремонтів будинків

У випадку Польщі правила надання державної фінансової допомоги у сфері термомодернізації та проектів з низьким рівнем викидів можна знайти у Законі від 21 листопада 2008 р. Про підтримку термомодернізації та ремонтів

будинків, а також про центральний реєстр викидів з сектора будівництва. Останні зміни до закону були внесені 2021 року.

Державне співфінансування надається для проектів спрямованих на зменшення рівня шкідливих викидів в житлових приватних будинках, таких як:

- заміна систем опалення зі стандартних на такі, що відповідають рівню низьких викидів,
- підключення будівлі до теплової, електричної або газової мережі або модернізація цього підключення,
- установка відновлюваних джерел енергії та теплових насосів,
- скорочення енергопотребы, необхідної для опалення та гарячого водопостачання.

Фінансова допомога також охоплює багатоквартирні житлові будинки, будинки колективного проживання та будівлі, що належать підрозділам місцевого самоврядування. До переліку співфінансованих державою проектів з термомодернізації в цих будинках належать:

- скорочення енергопотребы будівлі на опалення та гаряче водопостачання для побутових потреб,
- зменшення втрат первинної енергії в локальних теплових мережах та місцевих джерелах тепла, які їх постачають,
- виконання підключення до централізованого джерела тепла, у зв'язку з ліквідацією місцевого джерела тепла, внаслідок чого зменшуються витрати коштів отримання тепла, що подається до будівель,
- повна або часткова заміна джерел енергії на відновлювані джерела або використання високоефективної когенерації.

Вищезгадані проекти фінансуються державним Фондом Термомодернізації та Ремонтів. У випадку комплексної термомодернізації будинків максимально можливий рівень дофінансування складає 25 %.

2

БУДИНОК, ЙОГО ПРИРОДНЕ ОТОЧЕННЯ І МЕШКАНЦІ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

2. БУДИНОК, ЙОГО ПРИРОДНЕ ОТОЧЕННЯ І МЕШКАНЦІ

2.1 Функції багатоквартирного житлового будинку

Житловий будинок - це окрема будівля або будинок на дві сім'ї (дуплекс), будинок типу таунхаус з серійною або груповою забудовою, який використовується для задоволення житлових потреб. Багатоквартирні будинки класифікуються як такі, де в одній будівлі є багато окремих помешкань/квартир для мешканців. Квартири/помешкання можуть розташовуватися поруч (послідовна забудова) або на різних рівнях/поверхах. Така будівля, насамперед, повинна бути обладнана системами постачання питної води (системою водопостачання), води для пожежогасіння, центральною системою або індивідуальними системами опалення та гарячого водопостачання, системою побутової каналізації, спеціально визначеного місця для тимчасового збору відходів, системою електропостачання та іншими обов'язковими елементами, зазначеними в нормативних документах. Основними функціями помешкання в багатоквартирному будинку є:

- захисна функція: проти кліматичних умов та шуму;
- функція здоров'я: підтримка фізичного та психічного здоров'я мешканців;
- біологічна функція: сон, харчування, чистота, турбота про дітей та людей похилого віку;
- соціальна функція: ведення товариського та соціального життя;
- гуманістична функція: організація суспільних відносин у сусідстві та родинних зв'язках;
- культурна та освітня функція: навчання дітей та дорослих;

- функція безпеки: захист від небажаного доступу третіх сторін;
- економічна функція: робоче місце.

Умовою виконання цих функцій є правильне проектування будівлі відповідно до вимог внутрішнього мікроклімату та визначених функцій будинку, належне будівництво відповідно до проекту, а також належне функціонування та обслуговування будинку і його підсистем протягом усього періоду використання. Важливість окремих соціально-економічних функцій будівлі змінюється з часом. Проте безперечно, найважливішими факторами, що визначають якість життя в будівлі є тепловий та акустичний комфорт.

Відомо і часто дуже помітно, що разом із збільшенням періоду експлуатації будинку, його будівельна конструкція та технічні системи пошкоджуються. Без належного поточного обслуговування та своєчасної реконструкції технічні параметри будівлі будуть значно знижені, і з часом багато її компонентів будуть безповоротно пошкоджені. Витрати на роботи з капітального ремонту чи реконструкції (відновлення будівлі до прийнятного технічного стану), як правило, значно перевищують фінансові можливості власників будівель. Житлові будинки, спроектовані та побудовані в середині минулого століття, характеризуються величезним споживанням тепла для опалення тому у випадку різкого зростання ціни на енергію, мешканці будинку зіштовхуються з неможливістю оплачувати свої рахунки за енергію. Тому важливою дією, що покращує тепловий комфорт у квартирах та одночасно зменшує кількість споживаної енергії та витрат коштів є комплексна термомодернізація будівлі. Процес термомодернізації існуючого житлового фонду -це не тільки технічна та фінансова проблема окремих (вибраних) будівель. Ця проблема вимагає комплексних рішень фінансової підтримки на державному, регіональному чи місцевих рівнях.

Прикладом реалізації програм підтримки житлового сектору є "Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року", де місто декларує покращення ефективності використання міської інфраструктури (ремонт або заміна систем водопостачання та каналізації, електрики, опалення, ліфтів), підвищення енергоефективності в житлових будинках (оснащення будинків лічильниками теплової енергії, термомодернізація будинків з використанням системи ESCO із запровадженням співфінансування проектів або довготривалих позик, впровадження системи освіти та інформування у сфері енергозбереження), вдосконалення якості послуг та вдосконалення системи саморегулювання у сфері житлового обслуговування (запровадження стандартів ЄС у сфері захисту прав споживачів, створення правового підґрунтя для впровадження системи контролю орендованого житла) та заохочення власників нерухомості до створення ОСББ.

Станом на 1 січня 2021 року житловий фонд України налічував 9 163 897 житлових будинків загальною площею 1 014,8 млн м². З них 64% знаходиться у сільській місцевості. Загальна кількість квартир склала 17,4 млн. Українські домогосподарства майже однаково розподілені між мешканцями багатоквартирного та приватного житла. У сільській місцевості домінує односімейне житло, в якому проживає 92,1% домогосподарств. У міських районах 25% мешкають в односімейних будинках, а 45,5% цих домогосподарств знаходяться у малих містах. Більшість житлового фонду складає 2-3 кімнатні квартири в яких проживає більше 70% усіх домогосподарств. Житловий фонд в Україні відносно старий. Лише 7% житлового фонду було побудовано після 1991 року, з решти 42% було побудовано до 1960 року і вимагають як капітального та і поточних ремонтів. Ці 42 % у більшості випадків складаються з багатоквартирних будинків збудованих за радянських часів, які після десятиліть безгосподарності та

занедбаності майже вичерпали свій життєздатний потенціал. Більшість житлового фонду у багатоквартирних будинках було побудовано у 1960-1980 роках. Майже 20% багатоквартирних будинків було побудовано до 1960 року, і лише близько 10% - з 1990 року, тому типова багатоквартирна будівля має вік від 40 до 60 років. Нижче представлено житловий фонд України з поділом за часом будівництва:

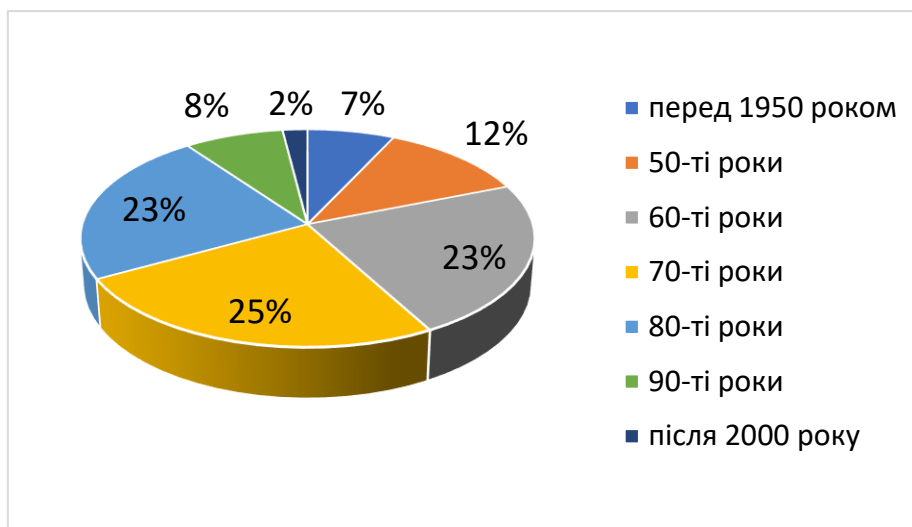


Рисунок 2.1.1 Роки будівництва житлового фонду України



Рисунок 2.1.2 Зовнішній вигляд типової цегляної "хрущовки"

Найсерйознішою проблемою, що впливає на якість квартир у багатоквартирних будинках, є відтягування з виконанням модернізації/ремонту будинку та його підсистем, неякісне їх виконання або

обидві проблеми одночасно. Будинки в Україні перебувають у поганому технічному стані та руйнуються через повільні темпи реконструкції. Існує також велика диспропорція у доступі до комунальних послуг між житловими приміщеннями у міських та сільських районах. Понад три чверті квартир у містах мають доступ до основних комунальних послуг, таких як опалення, холодне водопостачання та каналізація, тоді як лише одна третина квартир у сільській місцевості має доступ до тих самих комунальних послуг (крім опалення, до якого більше більше 50 % квартир використовують переважно місцеві неенергоефективні системи/джерела). Ось чому так важливо збільшити кількість енергоаудитів та модернізованих будівель.

2.2 Загальна оцінка стану існуючої будівлі та її оточення

Технічне зношення будівлі

Будівельні конструкції, цегляні, дерев'яні, сталеві, бетонні та залізобетонні використовуються в різних погодних умовах, а також піддаються впливу механічних, термічних та хімічних факторів. Ці конструкції з моменту їх виготовлення поступово піддаються процесу руйнування фізичними, хімічними, екологічними, технічними та експлуатаційними факторами, а також відсутністю турботи про технічний стан об'єкта. Технічний знос будівлі є функцією старіння всіх будівельних елементів, як конструкційних, так і оздоблювальних, а також обладнання та установок/систем. Довговічність будівлі або її частини визначається як здатність задовольняти вимоги мешканців протягом певного періоду часу під впливом певних факторів без погіршення його функціональних властивостей та без підвищення цін на обслуговування. Набір функцій, пов'язаних з необхідністю надання користувачеві будівлі зручного та безпечного середовища для перебування та здійснення діяльності, для якої призначена будівля, визначається

функціональними властивостями будівлі чи споруди. Технічне зношення будівлі розраховується на основі загальної вартості будівлі чи споруди і залежить від багатьох факторів. До найважливіших включають:

- вік будівлі чи споруди;
- витривалість використовуваних матеріалів;
- якість виконання будівельних робіт;
- спосіб та умови експлуатації;
- недоліки проекту;
- планові та виконані ремонти і реконструкції.
- Під час перевірки слід детально перевірити технічний стан:
 - зовнішніх шарів огорожувальних конструкцій, елементи зовнішніх стін (аттики, колони, карнизи), балюстради, лоджії та балкони;
 - елементи, що прикріплені до стін та даху будівлі;
 - елементи водовідведення та обробки з тонколистового металу (підвіконня, ринви, коліна, водоприймачі, жолоби, тощо);
 - покрівельні матеріали;
 - системи центрального опалення та гарячого водопостачання;
 - протипожежні пристрої та системи будівлі;
 - системи каналізації, що відводять стічні води з будівлі;
 - прохідні монтажні з'єднання виконані в стінах.

Власник або управляючий зобов'язаний використовувати будівлю відповідно до її цільового призначення та вимог охорони навколишнього середовища, а також підтримувати її у належному технічному та естетичному стані. Що пов'язано з виконанням періодичних перевірок технічного стану об'єкта та

супутніх систем і пристроїв. Для прийняття рішення щодо комплексної термомодернізації або капітального ремонту будівлі необхідно підготувати відповідний експертний висновок, в якому буде визначено фактичний технічний стан будівлі, причини будь-яких пошкоджень та наведено рекомендації щодо їх ремонту та безпечної експлуатації будинку.

Загальна оцінка технічного стану будівлі

Взаємозв'язок між технічним станом (St), який зазвичай подається у вигляді словесного опису від "дуже добре" до "дуже погано", та ступенем зношеності будівлі (Sz) зазвичай подається як $St = 100 - Sz$. Чим кращий технічний стан будівлі, тим менше її технічне зношення. У світовій технічній літературі є різні пропозиції щодо шкали оцінки технічного стану будівлі. Такі шкали використовуються для оцінки всього об'єкта або його окремих елементів, і вони різняться за кількістю оцінок, від триступеневих до багатоступеневих, методологією оцінки елементів та номенклатурою. У наведеній нижче таблиці представлені приклади критеріїв розподілу відповідно до шкали опрацьованої Варшавським центром технічного та організаційного прогресу будівництва (WACETOB):

Таблиця 2.2.1 Загальні критерії оцінки технічного стану

Стан об'єкту	Критерій оцінки	Ступінь технічного зносу Sz (%)
Дуже добрий	Будівельні елементи (або конструкції, оздоблення, обладнання) добре зберігаються та доглядаються і не демонструють технічного зношення. Особливості та властивості будівельних матеріалів відповідають вимогам стандарту.	0–10

Добрий	Будівельні елементи (або конструкції, оздоблення, обладнання) добре доглядаються та обслуговуються та відповідають нормативним вимогам. Проте вимагають постійного обслуговування.	11-25
Середній	Елементи будівлі підтримуються належним чином. Допустимі місцеві пошкодження та втрати. Потрібне поточне обслуговування або експлуатаційний ремонт окремих елементів об'єкта.	26-50
Незадовільний	Будівельні елементи значно пошкоджені або відсутні. Властивості будівельних матеріалів мають зменшений клас та технічний вік. Потрібний капітальний ремонт/реконструкція будинку.	51-60
Поганий	Будівельні елементи демонструють значні пошкодження та технічне зношення та можуть становити загрозу безпеці. Потрібен капітальний ремонт або знесення будинку.	61-70
Аварійний	Будівля підлягає ліквідації.	більше 70

Існує багато методів оцінки технічного зносу будівель, наприклад класичні методи Росса - часові методи, що ґрунтуються на двох основних параметрах: віку будівлі та її довговічності/витривалості; візуальних метода; методах обліку з урахуванням випадкових факторів; методів, що використовують властивості нейронних мереж, тощо.

Візуальні методи

Найпоширеніший візуальний метод - це метод середньозваженого ступеня зношення об'єкта, що ґрунтується на візуальній оцінці технічного стану елементів будівлі та їх параметризації, а потім розрахунку ступеня зношення будинку та врахування коштів відновлення стану будівлі. Цей спосіб представлено формулою:

$$S_z = \sum_{i=1}^n \frac{U_i * S_{ei}}{100\%} \quad (2.2.1)$$

де:

S_z – середньозважений ступінь технічного зношення об'єкта, виражений у відсотках

U_i – частка вартості будівництва даного елемента в структурі вартості цілого об'єкта визначена у відсотках, (вартість будови елемента прийнята з галузевих каталогів для подібних об'єктів)

S_{ei} – ступінь технічного зношення елемента визначається у відсотках на основі візуального огляду,

n – кількість оцінюваних елементів на об'єкті.

Оцінка технічного стану об'єкта може бути виконана візуально або шляхом дослідження в залежності від рівня зношеності всього об'єкта. Випробування можуть включати, наприклад, простукування штукатурки, щоб оцінити її прилягання до стіни; місцеве незначне видалення штукатурки для оцінки рівня вологості конструкції або для пошуку причини збільшеної вологості чи для перевірки глибини промокання конструкції.

Часові методи

Ці методи базуються на припущенні, що кожен процес технічного зношення, незалежно від його причин, відбувається за певний період часу. Найчастіше використовуються методи Росса, Ромстерфена або Росса та Ейтелевейна. Відповідно до яких технічне зношення об'єктів залежить від якості догляду за будинком та виконання експлуатаційних ремонтів. У формулах цих методів використовують два параметри t і T . Хоча кількість років експлуатації (t) можна визначити точно, очікуваний термін експлуатації (T) цієї будівлі буде невідомий, оскільки він залежить від експлуатації та догляду за будинком;

якості матеріалів; впливу навколишнього середовища; прогресу корозії; фізичного, хімічного та біологічного руйнування; помилок при проектуванні та будівництві; вібрації ґрунту тощо. Таким чином, параметр (Т) встановлюється емпірично для певного класу будівель. У таблиці нижче наведені приклади довговічності будівель, але кожного разу оцінка довговічності будівельного об'єкта - це відповідальність та компетентність експерта, який проводить огляд.

Таблиця 2.2.2 Категорії розрахункового терміну експлуатації будівель

Категорія об'єкта	Проектний термін служби	Приклади
Тимчасовий	До 10 років	Непостійні будівельні конструкції, торгові офіси, тимчасові виставкові будівлі
З коротким терміном служби	10 – 24 років	Тимчасові навчальні кімнати/приміщення
З середнім терміном служби	25 – 49 років	Більшість промислових будівель; парковки
З довгим терміном служби	50 – 99 років	Більшість житлових, комерційних, службових та офісних будівель; оздоровчі центри, школи; підземні паркінги під будівлями
Постійні	мін. 100 років	Монументальні будівлі: національні музеї, картинні галереї, архіви

Метод Росса

Технічне зношення невідповідно (погано) експлуатованих об'єктів без належного обслуговування розраховується за лінійним методом, де знос прямо пропорційний віку, що виражається за формулою:

$$S_z = \frac{t}{T} * 100\% \quad (2.2.2)$$

де:

S_z – технічне зношення об'єкта, визначене у відсотках,

t – вік об'єкта в роках,

T – очікуваний термін служби об'єкта в роках.

Для об'єктів експлуатація яких відбувалась належним чином з відповідною і своєчасною кількістю ремонтів, використовується нелінійний метод:

$$S_z = \frac{t * (t + T)}{2 * T^2} * 100\% \quad (2.2.3)$$

де використано позначення, як в попередні формулі.

Метод Ромстерфена

Для об'єктів експлуатація яких відбувалась належним чином з кількістю ремонтів та технічним обслуговуванням, що перевищує середнє значення:

$$S_z = \frac{t * (2t + T)}{3 * T^2} * 100\% \quad (2.2.4)$$

де використано позначення, як в попередні формулі.

Метод Росса і Ейтелевейна

Для об'єктів експлуатація яких відбувалась дбалим чином з кількістю ремонтів та технічним обслуговуванням, що значно перевищує середнє значення:

$$S_z = \frac{t^2}{T^2} * 100\% \quad (2.2.5)$$

де використано позначення, як в попередні формулі.

Оцінка закритих елементів

Оцінка технічного зношення закритих елементів є найскладнішим з посеред інших, оскільки під час оцінки не представляється можливим отримати доступ до закритих елементів. Приклади елементів та можливість їх оцінки їх стану наведені нижче:

Земляні роботи

Технічне зношення самого ґрунту дорівнює 0%, проте під час обстежень слід звернути увагу чи на об'єкті є якісь явища, що вказують на необхідність зміцнення ґрунту - наприклад, чи поблизу з об'єктом виконувались земляні роботи (траншеї, котловани, будова мереж, тощо), що може вплинути на стабільність ґрунту під оцінюваним об'єктом. Корисним також може бути виконання огляду огорожувальних конструкцій (стін, фундаментів, і т.д.) на предмет появи тріщин чи інших пошкоджень з існуючих (не закритих) поглиблень. Також слід враховувати можливість просідання ґрунту через його перезволоження – наприклад за відсутності належного лінійного дренажу.

Фундаменти

У більшості випадків старіші будівлі були збудовані на цегляних або кам'яних фундаментах, тоді як новіші - із залізобетону. Використовуючи таблиці міцності елементів, відповідно до методу Росса, можливо визначити ступінь їх технічного зношення. Необхідно звертати увагу на можливі помилки під час проектування та виконання, а також зміни, котрі виникли під час експлуатації, не тільки в самій будівлі, а й в її околицях. Наприклад, будова прилеглої будівлі з використанням глибокого котловану або будівництва нової трамвайної колії. У такому випадку необхідно також звернути увагу на тріщини та пошкодження фундаментних стін, які, на жаль, свідчать про наявність тріщин та пошкоджень у фундаменті будинку.

Ізоляції

Ізоляції будинку - це одні з найважливіших елементів будівлі. Нажаль, підрядники часто економлять на ізоляційних матеріалах або виконують ізоляцію будинків/елементів невідповідно до технології. Одним із симптомів поганої гідроізоляції в підвалі є візуально помітне зволоження будівельних конструкцій (вогкість), також можливим є зростання цвілі та грибків, які видно на стінах, стелі та підлозі приміщень. Подібні явища стосуються і верхніх поверхів, особливо терас, які є дуже чутливим елементом конструкції. На нещільність покрівельних матеріалів вказують вологі плями та зміна кольору матеріалів, що видно на стелі найвищого поверху. Правильність виконання теплоізоляції будинку можна приблизно визначити, порівнявши температуру на її поверхні та всередині будівлі або за допомогою тепловізійного обстеження. Також важливим елементом є звукоізоляція - низька якість звукоізоляції знижує комфорт використання об'єкта, а мешканці наражені на відголоси, що походять від сусідів чи сходових клітин.

Системи

В системах будинку, використовуючи візуальну оцінку, необхідно звернути увагу на:

- водопровідну та каналізаційну системи - їх прохідність, герметичність, якість виконання;
- електромережі - якість виконання, ефективність;
- систему газопостачання - якість виконання, ефективність;
- систему центрального опалення - технічний стан, ефективність;
- інше (наприклад, система гарячого водопостачання, вентиляції, блискавкозахисту, телекомунікації) – присутність системи та її ефективність;

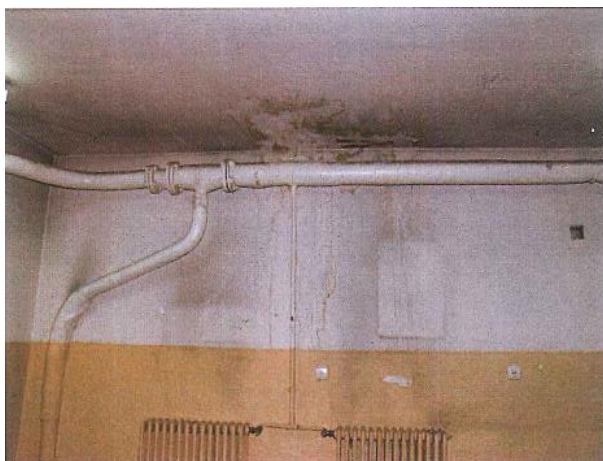


Рисунок 2.2.1 Застаріла, неправильно виконана система центрального опалення

Оцінка відкритих елементів

Оцінка відкритих елементів виконується легше, але для правильного сприйняття та інтерпретації явищ, що відбуваються, інженерні знання надалі все ще потрібні.

Стіни

Необхідно перевірити, чи присутні:

- пошкодження та тріщини - з урахуванням їх форми та розташування. У стінках виконаних з панелей вони зазвичай з'являються на місцях стику збірних елементів. У стінах, конструкція яких являє собою каркас зі сталі або дерев'яних елементів, які зазвичай заповнені цеглою – пошкодження зазвичай виникають у місцях стику каркасу з наповнювачем. В обох цих випадках пошкодження є прямолінійними і зазвичай мають лише візуальне значення. В монолітних стінах вплив на їх пошкодження або тріщини може мати осідання ґрунту, статичне або динамічне перевантаження;
- корозія, що виникає внаслідок дії води, хімічних речовин та масел;
- біологічна корозія у вигляді грибка та цвілі. При конструкціях виконаних з дерева, також варто перевірити стіни на пошкодження від гризунів та

комах (наприклад, простукуючи елемент, порожній звук говорить про наявність пошкодження);

- локальні пошкодження та втрати - сколи, механічні пошкодження;
- деформація - втрата вертикальності.

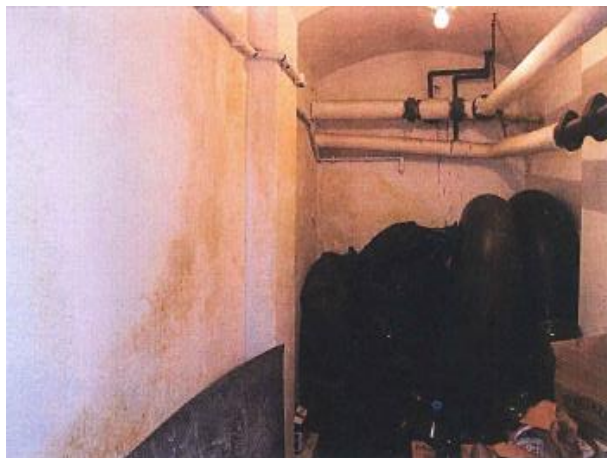


Рисунок 2.2.2 Вид на вологі стіни та грибок, що з'являється на них

Перекриття

Необхідно звернути увагу на:

- пошкодження та тріщини - включаючи їх розташування та форму. Вплив статистичних перевантажень часто є локальним, тоді як динамічний ефект часто проявляється в пошкодженнях у місці контакту елементів конструкції підлоги, особливо виконаних з різних матеріалів (наприклад, сталевий брус перекриття, з'єднаний з бетонною плиткою). Пошкодження також можуть бути наслідком відносно низької жорсткості стель або деяких стельових елементів (наприклад, розтріскування міжбалочних склепінь у секційних перекриттях).
- корозія внаслідок дії води, хімічних речовин та масел;
- біологічна корозія у вигляді грибка, цвілі, у дерев'яних конструкціях; також варто перевірити елементи на пошкодження від гризунів та

комах (наприклад, простукуючи елемент, порожній звук говорить про наявність пошкодження);

- локальні пошкодження та втрати - сколи, механічні пошкодження;
- надмірні, постійні деформації – прогини;



Рисунок 2.2.3 Надмірне зволоження (замочування) перекриття, вид знизу



Рисунок 2.2.4 Надмірне зволоження (замочування) перекриття, вид зверху. Візуально помітне пошкодження дерев'яних елементів даху

Дахи/Пласкі покрівлі

Дахи та пласкі покрівлі є дуже схожими на елементи типу перекриття, тому варто звернути увагу на:

- пошкодження та тріщини - найчастіше це незначні пошкодження внаслідок низької жорсткості покрівлі;

- корозія внаслідок дії води;
- біологічна корозія у вигляді грибка, цвілі, у дерев'яних конструкціях також варто перевірити елементи на пошкодження від гризунів та комах;
- надмірні, постійні деформації – прогини;
- порушення, пов'язані з відведенням дощових вод.

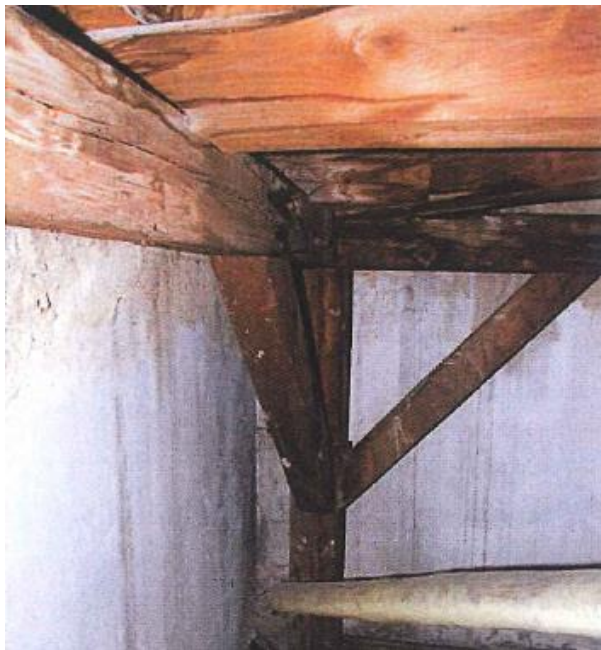


Рисунок 2.2.5 Підтікання що виникають через нещільність даху

Балкони/тераси

Це елементи, які сильно піддаються впливу погодних умов, тому слід звернути увагу на:

- корозію внаслідок дії води;
- біологічну корозію у вигляді грибка, цвілі;
- надмірну, постійну деформацію – прогини;
- відсутність або втрати деяких елементів;
- порушення пов'язані з відведенням дощових вод.



Рисунок 2.2.6 Неправильне відведення дощової води на терасі спричинило біологічну корозію

Оздоблювальні елементи

У випадку перевірки штукатурних слоїв, підлог, фарбувальних робіт, столярних виробів, обшивки і фасадів необхідно звертати увагу на їх однорідність, наявності дефектів, тріщин, рівності поверхні та якості виготовлення. При обстеженні елементів системи водовідведення (ринв та водостічних труб) слід звернути увагу на правильність виконання системи, присутність місць з надмірним зволоженням, помилки у кріпленні елементів до фасаду, особливо на місцях з'єднань.

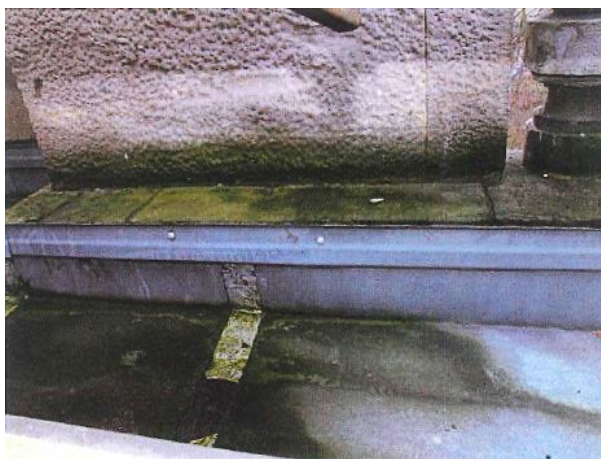


Рисунок 2.2.7 Корозія металевих елементів на даху будинку

Покриття даху

Необхідно перевірити якість виготовлення та герметичність покриття, у разі використання руберойду – необхідно звернути увагу на його стан (обсипання, розтріскування, відклеювання, тощо) та наявність деформацій (бульбашки, нерівності, нагромадження води). Пошкодження металевих покриттів зазвичай обмежується появою корозії, котра може вимагати часткової або повної заміни покриття. У разі використання металевих покриттів (наприклад металочерепиця) необхідно звертати увагу на присутність порожнин та на зміну первинного положення елементів, що часто призводить до відсутності герметичності покриття. У випадку використання профлістів (металочерепиці) також часто зустрічаються проблеми з пошкодженнями та тріщинами на хребтах. Покриття з соломи, очерету або глиняної черепиці, які зараз використовуються дуже рідко, можуть бути повністю пошкоджені зовнішніми (погодними) чинниками. Про погану якість покрівлі можуть свідчити плями, надмірне зволоження або затікання, що видно на стелях або стінах останнього поверху.



Рисунок 2.2.8 Деформація конструкції покриття даху та пошкодження окремих елементів покриття

2.3 Енергетична свідомість – термомодернізація: необхідне зло чи добро ?

Енергетичну свідомість можна визначити як загальну орієнтацію у питаннях загальноприйнятої енергетики, але її не слід плутати з ґрунтовними знаннями з питань енергетики, які вимагають спеціальної освіти та володіння науковими галузями. Свідомість - це загальне сприйняття стану енергетики в країні, усвідомлення досягнень та недоліків, знання ефективних методів економії енергії, обмеження її споживання, зауваження переваг, пов'язаних із енергозбереженням та можливим зниженням рахунків за енергію. У домогосподарствах та на робочих місцях все частіше використовуються найпопулярніші методи економії енергії, такі як вимкнення світла та обладнання, яке зараз не потрібне. Набагато більшою проблемою є відповідальне використання опалення, усвідомлення принципів оптимального використання електроприладів або модернізації будівель.

Житлові та громадські будинки, збудовані кілька десятиків років тому, своїми технічними та функціональними особливостями не відповідають сучасним вимогам. Станом на сьогодні у нас є нові технічні рішення, за допомогою яких можна змінити існуючий стан будівель шляхом виконання відповідних модернізацій. Особливо важливо та необхідно виконувати такі зміни та удосконалення, що дозволять належне використання енергії в будівлях разом зі значним скороченням їх споживання. Модернізовані будівлі не тільки краще відповідають сучасним вимогам, але й забезпечують кращі умови для здоров'я та добробуту мешканців, надаючи при цьому економічні, екологічні та соціальні вигоди. У житлових будинках домінуюча частина енергії використовується на потреби опалення та вентиляції приміщень (рис. 2.3.1). Тому у випадку модернізаційних заходів основне значення, щодо зменшення споживання енергії в будівлях має термомодернізація будівлі.



Рисунок 2.3.1 Усереднена структура споживання енергії в житлових будинках

Термомодернізація – це комплекс енергоефективних заходів, спрямованих на зменшення енергопотребити та енергоспоживання енергії у будівлі. Цей термін охоплює всі види робіт, які дозволяють заощадити на рахунках за опалення та зменшити кількість палива, що споживається локальним джерелом тепла. Термомодернізація вважається заходами, що спрямовані на:

- покращення, що призведуть до зменшення енергопотребити та енергоспоживання, що використовується на потреби опалення та гарячого водопостачання;
- покращення, що призведуть до зменшення втрат первинної енергії в локальних теплових мережах та місцевих джерелах теплової енергії, що постачають тепло до них, якщо будівлі, до яких подається енергія з цих мереж, відповідають вимогам енергозбереження або до них були вжиті заходи щодо зменшення енергоспоживання;
- виконання підключення до централізованого джерела тепла (теплової мережі), у зв'язку з ліквідацією місцевого джерела тепла, внаслідок чого зменшуються витрати коштів на опалення будівлі;

- повна або часткова заміна існуючих джерел енергії на відновлювані джерела або використання високоефективних когенераційних установок.

Залежно від складності та комплексності вибраних до реалізації заходів з енергозбереження можна виділити декілька ступенів термомодернізації. Незалежно від того, якого ступеня термомодернізації ми хочемо досягти, варто брати до уваги принцип Trias Energetica, розроблений Делфтським технологічним університетом. Згідно з принципом Trias Energetica, першим кроком завжди має бути зменшення втрат енергії в будинку при одночасному збереженні комфорту його використання. Лише після того як будівля досягне мінімальної енергопотреби, для її покриття слід використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячні колектори або сонячні електростанції. Такий підхід гарантує, що зменшення негативного впливу будівель на навколишнє середовище буде постійним. Якщо ми не зменшуємо втрати енергії, а лише впроваджуємо відновлювальне джерело енергії, наприклад у вигляді біомаси, ефект може бути непостійним, меншим та економічно не вигідним.

Зменшення енергопотреби будинку дозволяє використання установки та джерела енергії меншої потужності, які будуть працювати ефективно впродовж усього періоду їх використання, водночас з меншими інвестиційними витратами.



Рисунок 2.3.2 Принцип Trias Energetica

З точки зору управляючого будинку, процес термомодернізації найчастіше полягатиме у впровадженні заходів, які сприяють зменшенню енергопотребы на опалення приміщень та гаряче водопостачання до побутових потреб. Схематичний шлях до комплексної термомодернізації будинків, розділений на три групи заходів. Група I – це заходи, спрямовані на підвищення теплоізоляційних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій. Група II - складається з заходів, що полягають на модернізації систем вентиляції, центрального опалення та гарячого водопостачання. Остання група, група III – це заходи, що впроваджують використання відновлюваних джерел енергії та заміну існуючих джерел тепла.

Термомодернізація житлових будинків - це складний проект, що складається з менших підпроектів, які, на жаль, неможливо виконати в будь-якому порядку, враховуючи наприклад лише інвестиційні витрати. Перш за все, слід виконувати заходи з енергоефективності з першої групи (покращення теплоізоляційних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій). Потім необхідно виконувати заходи з другої групи, пов'язані з модернізацією

систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, включаючи заміну джерела тепла (групи II та III). Але також у цих двох основних групах послідовність дій також є дуже важливою, особливо якщо враховувати інші критерії, окрім інвестиційних витрат. Найважливішими з них є:

- можливість фінансування подальших термомодернізаційних заходів за рахунок економії коштів на закупівлю енергії, отриманої в результаті попередньо впроваджених заходів,
- відсутність блокування виконання наступних заходів, роботами з попередніх,
- поліпшення внутрішнього комфорту в будівлі.

У більшості випадків термомодернізація будинку не виконуються за одним разом. Найчастіше термомодернізація будинків виконують поетапно. Для досягнення високого енергетичного стандарту всі заходи з енергоефективності повинні виконуватись у правильній послідовності. Термомодернізацію з самого початку слід розглядати як довготривалий процес. Поетапна термомодернізація може призвести до "блокування" наступних заходів, роботами з попередніх (не закінчених) заходів або до зниження ефективності всього процесу. Наприклад, якщо першим кроком є утеплення покрівлі, не забудьте належним чином продовжити кобилки (продовження кровляної ноги), так щоб вона могла перекрити зовнішню стіну потовщену шаром утеплювача (плюс 15-20 см утеплювача) та уберегти стіну від замокання та надмірного зволоження.

Виконання комплексної термомодернізації будинку має багато переваг, які можна поділити на глобальні та індивідуальні.

До глобальних переваг термомодернізації входять:

- економія енергії, що є прямим та найбільш ефективним способом сповільнення глобального потепління;
- економічна користь, зумовлена економією коштів за спожиту енергію, а також розвитком економічної активності та збільшенням кількості нових робочих місць у галузях, пов'язаних з термомодернізацією, що прискорює темпи економічного зростання та є результатом збільшення попиту на робочу силу, матеріали та додаткові послуги, необхідні під час реалізації будівельних проектів;
- екологічна користь, внаслідок зменшення місцевих викидів (CO₂, NO_x, пил) до навколишнього середовища, що призводять до зміни клімату;
- соціальна користь, в основному внаслідок зменшення енергетичної бідності. Комплексна термомодернізація може призвести до скорочення витрат на опалення, а отже, сприятиме не лише підвищенню якості життя, а й збільшенню так званого вільного бюджету домогосподарств до розподілу. Результатом цієї діяльності буде обмеження явища соціальної ізоляції людей з низькими доходами.

До індивідуальних переваг термомодернізації будинків входить:

- зменшення витрат на опалення та гаряче водопостачання;
- внесення змін, пов'язаних з теплоізоляцією будівлі, значно зменшить ризик замokання (надмірного зволоження) зовнішніх огорожувальних конструкцій або появу цвілі та грибків;
- підвищить комфорт проживання в будинку;
- зменшення кількості часу та праці, пов'язаних з необхідністю експлуатації та обслуговування старих джерел тепла та систем опалення (наприклад, замість використання старого котла на вугіллі будівля буде підключена до міської теплової мережі);

- підвищення вартості майна. Виконання нового фасаду, заміна вікон та дверей та інші заходи з енергоефективності позитивно впливають на оцінку майна. Модернізовані будівлі є більш привабливими для покупців через менші експлуатаційні витрати, кращу естетику та тепловий комфорт проживання у будинку;
- поліпшення технічного стану будівлі. Під час реалізації термомодернізаційних заходів зазвичай виконуються додаткові заходи/модернізації, які не мають прямого впливу на енергоефективність, але сприяють підвищенню міцності та безпеки конструкції. Наприклад це може бути заміна матеріалу покрівлі, гідроізоляція або ремонт балконів.

Звичайно, термомодернізація також має свої недоліки, але вони незначні порівняно з перевагами:

- як і інші ремонтні роботи, окремі елементи процесу займають багато часу;
- управляючий будинком не завжди має уявлення про те, як має виглядати термомодернізація та які зміни слід внести, щоб вона стала дійсно енергоефективною, тому необхідно користатися допомогою енергоаудиторів;
- найбільшим недоліком термомодернізації є висока вартість її впровадження. Особливо, якщо вона має бути комплексною, а виконані інвестиції окупляться роками - завдяки меншим витратам на опалення будівлі.

2.4 Чи використання тепловізійних обстежень є обов'язковим?

Тепловізійне обстеження це метод візуалізації та реєстрації розкладу температурних полів поверхні досліджуваних об'єктів завдяки відбитому інфрачервоному випромінюванні. Тепловізійне обстеження це пасивне, безконтактне вимірювання температури на поверхні об'єкта, що виконується за допомогою спеціального пристрою - тепловізійної камери. Отримане зображення, яке є відображенням температурного поля, називається термограмою, можна отримати у кількох колірних палітрах та відтінках сірого. Термограми та їхню додаткову обробку можна виконати використовуючи спеціальне програмне забезпечення. Тепловізійні обстеження можуть бути використані у промисловості, будівельній та електронних галузях і навіть в біомедичній діагностиці, тобто скрізь, де досліджуваний об'єкт генерує або передає теплову енергію. Використання тепловізійних обстежень значно прискорює, полегшує та підвищує безпеку управління об'єктами.



Рисунок 2.4.1 Тепловізійна камера FLIR TG165-X

Перед виконанням тепловізійного обстеження слід врахувати наступні фактори: специфікацію та можливості тепловізійної камери, теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівлі та матеріали з яких вони виконані, кліматичні умови, наявність доступу до досліджуваних

об'єктів. Процедура виконання тепловізійного обстеження включає: визначення розподілу температури на поверхні огорожувальної конструкції будівлі та визначення того, чи розподіл температури відрізняється від норми. Для того, щоб визначити чи зміни теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій є неправильними, отримані термограми порівнюють із прогнозованим розподілом температури на поверхні, що визначається проектними характеристиками огорожувальних конструкцій та навколишнім середовищем під час дослідження. Після виконання тепловізійного обстеження необхідно скласти звіт, що міститиме:

- предмет, ціль та опис об'єкта, його місцезнаходження, стан будинку та причину виконання обстеження, напр. оцінка правильності виконання ізоляції вікон;
- умови та обсяг проведеного обстеження, включаючи: дату та час випробувань, температуру, зовнішній тиск та відносну вологість, погодні умови, параметри у приміщеннях, тобто температуру, відносну вологість повітря, ступінь вологості та значення температури точки роси, що відповідає умовам), параметри камери;
- отримані результати (аналіз отриманих термограм, виявлення та опис екстремальних температур та віднесення їх до регламентних умов);
- термограми.

Тепловізійні обстеження багатоквартирних будинків зазвичай обмежуються візуальним оглядом фасаду ззовні, однак для більш точного виявлення джерел втрат тепла корисно проводити випробування також всередині приміщень.

Виконання тепловізійних обстежень зазвичай не є обов'язковим під час виконання енергетичного аудиту. Проте тепловізійне обстеження значно

допомагає при виявленні помилок та дефектів зроблених під час будівництва чи утеплення. Наприклад, спосіб укладання теплоізоляційних плит та якість використаних ізоляційних матеріалів; ретельність фіксації елементів фасаду/даху; герметичність з'єднань окремих будівельних елементів, як це передбачено проектом робіт; ізоляцію віконних та дверних прорізів, герметичність зовнішнього контуру утеплення; розміщення столярних виробів у прорізах; визначення місць де проходять стояки ГВП та опалення під штукатуркою; визначення причин замокання або надмірного зволоження, появи цвілі та грибків. Також тепловізійне обстеження є прекрасним доповненням сертифікату енергетичної ефективності, який необхідно виконувати після впровадження кожного заходу з енергоефективності, спрямованих на утеплення будівлі. Виконання тепловізійного обстеження також є доцільним у випадку проведення інспекції під час завершення основних проектних робіт з утеплення будинку, для яких тепловізійна камера є найбільш відповідним інструментом .

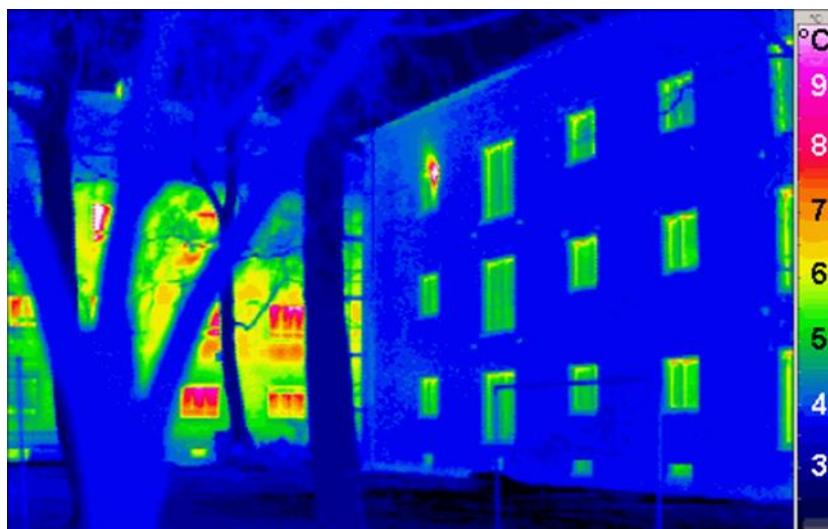


Рисунок 2.4.2 Термограма багатоквартирного будинку, кольори на фото відповідають шкалі температур справа, чим вище температура, тим більші втрати тепла через нещільність

Якість виконання тепловізійного обстеження на пряму залежить від досвіду, знань та умінь експерта, що виконує обстеження. У більшості випадків,

технічні параметри тепловізійних камер, що використовуються до обстежень в будівництві, не мають такого значного впливу на якість виконання обстеження, як уміння та знання термографіста. Досвід проведення обстежень, теоретичні знання та використання професійного програмного забезпечення дозволяє виконати якісне обстеження навіть приладами з початкових лінійок виробників даного обладнання. Додатковим важливим елементом є не тільки виконання обстеження відповідно до всіх вимог (відповідні природні параметри, правильно добраний коеф. відбиття, фокус на об'єктах і потрібних елементах, тощо), а й виконання фінальної обробки отриманих термограм з використанням ПЗ. Використання сучасного програмного забезпечення дозволяє звертати увагу замовників та зображати на термограмах велику кількість різномірних елементів/параметрів, котрі наприклад необхідно виправити або вони можливо є першопричиною деяких пошкоджень, тощо.

Перевагами виконання тепловізійного обстеження є можливість виконання ретельного аналізу складних з технічної точки зору або складних у виконанні елементів на об'єкті. Виконання великої кількості термограм дозволяє повернутись до детального аналізу в будь який час, а виконання обстежень в проміжних етапах дозволяє значно здешевити кошти виправлення помилок виконання чи проектної документації. Однією з найбільших переваг є можливість виконання за відносно короткий період часу обстеження великої кількості поверхонь/елементів, а також є одним з найбільш доступних варіантів дослідження незалежно від геометричних розмірів та призначення будинку. Додатково використання тепловізійних обстежень дозволяє виконати швидко та загальну оцінку якості виконаних заходів з енергоефективності у випадку коли роботи знаходяться вже на фінальному

етапі. Наприклад оцінка якості монтажу плит утеплення після того як вже нанесено фінішні шари системи утеплення.

До недоліків тепловізійного обстеження можна віднести значний вплив погодних умов та пори року на можливість виконання обстеження (відсутність опадів, прямого сонячного випромінення, необхідність отримання значної різниці температури внутрішнього і зовнішнього повітря, тощо). У випадку виконання обстежень за несприятливих умов для тепловізійних обстежень (протягом дня, з незначними опадами, меншою ніж рекомендовано різницею температур, тощо) значний вплив на якість виконання обстежень буде мати досвід термографіста та спосіб інтерпретації інформації отриманої з термограм.

Необхідно також зазначити, що тепловізійні обстеження є добрим способом для отримання графічного та добре зрозумілого зображення існуючого стану на об'єкті для замовника/інвестора, проте не завжди вимагаються експертами з енергоефективності. Складним елементом подібних досліджень є також етичність та підхід експерта до виконання інтерпретації результатів обстежень, коли зміна деяких параметрів в програмному забезпеченні дозволяє отримати протилежні результати на одному й тому самому елементі. У такому випадку підхід експерта буде мати вирішальне значення для оптимальної інтерпретації, аналізу та пояснення отриманих термограм.

2.5 Рішення про проведення термомодернізації

Рішення про необхідність виконання термомодернізації будинку необхідно приймати тоді, коли кошти опалення будинку протягом опалювального сезону є занадто високими, а система опалення не забезпечує оптимального теплового комфорту в будинку незважаючи на високі витрати. Додатково

подібне рішення може бути прийняте якщо зовнішні огорожувальні конструкції будинку (наприклад, дах, стіни та підлога) не відповідають основним вимогам до коефіцієнта теплопередачі U ($\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$); у будівлі встановлено старі, негерметичні вікна та зовнішні двері; в системі опалення використовується неефективне, зношене, неекологічне джерело енергії; повітрообмін у будівлі відбувається безконтрольно шляхом неефективної гравітаційної вентиляції (разом із відпрацьованим повітрям також втрачається велика кількість тепла). Прийняття рішення про проведення термомодернізації у одному з будинків часто стає імпульсом для стимулювання такого типу дій серед власників та управляючих інших будівель розташованих в цій місцевості/районі, особливо у випадку місцевих громад.

Перед прийняттям рішення про термомодернізацію необхідно виконати енергетичний аудит будинку. В рамках аудиту виконується перегляд та оцінка поточного споживання енергії в будівлі, на основі якої готуються пропозиції щодо змін та покращень, які необхідно впровадити у конструкцію будинку чи його підсистеми для зменшення існуючого енергоспоживання та витрати коштів. Також необхідно визначити які з термомодернізаційних заходів можуть принести найбільшу економію енергії і коштів та водночас є оптимальними рішеннями. Аудит не є документом на підставі якого проводяться роботи з термомодернізації, це лише вхідна інформація для виконання проекту та проектної документації. Енергетичний аудит має передбачити декілька варіантів впровадження термомодернізаційних заходів, що відрізняються за обсягом та вартістю їх впровадження, із зазначенням оптимального варіанту. Аудит виконує підготовлений фахівець, якого називають енергетичним аудитором або енергоаудитором. На основі окремо розрахованих варіантів термомодернізаційних заходів (наприклад

декілька варіантів виконання утеплення стін різними матеріалами та їх товщинами) та варіантів проекту термомодернізації (що складаються з декількох груп різних заходів) запропонованих в енергетичному аудиті будинку, інвестор може прийняти раціональне рішення про вибір варіанту проекту з термомодернізації, а також визначити його остаточний обсяг. Для визначення можливості фінансування проекту за власний рахунок або з використанням залучених коштів (позик/кредитів чи дофінансування). Під час вибору варіанту проекту з термомодернізації необхідно прагнути до вибору варіанту з глибокою/комплексною термомодернізацією, тобто впровадження всіх можливих енергоефективних заходів. Однак, беручи до уваги фінансові можливості інвестора, вибір варіанту проекту з термомодернізації може бути обмежений вибором тільки мінімально необхідних заходів, що мають найбільший економічний ефект. Прийняття рішення про термомодернізацію будинку водночас означає і її початок. У зв'язку з чим необхідно створити команду спеціалістів, яка буде організовувати та контролювати виконання інвестицій. Для правильного та якісного виконання термомодернізації будинку, необхідно виконати проект та проектну документацію (з посиланням на відповідні державні стандарти та норми) в якій чітко буде визначено способи виконання всіх термомодернізаційних заходів, визначено типи та характеристики матеріалів, виробів та пристроїв, які будуть використовуватися, тощо. Підставою до виконання проектної документації є енергетичний аудит, який є основним підґрунтям (технічним завданням) для розробки проекту з термомодернізації, а також рішення інвестора про вибір оптимального варіанту з представленою в енергетичному аудиті переліку варіантів.

В рамках підготовки до комплексної/глибокої термомодернізації слід розробити проект, що складається з наступних частин (або окремих проектів):

- утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій; заміна зовнішніх вікон, дверей, світлопрозорих конструкцій, тощо;
- модернізація системи опалення та гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціонування чи охолодження, з можливим використанням відновлюваної енергії та високоефективної когенерації;
- модернізація системи освітлення;
- встановлення системи моніторингу та управління енергією в будинках.

Окрім розробки проектів виконання окремих видів робіт, необхідно розробити комплексний перелік робіт та кошториси, а також створити план їх виконання, який враховуватиме черговість виконання окремих видів робіт. Виконання проекту або окремих видів робіт слід довірити фахівцям, які мають необхідну кваліфікацію. Проект з термомодернізації та перелік робіт і кошториси мають бути схвалені інвестором, як основа для їх реалізації.

Підводячи підсумок, приймаючи рішення про термомодернізацію будинку слід дотримуватись таких принципів:

- основною метою термомодернізації є зменшення експлуатаційних витрат, тому рішення про її виконання та обсяг має опиратись на попередньо виконаному аналізі економічної ефективності (енергетичному аудиту);
- необхідно виконати аналіз вартості окремих видів робіт та загального розміру інвестиції;
- утеплення або заміну зовнішніх огорожувальних конструкції будинку необхідно виконувати одночасно з модернізацією системи опалення та заміною джерела тепла. Тільки у такому випадку можливо досягти повного економічного ефекту;

- термомодернізацію будинку найкраще проводити одночасно, наприклад, з ремонтом фасаду чи покрівлі. У такому випадку є можливість значно скоротити загальні витрати на проект;
- у більшості випадків вигідніше виконувати краще утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій (більший приведений опір R), ніж того вимагають чинні нормативні акти. Оптимальну товщину шару теплоізоляції слід визначати на основі енергетичного аудиту будинку.

3

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

3. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

3.1 Варіанти термомодернізації багатоквартирних житлових будинків

Термомодернізацію найчастіше розуміють як процес в результаті якого наступає значне зменшення енергоспоживання в будівлі. Таким чином, до енергоефективних заходів з термомодернізації входять проекти, предметом яких є:

- заходи, внаслідок реалізації яких відбудеться зменшення енергопотреби на опалення та гаряче водопостачання в приватних житлових будинках, багатоквартирних житлових будинках, будинках групового/колективного проживання та в будинках, що належать підрозділам місцевого самоврядування,
- заходи, внаслідок реалізації яких відбудеться зменшення втрат первинної енергії в локальній тепловій мережі та місцевих джерелах тепла, що постачають енергію до цієї теплової мережі якщо будинок, підключений до теплової мережі, відповідає мінімальним вимогам енергозбереження, зазначених у положенні закону про будівництво, або у стосунку до цього будинку вже були виконані термомодернізаційні заходи,
- виконання технічного підключення до централізованого джерела тепла (теплової мережі), у зв'язку з ліквідацією локального джерела тепла (наприклад твердопаливного котла), в результаті чого зменшуються витрати на опалення та гаряче водопостачання,
- повна або часткова заміна джерел енергії, що використовують викопне паливо на відновлювані джерела або використання вискоелективної когенерації.

Ступені термомодернізації в залежності від її складності та отриманих результатів представлено в Таблиці 3.1.1.

Таблиця 3.1.1 Ступені модернізації будівель

Ступінь термомодернізації будівлі	Заходи, спрямовані на досягнення бажаного ступеня модернізації
Легка	модернізація або заміна системи опалення, включаючи заміну або модернізацію джерела тепла;
Середня	модернізація або заміна системи опалення, включаючи заміну або модернізацію джерела тепла, заміна зовнішніх вікон (світлопрозорих конструкцій) та дверей, утеплення зовнішніх стін, утеплення даху.
Комплексна	модернізація або заміна системи опалення, включаючи заміну або модернізацію джерела тепла, використання відновлюваних джерел енергії, модернізація або заміна системи гарячого водопостачання, заміна зовнішніх вікон (світлопрозорих конструкцій) та дверей, утеплення всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій (фасадів, плоского даху, стелі/підлоги), ліквідація теплових містків (наприклад, в результаті ремонту балконів), модернізація системи вентиляції, охолодження, кондиціонування.

Термомодернізаційні заходи можна розділити на три основні групи як показано на Рисунку 3.1.1.

Перша група заходів спрямована на підвищення теплоізоляційних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій та визначає заходи,

внаслідок виконання яких відбудеться значне зменшення втрат тепла через зовнішню оболонку будівлі. До переліку заходів у цій групі входить:

- утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій (підлоги на ґрунті, перекриття, дахи, стіни),
- заміна або герметизація зовнішніх вікон та дверей (світлопрозорих конструкцій).

Однак переконання, що термомодернізація стосується лише вищезазначених заходів, є хибним. Обсяг заходів включає також другу групу, пов'язану з модернізацією систем вентиляції, центрального опалення та гарячого водопостачання, яка сприяє зменшенню втрат та підвищує ефективність роботи систем. До переліку заходів входять:

- заміна або модернізація радіаторів опалення,
- заміна або модернізація системи опалення, що полягає на зміні типу системи (встановлення підлогового або повітряного опалення тощо),
- встановлення термостатів,
- встановлення сучасних погодозалежних регуляторів,
- термоізоляція труб системи опалення та гарячого водопостачання,
- заміна або модернізація системи гарячого водопостачання,
- заміна або модернізація систем вентиляції, охолодження, кондиціонування (наприклад, використання механічної вентиляції з рекуперацією тепла).

Остання, третя група - це заходи, що впроваджують використання відновлюваних джерел енергії та заміну існуючих джерел тепла, до яких можуть входити:

- заміна джерела тепла (заміна котла на новий з кращою ефективністю або заміна локального джерела тепла на підключення до теплової мережі),
- заміна енергоносія (заміна котла на інший, який виробляє енергію, спалюючи інший вид палива; за винятком котлів, що пристосовані до використання кількох видів палива), використання відновлюваних джерел енергії для опалення (наприклад, теплові насоси, біопаливо, сонячні колектори, тощо),
- використання високоефективної когенерації (одночасного виробництва електроенергії та тепла – стосується великих житлових комплексів),
- використання автоматики для управління джерелом тепла.

Шлях до комплексної термомодернізації



Рисунок 3.1.1 Групи заходів з термомодернізації

Джерело: <http://termomodernizacjadomow.pl/proces-termomodernizacji/>

3.2 Технічні умови використання ВДЕ

Розвиток технологій, здешевлення матеріалів та використання автоматизації різних технологічних процесів в останніх роках значно вплинули на збільшення частки ВДЕ в загальному енергоспоживанню та, зокрема, в секторі будівництва. Загострення вимог щодо енергетичної ефективності в різних секторах економіки також позитивно сприяють пришвидшенню розвитку ВДЕ та різного роду комбінованих/гібридних систем.

Використання відновлювальних джерел енергії в системах опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, охолодження чи кондиціонування повітря з технічної точки зору є фінальною можливістю зменшення енергопотреби будинку після застосування всіх заходів з термомодернізації скерованих на зменшення втрат тепла, а відповідно і первинної енергії, що походить з викопних палив. Необхідно наголосити, що використання відновлювальних джерел енергії є доцільним тільки після реалізації всіх можливих заходів зі зменшення тепловтрат і є основним способом зменшення потреби в первинній енергії в будинку. Загалом використання вартісних ВДЕ та систем управління їх працею не є забороненим і в будинках де не виконано жодних термомодернізаційних заходів. Проте економічні показники такого типу проектів будуть значно гіршими у порівнянні до протилежної ситуації, коли в процесі термомодернізації будівлі виконано всі можливі заходи. Додатково необхідно також звертати увагу на те, що у випадку виконання можливих термомодернізаційних заходів у майбутньому (після встановлення ВДЕ), потужність встановлених джерел відновлювальної енергії буде значно більшою ніж фактичні потреби будинку. З чого також буде виникати погіршення економічних показників використання ВДЕ.

Використання деяких ВДЕ у будівельному секторі є неможливим без попереднього виконання заходів з термомодернізації. Більшість ВДЕ за

технічними параметрами не здатні працювати або працюватимуть неефективно з застарілими, високотемпературними системами опалення та гарячого водопостачання. Під час виконання проекту модернізації підсистем будинку необхідно брати під увагу можливість використання відновлювальних джерел у цих системах в найближчому майбутньому. Додатково, з уваги на велику кількість різного роду обмежень встановлення ВДЕ більшої потужності, необхідно передбачити системи накопичення/акумулявання енергії, завданням яких буде накопичення запасу енергії за сприятливих умов та надання енергії до підсистем будинку у моменти несприятливі для вироблення відновлювальної енергії. Зазвичай енергопотреба в тепловій енергії для житлових будинків є значно більша ніж потреба в електричній енергії, звідки і виникає більше зацікавлення технологіями, що працюють за принципами прямої конверсії (перетворення енергії).

Вся відновлювальна енергія на планеті походить від сонячного випромінювання і є розпорошена у різних формах, таких як: пряме та відбите сонячне випромінювання, вітер, течії у світовому океані, тощо. Найбільшою проблемою пов'язаною з відновлювальними джерелами є можливість вироблення енергії в конкретний, необхідний нам проміжок часу. Зазвичай надмір відновлюваної енергії, можливої до використання, спостерігається у періоди, коли попит на цю енергію є незначним або взагалі відсутній. Наприклад, влітку завдяки найбільшій інсоляції сонячні колектори можуть виробляти найбільшу кількість теплової енергії, проте попит на теплову енергію в цей період обмежується лише незначними потребами в гарячому водопостачанні. Взимку ситуація є зворотною і в період коли потреби будинку на теплову енергію є найбільшими – джерело не в змозі давати енергію або кількість виробленої енергії є незначною в загальному балансі. Ситуація може

виглядати набагато краще у випадку застосування систем довготривалого накопичення енергії, проте розміри та кошти подібних інвестицій зазвичай виключають їх зі списку можливих до реалізації. Другою вагомою проблемою використання відновлювальних джерел енергії є вироблення енергії у непередбачуваний спосіб, в залежності від погодних умов (сонячне променювання та вітер).

До переліку відновлювальних джерел, що можуть бути використані в секторі будівництва відносять: сонячні колектори, котли на біомасі, сонячні електростанції, теплові насоси різних видів, електричні котли. Використання енергії вітра у випадку багатоквартирних житлових будинків є майже неможливим і вимагає значної відстані від вітрогенератора та його лопатей (шум, вібрація, відсутність відповідних сприятливих умов низько над землею, отримання дозволів на встановлення, тощо). У випадку джерел енергії, що живляться електричною енергією приймається, що вони використовують електричну енергію вироблену відновлювальними джерелами енергії, такими як сонячні електростанції, вітрогенератори тощо.

Для оцінки ефективності використання коштів на закупівлю та експлуатацію, а також для порівняння ціни енергії отриманої з відновлювального джерела, зазвичай використовують декілька показників:

- CAPEX (англ. Capital expenditures) – інвестиція спрямована на створення або відтворення основних засобів виробничого або невиробничого призначення; капітальні витрати на придбання нових установок, машин, приладів. У випадку ВДЕ до витрат CAPEX можуть бути зараховані кошти придбання, монтажу, налагодження джерела або системи до якої воно включене.

- OPEX (англ. Operating expenses) – повсякденні витрати пов'язані з функціонуванням обладнання чи системи, що використовує це обладнання. У випадку ВДЕ до витрат OPEX можна врахувати кошти обов'язкового сервісу, споживання енергії з мережі до власних потреб та інші експлуатаційні витрати, такі як додавання води/теплоносія до контурів системи, заміна несправних елементів, ущільнення, тощо.
- LCOH (англ. Levelized cost of heat) – усереднена розрахункова вартість вироблення теплової енергії джерелом протягом його цілого життєвого циклу. У випадку ВДЕ показник LCOH вказує на вартість виробленої теплової енергії і є часткою, де ділене - це сума усіх витрат пов'язаних з купівлею та експлуатацією джерела протягом його цілого циклу життя, а дільник це – кількість теплової енергії виробленої протягом цілого циклу життя проекту/джерела.

Сонячні колектори

Сонячні колектори використовують принцип поглинання сонячного випромінювання і перетворюють його в теплову енергію для нагрівання води або проміжного теплоносія. Традиційно сонячні колектори використовуються для нагріву води до системи гарячого водопостачання (зазвичай в стані покрити близько 60-70% від загальної потреби будинку у гарячому водопостачанні) або для підтримки системи опалення в децентралізованих системах з тепловою потужністю декількох кВт. Головною перевагою використання сонячних колекторів є можливість масштабування системи і збільшення або зменшення її потужності в простий спосіб. У більшості випадків головним чинником вибору можливої потужності є відповідна кількість місця для розташування модулів системи. Системи сонячних колекторів потужністю в кілька десятків або навіть кількох сотень кіловат, зустрічаються, наприклад, у великих житлових комплексах або лікарнях.

Загалом сонячні колектори характеризуються простою конструкцією, простотою використання, доступністю, майже безкоштовною експлуатацією та доступністю на ринку.

Найпопулярнішими на ринку є плоскі сонячні колектори. Вони характеризуються надійністю та хорошим показником вироблення енергії відповідно до їх ціни. Вакуумні колектори характеризуються кращим використанням сонячної енергії (більшим ккд), особливо в зимовий та перехідні періоди. Однак вони набагато дорожчі і мають менший термін служби. Сонячні колектори можуть співпрацювати з котлами системи центрального опалення, тепловими насосами, а також домашніми сонячними електростанціями. Зокрема, сонячна електростанція може відповідати за живлення циркуляційних насосів, а накопичувальні резервуари для теплоносія, за допомогою електричних підігрівачів, можуть зберегти надлишок виробленої електроенергії у вигляді гарячої води за відсутності тимчасового попиту на електроенергію в будинку. Водночас котел системи центрального опалення або тепловий насос може підігрівати воду в накопичувальному резервуарі, у випадку коли сонячні колектори не забезпечують вироблення достатньої кількості енергії (наприклад, у менш сонячний день).

Окрім приватних будинків, сонячні колектори також можна використовувати в середніх (наприклад, у ОСББ) та великих системах опалення. Колекторні системи слід найкраще використовувати разом з системами накопичення енергії, які зберігають підігріту воду, в моментах коли виробництво енергії з колекторів перевищує попит. Короткострокові системи накопичення (об'ємом до декількох м³) доступні на ринку і використовуються все частіше. Довгострокові або сезонні системи накопичення теплової енергії з кожним роком набувають популярності. Беручи до уваги LCOH (усереднену вартість

виробленого тепла за цілий цикл життя джерела), сонячні колектори, як додаткові джерела в системах централізованого тепlopостачання є, безумовно, найдешевшою технологією. Разом довгостроковими системами накопичення тепла вони стають ще ефективнішими.

Таблиця 3.2.1 Розрахункові середні коефіцієнти витрат на встановлення сонячних колекторів

Сонячні колектори	Потужність	Поверхня	CAPEX	OPEX	LCOH
	кВт _t	м ²	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік	PLN/ГДж
Для домогосподарств	4 – 50	6 – 70	2 000	16	64
Для громадських будівель	50 – 500	70 – 715	1 300	6	36

Котли на біомасі

На ринку є котли, призначені для спалювання різних видів біомаси, наприклад:

- деревна тріска - частинки деревини розміром від кількох міліметрів до кількох сантиметрів, отримані в результаті машинної обробки деревини (розколена, порублена, подрібнена тріска);
- пелети – гранули різного розміру, запресовані із сухих відходів деревної промисловості;
- сухі дрова.

Також є котли в яких як паливо можливо використовувати солому, відходи виробництва зернових та інших сезонних культур. Однак подібні рішення є нішевими і використовуються переважно у сільських господарствах або у промисловості, де тепло виробляється з власних відходів.

В котлах, що використовуються в індивідуальних системах опалення, потужністю від 4 до 500 кВт в основному використовуються пелети та дрова.

Сучасні пелетні котли повністю автоматизовані, подача палива та розпалення котла відбувається автоматично, за допомогою гвинтової системи подачі палива та вентилятора. У випадку використання автоматизованих котлів, для запобігання утворенню агломератів (запіканню палива в системі подачі) які можуть пошкодити котел, необхідно використовувати пелети високої якості. Інноваційним рішенням є використання гібридного котла, який може працювати як на пелеті, так і на звичайних дровах.

Таблиця 3.2.2 Технічні дані деревної біомаси

Тип	Вологість (%)	Теплотворна здатність (МДж/кг)
Тріска	20 – 60	6 – 16
Пелет	7 – 12	16,5 – 17,5
Дрова	20 - 30	11 - 22

Джерело: документ на основі даних ІЕО

Power to Heat – електрообігрів

Power to Heat (P2H), тобто електричне опалення, відноситься до концепції використання електроенергії для опалення. Наведені пристрої зазвичай використовують електроенергію з електромережі, значною мірою виробленою з викопного палива, однак у цьому розділі розглянуто використання цих пристроїв за «зеленою формулою» (greenP2H), метою якої є управління виробництвом електроенергії з ВДЕ, зокрема з сонячних електростанцій.

У проектах gP2H для перетворення електроенергії на тепло використовуються три основні технології:

- теплові насоси,
- опорні електронагрівачі,

- електричні котли.

Усереднені витрати на електричне опалення, яке живиться енергією з ВДЕ (OPEX) за «зеленою формулою» gP2H представлено в таблицях 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5. Ці дані не включають витрати на електроенергію, тому що вони залежать від локальних тарифів.

Теплові насоси

Сонячні електростанції можуть співпрацювати з тепловими насосами з метою збільшення енергетичної незалежності будівель та зменшення витрат на опалення. Електроенергія, вироблена фотовольтаїчними панелями, може бути спрямована на живлення компресора теплового насоса, який підігріває гарячу воду для побутових потреб та підтримує систему центрального опалення. За помірних кліматичних умов приблизно 20-35% річних потреб теплового насоса в електроенергії можуть надходити безпосередньо з фотоелектричних панелей (в залежності від потужності теплового насоса та сонячної електростанції та ряду інших факторів).

Компресорні теплові насоси можуть використовувати електроенергію за «зеленою формулою» gP2H для живлення компресора. Вироблене тепло найчастіше розподіляється системою центрального опалення. Часто з метою згладжування піків споживання тепла, до системи опалення та гарячого водопостачання додається система накопичення тепла (резервуари від 0,1 до 5 м³). Завдяки чому тепла енергія отримана з теплового насоса може бути використана як у водних, так і повітряних системах опалення з використанням фанкойлів або вентиляційних систем.

Ефективність роботи теплових насосів (показники COP, SCOP, EER, ESEER) значно залежить від виду „нижнього” (розсіяного) та „верхнього” (високопотенційного) джерела тепла та встановленої температури теплоносія

на виході з теплового насосу. Незалежно від типу теплового насосу, для уточнення його типу, в описі технічних характеристик спочатку подають назву „нижнього” джерела, тобто вказують звідки установка буде черпати розсіяну теплову енергію, а потім вказують назву „верхнього” джерела, тобто виду високопотенційного (високотемпературного, відносно нижнього джерела) тепла, що може бути використано у підсистемах будинку та вказують в якому вигляді ця енергія буде використана. Відповідно до вибору „нижнього” та „верхнього” джерела тепла можна виділити кілька типів теплових насосів:

- повітряні теплові насоси (тип повітря/повітря або повітря/вода) є одними з найпоширеніших. Зазвичай вони характеризуються малою потужністю (4-50 кВт) і використовуються переважно в домогосподарствах або невеликих будинках. Ці насоси використовують розсіяну енергію, що є в атмосферному повітрі. Перевагою повітряних теплових насосів, у порівнянні з іншими типами є їх низька вартість закупівлі та універсальність і простота монтажу. Основним недоліком повітряного теплового насосу є зниження ефективності його роботи разом зі зниженням температури зовнішнього повітря.
- геотермальні теплові насоси (тип вода-вода) використовують енергію, що зберігається у ґрунті, підземних чи поверхневих водах. В залежності від виду доступного нижнього джерела геотермальні теплові насоси діляться на насоси замкнутого та відкритого типу. Де замкнутий тип означає, що всі робочі контури теплового насосу замкнуті, а теплообмін відбувається тільки через стінки використаних труб. Геотермальні теплові насоси замкнутого типу поділяються на горизонтальні (контур теплообмінника вкладається горизонтально на глибині нижче рівня промерзання ґрунту або наприклад під будинком), вертикальні (контури теплообмінника розташовуються вертикально у спеціально

виконаних свердловинах глибиною до 200м), водні (контур теплообмінника вкладається на дні існуючої водойми чи річки). Геотермальні теплові насоси відкритого типу, через специфіку необхідних природніх умов, необхідних для роботи теплового насосу, використовують дуже рідко (необхідне проведення довготривалого та вартісного обстеження). Головною ідеєю теплових насосів відкритого типу є виконання двох свердловин (найчастіше різної глибини, але не обов'язково), що будуть знаходитись на значній відстані від себе. З однієї з свердловин буде викочуватись вода, яка буде скерована до теплового насосу, де від неї буде відібране тепло, а потім використана вода буде відведена (скинута) до іншої свердловини. Перевагою геотермальних теплових насосів є їх особливо висока ефективність завдяки стабільно високій температурі води (як теплоносія), а також можливість забезпечення опалення та гарячого водопостачання будинку з використанням тільки цього джерела теплової енергії. Натомість основним недоліком таких теплових насосів є їх висока вартість, необхідність отримання дозволів на виконання свердловин та встановлення контурів теплообмінника в ґрунті. Через необхідність виконання великої кількості ґрунтових робіт, до недоліків такого типу теплових насосів також можна зарахувати значну складність, або неможливість монтажу теплообмінників у вже існуючому будинку або дооколя нього.

- утилізаційні, що використовують тепло повітря чи каналізаційних стоків. У більшості випадків теплові насоси цього типу мають застосування у великих промислових підприємствах, фабриках, тощо. Через нестабільність параметрів „нижнього” джерела, проектування та виконання теплових насосів необхідно прив'язувати до вибраного

об'єкту і є неможливим до використання в об'єктах з іншими умовами експлуатації. Перевагою утилізаційних теплових насосів є повернення значної кількості дороговартісної енергії, а значить і коштів, до підприємства. Також можливим є зменшення замовленої потужності об'єкту (зменшення постійної складової в рахунках за дистрибуцію енергії).

Необхідно зазначити, що використання теплових насосів є можливим тільки у випадку, коли система опалення будинку є низькотемпературною. У протилежному випадку ефективність роботи теплового насосу буде низька, а електрична енергія буде споживатись для підігріву теплоносія компресором теплового насосу.

Таблиця 3.2.3 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – фотоелектричні установки

Сонячна електростанція (для співпраці з тепловим насосом або накопичувачем гарячої води)	Потужність	CAPEX	OPEX
	кВт	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік
Для домогосподарств	4 - 50	5 500	57
Для комерційних будівель	50 - 500	3 000	47

Джерело: Розробка на основі даних ІЕО

Таблиця 3.2.4 Розрахункові середні коефіцієнти витрат – теплові насоси

Тепловий насос	Потужність	CAPEX	OPEX
	кВт _t	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік
Тепловий насос малої потужності (геотермальний)	< 50	270	131
Тепловий насос малої потужності (повітря-вода)	< 50	350	111

Тепловий насос	Потужність	CAPEX	OPEX
	кВт _t	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік
Тепловий насос у комерційних будівлях (геотермальний)	50 – 1000	550	129
Тепловий насос у комерційній будівлі (повітря-вода)	50 - 1000	530	150

Джерело: Розробка на основі даних ІЕО

Опірні нагрівачі

Іншим методом використання електроенергії, що походить з ВДЕ, з метою підігріву - є опірні нагрівачі. Зазвичай вони використовуються для нагрівання гарячої води. Вони можуть бути встановлені як проточні пристрої на місцях розбору води, так і всередині накопичувального резервуару. Опірні нагрівачі добре співпрацюють з короткостроковими та довгостроковими системами накопичення теплової енергії.

Для опалення домогосподарств за допомогою електричної енергії використовуються акумуляційні радіатори . Накопичення теплової енергії в статичних теплових акумуляторах відбувається в моменти надпродукції електричної енергії, або під час періодів дії пільгових тарифів („нічний” тариф). Накопичення енергії відбувається завдяки підігріву (до 100 °С) опірним нагрівачем матеріалу з високою теплоємністю (100-200кг). Корпус теплового акумулятора добре утеплений, а теплообмін відбувається за допомогою конвекції. Повітря, що циркулює всередині статичного теплового акумулятора нагрівається і потім надходить до приміщення через систему отворів, переріз яких управляється електронним терморегулятором.

Таблиця 3.2.5 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – опірні нагрівачі

Тип нагрівача	Потужність	CAPEX	OPEX
	кВт	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік
Опірний нагрівач	1 – 27	200	8
Статичний тепловий акумулятор	1 - 7	700	8

Джерело: Розробка на основі даних ІЕО

Електричні котли

Електричні котли працюють за тим же принципом, що і опірні нагрівачі. Вони більше підходять для невеликих систем опалення - від кількох кіловат в домогосподарствах до максимальної встановленої потужності 5 МВт. Електричні котли для індивідуальних споживачів, за «зеленою формулою» gP2H, повинні співпрацювати з водними короткотерміновими накопичувачами теплової енергії.

Таблиця 3.2.6 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – електричні котли

Електричні котли	Потужність	CAPEX	OPEX
	кВт	PLN/кВт _t	PLN/кВт _t /рік
Невеликий електричний котел (домогосподарства)	4 – 50	650	6,5
Великий електричний котел (громадські будівлі)	5 - 50	670	6,5

Джерело: Розробка на основі даних ІЕО

Виконуючи оцінку можливості використання будь-яких джерел енергії (в тому числі і відновлювальних) для нових будинків, необхідно звертати увагу на доступність в найближчому майбутньому, або на момент проектування, теплових чи газових мереж, доступність викопних чи відновлювальних палив,

тощо. Необхідно звертати увагу не тільки на прості економічні показники (SPBT, NPV), а також вартість експлуатації будівлі впродовж цілого життєвого циклу (LCC).

3.3 Економіка термомодернізаційних інвестицій

Найефективнішим типом утеплення будинку є виконання термомодернізації будинку у стандарті наближеному до нульового споживання NZEB (англ. Nearly Zero Energy Buildings). Необхідно зазначити, що кожна держава-член ЄС самостійно оприділяє визначення стандарту NZEB. Відповідно до чинного законодавства Республіки Польща, вимоги до будівель, які проходять термомодернізацію за стандартом NZEB, слід визначити таким чином:

- енергопотреба для опалення та вентиляції $E_{Uco} \leq 60$ кВт·год / m^2 на рік,
- зменшення споживання первинної енергії на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання та роботи допоміжних пристроїв $\geq 75\%$.

Термомодернізація будівлі спрямована на зниження її експлуатаційних витрат. Орієнтовна економія коштів, отримана в результаті реалізації термомодернізаційних заходів на прикладі приватного будинку, представлена в Таблиці 3.3.1. Річні експлуатаційні витрати будинку визначено як витрати на опалення та гаряче водопостачання. Фактична сума економії може відрізнятись від зазначеної в таблиці.

Таблиця 3.3.1 Очікуване скорочення щорічних експлуатаційних витрат в приватному будинку (опалення та приготування гарячої води) в результаті робіт з модернізації

Термомодернізаційний захід	Орієнтовна економія коштів
Утеплення зовнішніх стін	13% - 26% для $U \leq 0,20$ Вт/($m^2 \cdot K$)
	14% - 28% для $U \leq 0,15$ Вт/($m^2 \cdot K$)

Термомодернізаційний захід	Орієнтовна економія коштів
Заміна джерела тепла	8% - 16%
Встановлення механічної припливно-витяжної системи вентиляції з рекуперацією тепла	8% - 16%
Утеплення даху/ плоскої покрівлі над опалюваними приміщеннями	6% - 13% для $U \leq 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ 7% - 14% для $U \leq 0,10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Заміна вікон	5% - 11% для $U \leq 0,90 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ 6% - 12% для $U \leq 0,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Встановлення сонячних колекторів	4% - 9%
Утеплення підлоги по ґрунту / перекриття над неопалюваним підвалом	3% - 7% для $U \leq 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ 4% - 8% для $U \leq 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Модернізація системи опалення або її заміна	3% - 7%
Модернізація системи гарячого водопостачання або її заміна	3% - 6%
Встановлення гібридної системи вентиляції	2% - 4%
Заміна зовнішніх дверей або воріт гаража	біля 1%

Оцінка економічної ефективності проектів з термомодернізації будинків проводиться шляхом порівняння інвестиційних витрат на різні рішення та ефектів у вигляді економії коштів, що виникає в результаті їх виконання. Залежно від того, наскільки високий пріоритет надається економії витрат та енергію, ми будемо розглядати такий аналіз як основу для прийняття рішення про необхідність реалізації інвестиції. Або, у разі виконання комплексного ремонту будівлі, визначений економічний ефект буде прийматись як допоміжний показник, що полегшить прийняття остаточного рішення про необхідність виконання тих чи інших модернізаційних заходів.

Для оцінки економічної ефективності проектів термомодернізації використовуються різні типи показників економічної ефективності. У випадку

довгострокових інвестицій для оцінки економічної ефективності використовують аналіз так званих фінансових потоків. Тобто виконується баланс економічних ефектів та витрат на їх реалізацію у довгостроковій перспективі. Такий період зазвичай називають "періодом життя інвестиції", в даному випадку визначається як максимально можлива тривалість безаварійної експлуатації встановленого обладнання або виконаного термомодернізаційного заходу.

Найпоширенішими показниками, що використовуються для економічної оцінки ефективності проектів з термомодернізації будинків є:

- простий час окупності SPBT (англ. SPBT - Simple Pay Back Time),
- чиста поточна вартість NPV (англ. Net Present Value).

Простий час окупності SPBT є найпростішим та найлегшим для підрахунку. Він інформує протягом якого періоду часу експлуатації будівлі після модернізації відбудеться повернення коштів вкладених у реалізацію інвестицій. Економія коштів визначається як економія на опаленні та гарячому водопостачанні. Простий час окупності обчислюється як частка, де ділене – кошт виконання модернізації, а дільник – річна економія коштів.

$$SPBT = \frac{\text{Кошт модернізації}}{\text{Річна економія коштів енергії}} \quad (3.3.1)$$

Цей показник не враховує зміну вартості грошей з плином часу, зміну вартості енергоносіїв або зміну значення економії енергії. Врахування цих факторів є складним завданням саме по собі і такий підхід є надто складним та не є необхідним для виконання первинного економічного аналізу. Для спрощення можна припустити, що інфляція впливає на всі ціни в однаковій мірі і що сума заощаджень та експлуатаційні витрати пропорційно зростатимуть через інфляцію. Таким чином, інфляція не вплине на розмір простого часу окупності.

Кожний економічний аналіз, що виконується без урахування інфляції носить назву постійного або виконаного за поточними цінами.

Незважаючи на свою простоту, показник SPBT несе за собою важливу інформацію. Якщо виявиться, що витрати на проект окупляться протягом кількох місяців, це очевидна ознака того, що такий захід необхідно виконати або хоча б виконати детальніший аналіз можливостей його впровадження. Після повернення інвестиції виконана модернізація згодом принесе лише прибуток. У випадку приватних будинків приймається, що необхідно виконувати навіть заходи з простим часом окупності, що складає понад 10 років. Необхідність виконання таких заходів можна аргументувати швидшим зростанням цін на енергоносії ніж темпи інфляції, що у результаті призведе до скорочення простого періоду окупності.

Чиста поточна вартість проекту NPV, дозволяє визначити абсолютний ефект (прибуток або збиток) від реалізації проекту. Абсолютний ефект визначається у поточних цінах, шляхом дисконтування вартості ефектів від майбутніх заходів та теперішньої вартості грошей, що будуть використані як інвестиція.

Проект з термомодернізації будинку може включати різний обсяг модернізаційних заходів, залежно від поточного технічного стану будівлі та фінансових можливостей власника нерухомості. Окремі термомодернізаційні заходи приносять різну економію енергії та коштів, а їхня рентабельність, зазвичай визначена простим часом окупності, також відрізняється. Тому, якщо кошти інвестора не дозволяють виконати комплексну термомодернізацію, перш за все, слід виконати термомодернізаційні заходи, що принесуть найбільшу економію та не блокуватимуть виконання інших термомодернізаційних заходів у майбутньому.

У разі проведення комплексної термомодернізації будинку визначений простий час окупності SPBT слід порівняти з періодом життя проектів з термомодернізації. Капітальні ремонти в приватних будинках зазвичай виконуються приблизно кожні 20 років, що також відповідає тривалості життя багатьох пристроїв та матеріалів використаних під час комплексної термомодернізації. Беручи до уваги ці факти, комплексна термомодернізація будинку виконується таким чином, що будівля після модернізації має показники енергопотребити та енергоспоживання на рівні нових будинків, які будуються за новими вимогами, а витрати на комплексну термомодернізацію повинні окупитися за період не більший 10-15 років.

Розмір майбутніх експлуатаційних витрат залежить від інвестиційних витрат зроблених під час реалізації проекту з термомодернізації. Іноді незначне збільшення інвестиційних витрат призведе до значного зменшення експлуатаційних витрат. Тому, у разі виконання термомодернізації будівель до найвищих класів (пасивні або NZEB будівлі), для вибору конкретних технічних рішень варто виконати аналіз вартості життєвого циклу LCC (англ. Life Cycle Cost). Основною відмінністю традиційного економічного аналізу інвестиції від LCC є розширення перспективи життєвого циклу, що означає, що розрахунок охоплює не тільки інвестиційні витрати, а й експлуатаційні витрати протягом повного життєвого циклу будівлі. Для спрощення процесу визначення інвестиційних витрат можна опустити однакові статті витрат, що є у різних варіантах виконання термомодернізації та не впливають на фінальний рівень енергоефективності будинку.

Аналіз енергетичного аспекту та його впливу на витрати протягом життєвого циклу будівлі повинен передбачати повний термін експлуатації будівлі (наприклад, 50 років для приватних житлових будинків). На практиці приймається, що для відповіді на питання вибору технології та способу

термомодернізації будинку, можна приймати значно коротші періоди, котрі будуть відповідати життєвому циклу найменш довговічного пристрою або матеріалів, що будуть використані при термомодернізації. Щоб вибрати оптимальний варіант за даними економічного аналізу, слід обчислити суму інвестиційних витрат та дисконтованих експлуатаційних витрат протягом 20 років для кожного можливо варіанту виконання термомодернізації, та вибрати як найкращий – варіант з найменшим значенням цієї суми витрат.

Загальні принципи розрахунку (усіх) складових елементів витрат (інвестиційних та експлуатаційних) є наступні:

- необхідно враховувати очікуване зростання цін на енергію та її носіїв,
- необхідно враховувати зростання цін на елементи, заміна яких буде передбачена в розрахунковому періоді експлуатації,
- зазвичай показник інфляції враховується тільки тоді, коли передбачається, що інфляція ймовірно матиме значний вплив на результати аналізу.

Аналіз вартості життєвого циклу LCC для термомодернізаційних проектів зводиться до визначення інвестиційних витрат на придбання (K_i) та експлуатаційних витрат (K_e).

Поточна вартість нетто експлуатаційних витрат (K_e) в будинку в різні роки визначається за такою формулою:

$$K_{e_n} = \frac{K_{e_1}}{(1+i)^n} \quad (3.3.2)$$

Сума цих витрат від 1 до n в кожному наступному році експлуатації становлять дисконтований кошт експлуатації заходу з термомодернізації. Усі витрати, понесені протягом життєвого циклу проекту LCC, визначені таким чином, дисконтуються відповідно до формули:

$$LCC = \sum_{n=0}^n \frac{K}{(1+i)^n} \quad (3.3.3)$$

де:

K – понесені витрати;

i – облікова ставка дисконтування;

n – роки експлуатації.

Через те що інвестиційні витрати (K_i) у більшості випадків виникають у базовому році ($n = 0$), вищезгадану формулу можна записати так:

$$LCC = K_1 + \sum_{n=1}^n \frac{K}{(1+i)^n} \quad (3.3.4)$$

Експлуатаційні витрати, як і інвестиційні, складаються з постійної та змінної частини. Наприклад, у разі виконання механічної вентиляції з рекуперацією тепла, до аналізу LCC необхідно враховувати витрати на періодичне очищення вентиляційних каналів та заміну повітряних фільтрів. Ці витрати відсутні у разі використання гравітаційної системи вентиляції. Однак, незалежно від вибраного варіанту термомодернізації, є витрати пов'язані з періодичними оглядами системи опалення та гарячого водопостачання, а також джерел тепла в будівлі.

3.4 Підготовка інвестора до інвестицій в термомодернізацію

Перед початком інвестиції в термомодернізацію будівлі, перш за все, слід визначити оптимальний обсяг модернізації. Найбільш вигідною фінансово є комплексна модернізація будівлі, однак через обмеженість фінансових ресурсів та побоювань пов'язаних з виплатою занадто великих кредитів часто доводиться скорочувати масштаби модернізації. Тому необхідно прагнути до

визначення оптимального обсягу термомодернізації, що принесе найбільший економічний ефект з найменшими можливими інвестиційними витратами. Для великих будівель та вартісних проектів використовують складні процедури оптимізації. У випадку житлових будинків, процедуру можна значно спростити без ризику зробити серйозні помилки.

Порядок вибору оптимального обсягу модернізації виглядає наступним чином:

- Визначення обсягу технічної модернізації будівлі (окремі термомодернізаційні заходи, наприклад, заміна або ремонт вікон, утеплення стін, плоского даху, модернізація вентиляції тощо);
- Визначення економічних показників SPBT або LCC для окремих заходів;
- Розташування окремих заходів у порядку від найменшого до найбільшого SPBT або LCC (не стосується модернізації системи опалення та гарячого водопостачання, яка завжди повинна бути першою в списку та бути включеною у всі можливі варіанти термомодернізації);
- Визначення сукупних варіантів, включаючи модернізацію зовнішніх огорожувальних конструкцій, модернізацію системи вентиляції, опалення, гарячого водопостачання;
- Визначення сукупних витрат на опалення та гаряче водопостачання для окремих варіантів модернізації;
- Розрахунок необхідних економічних показників для цілого варіанту з термомодернізації;
- Аналіз економічних показників, вибір варіанту (масштабу) модернізації.

Помноживши економію енергії (для визначення економії обов'язково необхідно виконати енергетичний аудит будинку) на вартість палива, ми отримаємо суму економії для окремих варіантів. Витрати на виконання

термомодернізаційних заходів найкраще визначати на основі актуальних пропозицій компаній, що виконують подібні роботи, включаючи витрати на оплату праці. При визначенні орієнтовних коштів виконання термомодернізаційних заходів необхідно опиратися на декілька пропозицій та уважно виконати аналіз переліку та обсягу робіт наданих у пропозицій. Приклад переліку запланованих термомодернізаційних заходів представлений нижче (Таблиця 3.4.1).

Таблиця 3.4.1 Приклад переліку запланованих термомодернізаційних заходів

№	Назва термомодернізаційного заходу	Орієнтовні кошти робіт, PLN	SPBT, років
1	Утеплення перекриття над підвалом	5 790	22,8
2	Модернізація системи гарячого водопостачання	3 800	26,6
3	Утеплення плоского даху	8 143	28,4
4	Модернізація системи вентиляції	20 000	28,6
5	Утеплення зовнішніх стін	23 485	35,9

На основі переліку модернізаційних заходів та модернізації системи опалення (ця модернізація має бути елементом кожного варіанту модернізації будівлі, незалежно від значення SPBT), був підготовлений перелік варіантів модернізації (Таблиця 3.4.2). Перший варіант включає всі можливі термомодернізаційні заходи. Останній, шостий варіант, включає тільки модернізацію системи опалення.

Таблиця 3.4.2 Перелік варіантів термомодернізації будівель

№	Назва термомодернізаційного заходу	№ Варіанту					
		1	2	3	4	5	6
1	Модернізація системи опалення	X	X	X	X	X	X
2	Утеплення перекриття над підвалом	X	X	X	X	X	
3	Модернізація системи гарячого водопостачання	X	X	X	X		
4	Утеплення плоского даху	X	X	X			
5	Модернізація системи вентиляції	X	X				
6	Утеплення зовнішніх стін	X					

Після визначення обсягів термомодернізації необхідно належним чином спланувати послідовність виконання робіт та заходів. Перш за все, рекомендується виконати термомодернізаційні заходи на зовнішніх огорожувальних конструкціях (I група заходів з термомодернізації), а потім виконувати модернізацію підсистем та установок, включаючи заміну джерела тепла (II та III групи заходів з термомодернізації). У цих двох основних групах послідовність дій може бути дуже важливою, якщо окрім інвестиційних витрат також брати до уваги інші критерії. Найважливішими з яких є:

- можливість фінансування подальших термомодернізаційних заходів за рахунок економії коштів на закупівлю енергії, отриману в результаті попередньо виконаних заходів,
- відсутність блокування виконання подальших робіт попередньо виконаними,
- поліпшення внутрішнього комфорту в будівлі.

Іноді для виконання термомодернізації необхідно отримати відповідний дозвіл на будівництво. Перш ніж Інвестор почне планувати

термомодернізацію будинку, він повинен ознайомитися з чинними законодавством та положеннями пов'язаними з будівництвом.

Після визначення обсягу модернізації та послідовності реалізації окремих термомодернізаційних заходів слід обрати Виконавця. За допомогою у виборі компанії підрядника ви можете звернутися до технічного консультанта виробника вибраної системи теплоізоляції або виробника інших пристроїв та матеріалів, що будуть використовуватися під час термомодернізації, наприклад модернізації систем опалення. Вибір підрядника також може здійснюватися на основі інформації про нагородження галузевими сертифікатами, що підтверджує знання та досвід використання продукції та технологій або на основі кількості, та якості подібних проектів виконаних в минулому.

При виборі Виконавця проекту з термомодернізації будинку необхідно:

- Перевірити, чи потенційний Виконавець має письмове підтвердження виконання подібних робіт (довідки, звіти, акти виконаних робіт);
- Найняти керівника будівництва з великим досвідом нагляду за роботами з термомодернізації, навіть якщо це не передбачено законом;
- Перевірити, бажано разом з потенційним керівником будівництва, довговічність та якість попередніх робіт Виконавця;
- Отримати відгуки попередніх клієнтів щодо культури роботи підрядника, своєчасності, способу та надійності фінансових розрахунків;
- Перевірити, чи Виконавець працює на законних підставах.

Важливим елементом якісно виконаної термомодернізації будівлі є оформлення та підписання відповідного договору з будівельною компанією Виконавцем або окремим підрядником. Такий документ може містити

загальні або конкретні положення/пункти, але наявність в ньому деяких елементів є необхідною з юридичної точки зору.

У договорі на виконання термомодернізаційних заходів/робіт необхідно вказати:

- дата та місце його укладення,
- імена та прізвища (або назва фірми) та адреси сторін, а також основні дані про реєстрацію фірми (номер запису у підприємницькому реєстрі тощо),
- обсяг доручених робіт,
- основні дати виконання/завершення робіт (початок і кінець),
- винагорода Виконавця.
- Крім того в договорі варто вказати:
 - якість матеріалів,
 - інформацію про те хто купує необхідні матеріали і коли вони доставляють на будівельний майданчик,
 - розмір та метод нарахування штрафів за затримки або пошкодження,
 - точний обсяг робіт,
 - критичні етапи реалізації інвестицій,
 - технічні вимоги до кожного виду робіт,
 - процедуру контролю та оцінки якості виконаних робіт.

У договорі з Виконавцем обов'язково повинні бути положення про надання гарантії на виконані роботи та матеріали (якщо їх купував Виконавець). В яких буде виконано опис періоду гарантії (можливо з поділом на види робіт), протягом якого гарантія буде дійсною, обсяги та терміни можливих

гарантійних робіт, способи визначення винного у разі появи пошкоджень тощо.

Штрафи та пені за невиконання предмету договору або за виконання робіт з неналежною якістю можуть бути визначені як конкретна сума або певний відсоток від повної винагороди Виконавця. Зазвичай сума штрафів не перевищує 20% винагороди. У договорі також варто зазначити, що Замовник має право вимагати відшкодування збитків, що перевищують договірну пеню.

Для забезпечення належної якості матеріалів, що будуть використовуватись при термомодернізації будинку, до договору необхідно додати записи про необхідність передачі Виконавцем до Замовника не тільки актів виконання та прийому робіт, а також таких документів як акти випробувань матеріалів та установок, рахунки-фактури на закупівлю та документи, що визначають умови та гарантійні терміни на використанні матеріали та установки. Матеріали, що використовуються в процесі термомодернізації, повинні мати акти випробувань виконані сертифікованими науково-дослідницькими інститутами.

У разі виконання детального опису обсягу термомодернізаційних заходів в договорі слід також виконати опис всіх важливих чинників та технологій, які необхідно використати для отримання необхідного ефекту. Замовник може відступитись від виконання предмету договору, якщо: підрядник затримує початок робіт настільки довго, що він не зможе завершити їх у обумовлені терміни; будівельні роботи виконуються невчасно у не відповідній спосіб, що не відповідає записам договору. Замовник може відмовитись від виконання предмету договору, якщо після прийняття робіт будуть виявлені значні дефекти виконання робіт. Перед підписанням договору Замовник не повинен здійснювати авансові платежі, а кожна фінансова операція повинна бути

записана в договорі. У разі виникнення суперечок, підписання договору з Виконавцем сприятиме позитивному вирішенню претензій.

Перш ніж розпочати роботи з термомодернізації, необхідно переконатися, що всі роботи будуть виконуватись за відповідних умов. Усі теплоізоляційні роботи слід проводити при температурі від + 5 до + 25 °С, в бездощову і бажано безвітряну погоду. Не можна допускати проведення ізоляційних робіт під прямими сильними сонячними променями та при сильному вітрі, оскільки це негативно позначається на укладанні та висиханні штукатурки та зменшує її адгезію до основи та міцність.

Виконання відповідної підготовки (поінформування мешканців, демонтаж елементів що можуть заважати процесу термомодернізації, вікна та елементи, що можуть бути забруднені необхідно обгорнути тимчасовими матеріалами), підготовка будівельного майданчика та місця для зберігання матеріалів є важливим елементом реалізації проекту з термомодернізації. Склад будівельних матеріалів слід організувати так, щоб мішки з сипучими матеріалами не намокали, а відра з фарбою або готовою штукатуркою не перегрівалися на сонці або не замерзали.

4

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННОГО СТАНДАРТУ ТЕРМОЗАХИСТУ БУДІВЛІ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

4. Визначення чинного стандарту термозахисту будівлі

4.1 Підготовка до енергоаудиту

Мета виконання енергоаудиту

Енергоаудит - це інструмент для планування комплексної термомодернізації будівлі. Виконання енергетичного аудиту (визначення енергетичної характеристики будівлі) необхідне для того, щоб вказати спектр інвестицій (термомодернізаційних заходів), які можна здійснити для підвищення енергоефективності будівлі. В рамках енергоаудиту оцінюється поточний технічний стан будівлі і на цій основі складається перелік термомодернізаційних заходів, виконання яких дозволить обмежити втрати тепла та скоротити експлуатаційні витрати. В енергетичному аудиті необхідно представити декілька варіантів термомодернізації з різними обсягами та витратами. Енергетичний аудит також включає економічну частину, в якій визначаються інвестиційні витрати на запропоновані заходи та визначається термін окупності інвестицій. Слід зазначити, що енергоаудит не є будівельним проектом і містить лише технічні та економічні припущення, і не може бути використаний як проектна документація для виконання будівельних робіт.

Обсяг енергоаудиту

Енергетичний аудит будівлі повинен складатися з наступних елементів:

- оцінка поточного технічного стану будівлі,
- визначення енергетичних показників будівлі,
- короткий опис термомодернізаційних заходів, що призводять до підвищення енергоефективності будівлі (наприклад, зменшення

втрат тепла через зовнішні огорожувальні конструкції, зменшення енергоспоживання на гаряче водопостачання),

- технічний опис термомодернізаційних заходів у декількох варіантах,
- економічна оцінка вибраних варіантів заходів та варіанту проекту разом з визначення простого періоду окупності (SPBT).

Енергоаудитор

Енергоаудитори - це особи з технічною вищою освітою за напрямком енергетика, інженерія навколишнього середовища, будівництва тощо, які пройшли відповідні навчальні курси або отримали додаткову післядипломну освіту. Метою енергоаудиту є показати людям та установам, зацікавленим у раціоналізації використання та економії енергії, можливості підвищення рівня енергоефективності визначеної будівлі. Аудитор повинен мати відповідні навички та знання в окремих областях, а також знати методи проведення аналізу та оцінки енергетичних процесів. Завданням енергоаудитора є підготовка енергетичного аудиту з визначенням обсягу, а також техніко-економічних параметрів термомодернізаційних заходів, із зазначенням оптимальних рішень з точки зору витрат на їх виконання.

У випадку багатоквартирних житлових будинків енергоаудитор виконує оцінку існуючого стану будівлі, його теплового захисту, системи опалення та гарячого водопостачання, системи вентиляції та кондиціонування повітря з урахуванням вимог протипожежного захисту з метою покращення енергетичного стандарту будівлі.

Етапи енергоаудиту

Для того, щоб виконати енергоаудит, спочатку необхідно зібрати відповідні дані про будівлю. По-перше, узгодити мету аудиту:

- покращення теплового комфорту будівлі,
- зменшення енергоспоживання та витрат на енергію,
- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище,
- відповідність нормам та законодавству.

По-друге, необхідно визначити обсяг енергетичного аудиту (кількість будинків, частини будинків та внутрішні системи) та узгодити рівень деталізації аудиту (час на виконання та проведення дослідження, доступ до приміщень, вимоги до вимірювань тощо). Аудитор повинен також зібрати дані про:

- площу та кубатуру приміщень,
- зовнішні огорожувальні конструкції (прозорі та не прозорі),
- енергоносії, що використовуються в будинку (наприклад, інформацію про те, які приміщення чи зони будинку мають системи опалення, охолодження, вентиляції - бажано за планом будівлі),
- споживання енергії (наприклад, дані про місячне споживання),
- рахунки за енергію, тарифи, умови контракту на постачання енергії,
- кліматичні дані з місцевої метеостанції (за наявності).

Важливо також отримати дані про важливі зміни, що мали місце за останні 3 роки (або довший період часу), способу використання приміщень, поведінки користувачів, спосіб експлуатації та обслуговування систем будинку. Аудитор також повинен отримати наявну технічну документацію будівлі (плани будівлі, схеми будівельних систем, схеми управління та налаштування, тощо), інформацію про експлуатацію та обслуговування будівлі та інформацію про

будь-які зовнішні фактори, які можуть вплинути на результати розрахунку енергетичної характеристики будівлі (наприклад, затінення будинку об'єктами розташованими неподалік).

На діаграмі нижче показано етапи енергоаудиту.

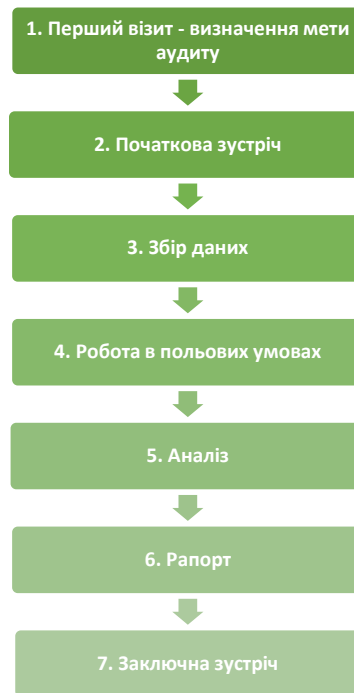


Рисунок 4.1.1 Етапи проведення енергоаудиту будівлі

Заходи з термомодернізації

Важливим елементом енергоаудиту є ретельна оцінка технічного стану будівлі та порівняння поточних параметрів будівлі з мінімально необхідними вимогами. Завдяки такому аналізу можна визначити перелік термомодернізаційних заходів, які дозволять підвищити рівень енергоефективності будинку. Заходи з термомодернізації можна розділити на дві категорії, перша стосується ізоляції та герметизації зовнішньої оболонки будівлі, а друга - модернізації внутрішніх систем (опалення, гаряче водопостачання, вентиляція, кондиціонування). У таблиці нижче представлений приклад переліку термомодернізаційних заходів та спосіб їх реалізації.

Таблиця 4.1.1 Приклади термомодернізаційних заходів

Тип заходу	Спосіб реалізації
Модернізація системи центрального опалення	<ul style="list-style-type: none"> • заміна джерела тепла, • монтаж термостатичних клапанів, • ізоляція розподільчих трубопроводів, • заміна трубопроводів,
Модернізація системи гарячого водопостачання	<ul style="list-style-type: none"> • заміна джерела тепла, • герметизація арматури, • ізоляція труб, • заміна труб, • впровадження автоматичного регулювання температури та часу роботи циркуляційних насосів,
Зменшення тепловтрат через дах або перекриття	<ul style="list-style-type: none"> • ізоляція мінеральною ватою,
Зменшення тепловтрат через зовнішні стіни	<ul style="list-style-type: none"> • ізоляція стін EPS,
Зменшення втрат тепла через внутрішні стіни між опалюваними та неопалюваними приміщеннями	<ul style="list-style-type: none"> • ізоляція стін EPS,
Зменшення втрат тепла через зовнішні вікна у житлових приміщеннях та покращення вентиляції	<ul style="list-style-type: none"> • заміна вікон, • ущільнення вікон (герметизація), • застосування автоматичних провітрювачів,
Зменшення втрат тепла через зовнішні двері в житлових приміщеннях	<ul style="list-style-type: none"> • ремонт або ущільнення (герметизація) дверей, • заміна дверей, • додавання тамбура або вітрозахисту перед входом у будівлю.

Карта енергоаудиту

Карта енергоаудиту є встановленою формою виконання рапорту з енергетичного аудиту і є одним із найважливіших елементів енергетичного аудиту. Карта аудиту містить загальні дані про будівлю, такі як: технологія будівництва, кількість поверхів, кубатура та площа опалювальних приміщень, загальна кубатура та площа будинку, показник компактності будівлі, кількість приміщень, кількість людей, що користуються будівлею, загальні дані системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, а також перелік параметрів будівлі до та після виконання комплексної термомодернізації будівлі, таких як:

- зовнішні огорожувальні конструкції,
- внутрішні системи,
- показники енергопотреби та енергоспоживання,
- тарифи на енергію,
- економічні характеристики вибраного варіанту комплексної термомодернізації.

4.2 Розташування будівлі та зовнішній клімат

Енергоспоживання будинку залежить від профілю використання будівлі (встановлені параметри внутрішнього повітря, схема використання будівлі та її систем) та параметрів зовнішнього клімату (параметри зовнішнього повітря та сонячної радіації). З чого виникає, що розташування будівлі має дуже значний вплив на споживання енергії. Зовнішнє середовище, тобто такі фактори, як температура і вологість зовнішнього повітря, а також експозиція будівлі до сонця, мають ключове значення при виборі технології та мінімальних вимог до зовнішньої оболонки будівлі, систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції. Правильно підібрані технології та

матеріали дозволяють мінімізувати втрати тепла і підтримувати належні умови всередині будівлі.

Залежно від кліматичної зони та місцевих умов на території, де знаходиться будинок, для виконання правильного розрахунку слід обрати відповідні розрахункові параметри. У випадку утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, залежно від температури та відносної вологості зовнішнього повітря, необхідно добирати такі ізоляційні матеріали, які забезпечать належну теплоізоляцію, хімічну ізоляцію та стійкість до води, зберігаючи при цьому необхідну паропроникність.

Köppen-Geiger climate classification map for Ukraine (1980-2016)



Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

Рисунок 4.2.1 Класифікація клімату України за Кеппен-Гейгером

Залежно від таких факторів, як зовнішня температура, відносна вологість, сонячне випромінювання, зовнішні шари теплової ізоляції слід вибирати таким чином, щоб забезпечити належний мікроклімат у приміщеннях (Таблиця 4.2.1.), оптимальні параметри якості повітря в житлових приміщеннях та комфорт користування приміщеннями.

Таблиця 4.2.1 Оптимальні параметри якості повітря в житлових приміщеннях*

Сезон	Температура повітря	Відносна вологість	Повітрообмін
Літо	18-24°C	30-70%	30м ³ /год/людина*
Зима		<55%	

Вибір огорожувальних конструкцій з відповідними значеннями коефіцієнта теплопередачі дозволяє опалювати будівлю за раціональних експлуатаційних витрат, а також уникнути конденсації водяної пари всередині зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку. Для забезпечення найкращого рівня енергоефективності будівлі необхідно також відповідати вимогам щодо площі вікон, герметичності зовнішньої оболонки будівлі та захисту від перегріву приміщень, залежно від існуючих зовнішніх кліматичних умов.

4.3 Архітектурно-будівельна документація будинку

Відповідно до чинного законодавства, майже будь-яке будівництво, реконструкція або оновлення будівлі (незалежно від права власності на земельну ділянку) повинно проводитися відповідно до процедури, визначеної нормативними актами. Залежно від складності запланованих будівельних робіт може знадобитися розроблення та затвердження проектної документації, отримання дозволу на будівництво/реконструкцію та введення будинку до експлуатації. Також нормативні акти можуть вимагати поінформування відповідні структури про початок будівельних робіт та складання декларації про заплановану дату завершення будівництва/реконструкції (для технічно простих проектів).

На рисунку нижче показано перелік технічної документації, який містить інформацію, що є необхідна для проведення енергоаудиту будівлі.



Рисунок 4.3.1 Технічна документація будівлі

В рапорті з енергоаудиту будівлі слід надати перелік документів та даних, які використовувались енергоаудитором під час виконання аудиту, а також вказівки та коментарі інвестора, суму власних коштів, виділених на покриття коштів термомодернізації, та можливу суму кредиту, який може отримати інвестор.

Технічна документація будівлі є дуже цінним джерелом інформації, необхідним для проведення подальших розрахунків. Однак часто виникають

ситуації, (наприклад, у випадку з будинками, побудованими кілька десятиліть тому), коли технічна документація є частковою або взагалі відсутня. Тому завданням енергоаудитора є виконання візуального огляду цілої будівлі ззовні та окремих приміщень під час виконання огляду будинку (наприклад, використовуючи тепловізійну камеру або візуальне обстеження). Потім слід уважно оглянути фасад будівлі та всі місця, де можуть виникнути нещільності, а також системи та їх елементи (радіатори, трубопроводи, регулятори, налаштування систем) до яких аудитор має доступ. Крім того, може бути корисним проведення розмов з мешканцями будинку та управляючим будинку. Під час таких розмов необхідно отримати якнайбільше інформації про будинок. Серед іншого, необхідно звернути увагу на:

- кількість людей, які фактично користуються будівлею,
- опалювану площу та об'єм приміщень,
- загальну площу та загальний об'єм будівлі,
- зовнішні огорожувальні конструкції,
- вікна та двері,
- систему гарячого водопостачання,
- систему газопостачання,
- електричну систему,
- котельню,
- систему опалення,
- систему вентиляції,
- житлові умови (параметри якості повітря в окремих приміщеннях),

- виконані раніше ремонти систем, тощо,
- теплове навантаження, споживання енергії, тарифи та додаткові оплати.

4.4 Характеристика споживання тепла в багатоквартирному будинку

Показники енергоефективності будинків – енергопотреба та енергоспоживання визначаються як сума цих показників для опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціонування, освітлення, тощо.

У цьому розділі представлено інформацію, інструменти та способи, які допоможуть визначити технічний стан системи опалення та гарячого водопостачання, а також перелік даних, необхідних для виконання розрахунку цих показників.

Щоб охарактеризувати енергоспоживання для системи опалення, необхідно враховувати такі фактори:

- місцеві кліматичні умови,
- характеристики огорожувальних конструкцій будівлі,
- вимоги до параметрів внутрішнього середовища,
- характеристики та параметри внутрішніх систем будівлі,
- діяльність та процеси в будівлі,
- поведінка мешканців та умови експлуатації будинку.

Першим етапом підготовки характеристики споживання тепла в багатоквартирному будинку є визначення джерела тепла, що використовується для гарячого водопостачання. Джерела теплової енергії до системи ГВП можна поділити на два типи: звичайні, до яких належать: котли

на викопному паливі, теплові мережі та електричні обігрівачі, та альтернативні джерела, такі як: відновлювані джерела, теплові насоси та комбіноване виробництво тепла та електроенергії.

Для виконання розрахунку кількості енергії, необхідної для системи ГВП, потрібні такі дані:

- споживання води визначеної температури на одного мешканця / користувача,
- час використання системи та її налаштування,
- кількість мешканців/користувачів,
- ККД системи ГВП

Розраховане споживання гарячої води має визначатися за допомогою відповідних нормативних документів або інших документів з урахуванням характеру використання будівлі. Одним із способів розрахунку енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання є використання кількості людей, які користуються цією системою та нормативного усередненого значення кількості споживаної гарячої води на одну людину. В нормативних актах також має бути наведено час використання системи протягом одного дня (тижня) або на основі графіку використання будівлі.

Кількість людей, які користуються цією будівлею, має визначатися залежно від типу будівлі та кількості квартир. Зазвичай кількість зареєстрованих мешканців будинку не збігається з кількістю осіб, які фактично проживають в ньому. У випадку якщо інформація про кількість мешканців в будинку є не доступною, аудитор самостійно повинен визначити ці показники, виконуючи припущення про фактичну кількість мешканців та використовуючи нормативні значення споживання води на одного мешканця. Це можна зробити, виходячи

з показів загальнобудинкових лічильників холодного та гарячого водопостачання (якщо вони встановлені).

У таблиці нижче представлені орієнтовні значення добового споживання води на одного мешканця багатоквартирного житлового будинку.

Таблиця 4.4.1 Розрахункове добове споживання води в житлових будинках, на одного мешканця

Житлові багатоквартирні будинки	Кліматичні райони			
	I		II, III, IV	
	Споживання води, л/добу			
	Загальна кількість	Гаряча вода	Загальна кількість	Гаряча вода
З водопроводом і каналізацією без ванн	100	40	110	45
Те ж саме з газопостачанням	120	48	135	55
З водопроводом, каналізацією і ваннами з водопідігрівачами, які працюють твердому паливі	150	60	170	70
Те саме з газовими водонагрівачами	210	85	235	95
З централізованим гарячим водопостачанням і сидячими ваннами	230	95	260	105
Те саме з ваннами завдовжки більше ніж 1500 мм	250	100	285	115

Якщо немає доступу до даних про загальне споживання гарячої води всіма мешканцями, їх кількість можна визначити на основі розмови з управляючим будинком чи наприклад консьєржем. Також кількість мешканців може бути прийнята на підставі технічної документації та наведених в ній розрахункової кількості мешканців.

На наступних етапах необхідно перевірити, чи дані узгоджуються між собою, наприклад, чи загальне споживання гарячої води відповідає кількості людей, що користуються нею, приймаючи до уваги технічний стан систем.

Для визначення загального енергоспоживання на потреби опалення до розрахунків слід включити ККД окремих пристроїв. У таблицях нижче наведені приблизні значення ефективності окремих елементів системи опалення та гарячого водопостачання.

Таблиця 4.4.2 Значення середньорічної ефективності виробництва теплової енергії з енергоносія або енергії, що подається до джерела тепла $\eta_{W,g}$

	Джерело тепла	$\eta_{W,g}$
1	Котел вугільний, вироблений	
	а) до 1980 р.,	0,60
	б) 1980–2000,	0,65
	с) починаючи з 2000 р.	0,82
2	Котел на біомасі (солома), ручне управління, потужністю:	
	а) до 100 кВт,	0,63
	б) більше 100 кВт	0,70
3	Котел на біомасі (дерево:пелети, брикети, скіпки), ручне управління, потужністю до 100 кВт	0,65
4	Котел на біомасі (солома) з автоматизованою системою подачі, потужністю:	
	а) до 100 кВт,	0,70
	б) більше 100 кВт до 600 кВт	0,75
5	Котел на біомасі (дерево:пелети, брикети, скіпки), з автоматизованою системою подачі, потужністю:	
	а) до 100 кВт,	0,70
	б) більше 100 кВт до 600 кВт	0,85
6	Котел на біомасі (солома, дерево:пелети, брикети, скіпки) з автоматизованою системою подачі, потужністю більше 600 кВт	0,85

	Джерело тепла	$\eta_{н,г}$
7	Каміни з закритою камерою згорання	0,70
8	Піч/камін	0,80
9	Електричний водонагрівач	0,94
10	Електронагрівач	1,00
11	Електричні опалювальні прилади: конвекторні, панельні, променисті, підлогові	0,99
12	Котел на мазуті або газі для житлових приміщень	0,84
13	Котел газовий або на рідкому пальному з відкритою камерою згорання та двостороннім контролем горіння	0,86
14	Низькотемпературний котел на газі або рідкому пальному, з закритою камерою згорання та пальником з модуляцією, потужністю:	
	а) до 50 кВт,	0,87
	б) більше 50 до 120 кВт,	0,91
	в) більше 120 до 1200 кВт	0,94
15	Газовий конденсаційний котел (70/55°C) потужністю:	
	а) до 50 кВт,	0,91
	б) більше 50 до 120 кВт,	0,92
	в) більше 120 до 1200 кВт	0,95
16	Низькотемпературний газовий конденсаційний котел (55/45°C) потужністю:	
	а) до 50 кВт,	0,94
	б) більше 50 до 120 кВт,	0,94
	в) більше 120 до 1200 кВт	0,98
17	Теплові насоси типу вода/вода, компресорні, з електричним приводом:	
	а) 55/45°C,	3,60
	б) 35/28°C	4,00
18	Теплові насоси типу гліколь/вода, компресорні, з електричним приводом:	

	Джерело тепла	ПН,г
	а) 55/45°C,	3,50
	б) 35/28°C	4,00
19	Теплові насоси типу ґрунт/вода, компресорні, з електричним приводом:	
	а) 55/45°C,	3,50
	б) 35/28°C	4,00
20	Теплові насоси типу прямого випаровування ґрунт/система опалення, компресорні, з електричним приводом	4,00
21	Теплові насоси типу повітря/вода, компресорні, з електричним приводом:	
	а) 55/45°C,	2,60
	б) 35/28°C	3,00
22	Теплові насоси типу повітря/вода, компресорні, газові:	
	а) 55/45°C,	1,30
	б) 35/28°C	1,40
23	Теплові насоси типу повітря/вода, абсорбційні , газові:	
	а) 55/45°C,	1,30
	б) 35/28°C	1,40
24	Теплові насоси типу гліколь/вода, компресорні, газові	
	а) 55/45°C,	1,40
	б) 35/28°C	1,60
25	Теплові насоси типу гліколь/вода, абсорбційні , газові:	
	а) 55/45°C,	1,40
	б) 35/28°C	1,60
26	Теплові насоси типу повітря/повітря, компресорні, електричні	3,00
27	Теплові насоси типу повітря/повітря, компресорні, газові	1,30
28	Теплові насоси типу повітря/повітря, абсорбційні , газові	1,30
29	Індивідуальний тепловий пункт в обудові, потужністю:	
	а) до 100 кВт,	0,98

	Джерело тепла	$\eta_{H,g}$
	б) більше 100 кВт	0,99
30	Індивідуальний тепловий пункт без обудови, потужністю:	
	а) до 100 кВт,	0,91
	б) більше 100 до 300 кВт,	0,93
	с) більше 300 кВт	0,95

Таблиця 4.4.3 Значення середньорічної ефективності передачі тепла від джерела тепла до пунктів розбору води $\eta_{W,d}$

	Тип системи приготування гарячої води	$\eta_{W,d}$
1	Місцеве підігрівання води - системи без циркуляції	
1.1	Підігрів води безпосередньо в пунктах розбору	1,00
1.2	Підігрів води для групи пунктів розбору, які знаходяться в одному помешканні	0,80
2	Локальні тепловий пункти	
2.1	Компактний тепловий пункт без циркуляції для одного помешкання	0,85
3	Централізоване підігрівання води - системи без циркуляції	
3.1	Системи приготування гарячої води в односімейних будинках	0,60
4	Централізоване підігрівання води - системи з вимушеною циркуляцією, з не заізованими стояками та заізованими розподільними трубопроводами	
4.1	Кількість пунктів розбору води:	
	а) до 30,	0,60
	б) більше 30 до 100,	0,50
	с) більше 100	0,40
5	Централізоване підігрівання води - системи з вимушеною циркуляцією, з заізованими стояками та розподільними трубопроводами	
5.1	Кількість пунктів розбору води:	

	а) до 30,	0,70
	б) більше 30 до 100,	0,60
	с) більше 100	0,50
6	Централізоване підігрівання води - системи з вимушеною циркуляцією та регуляцією часу роботи, з заізолюваними стояками та розподільними трубопроводами	
	Кількість пунктів розбору води:	
6.1	а) до 30,	0,80
	б) більше 30 до 100,	0,70
	с) більше 100	0,60

Таблиця 4.4.4 Значення середньорічної ефективності накопичення тепла в ємнісних елементах системи приготування гарячої води $\eta_{W,s}$

№	Накопичувач гарячої води в системі приготування гарячої води	$\eta_{W,s}$
1.	Накопичувач гарячої води в системі приготування гарячої води, який виготовлено: а) до 1995 г., б) 1995–2000, с) 2001–2005, д) після 2005 г.	0,60 0,65 0,80 0,85
2.	Система приготування гарячої води без накопичувача гарячої води	1,00

Для більш точного визначення стану установки та розрахункових параметрів, що використовуються для розрахунку енергоспоживання, при виконанні дослідження будинку і його систем можна використовувати такі пристрої:

- контактний термометр,



Рисунок 4.4.1 Контактний термометр

- пірометр,



Рисунок 4.4.2 Пірометр

- тепловізійну камеру

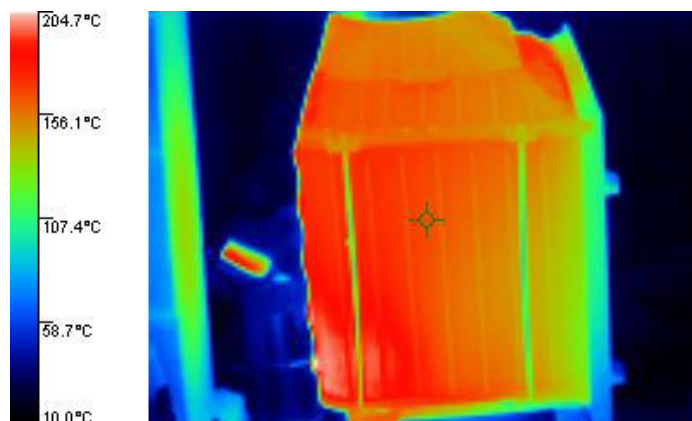


Рисунок 4.4.3 Термограма отримана тепловізійною камерою

- ультразвуковий витратомір.



Рисунок 4.4.4 Накладний ультразвуковий витратомір

Після збору відповідних даних про будівлю необхідно виконати технічну оцінку стану будівлі і систем. У таблиці нижче представлено метод оцінки технічного стану систем гарячого водопостачання та рекомендовані заходи термомодернізації в окремих випадках.

Таблиця 4.4.5 Оцінка технічного стану установки для приготування побутової гарячої води

Ознаки зносу	Фізичний знос, %	Приклади проектів термомодернізації
Послаблення сальникових набивок, прокладок змішувачів і запірної арматури, окремі порушення теплоізоляції магістралей і стояків	0-20 (добрий)	Набивання сальників, заміна прокладок, улаштування теплоізоляції трубопроводів (місцями)
Крапельні течі у місцях різьбових з'єднань трубопроводів і врізки запірної арматури; порушення роботи окремих рушникосушилок (течі, порушення пофарбування, сліди ремонту); порушення теплоізоляції магістралей і стояків; часткове	21-40 (задовільний)	Часткова заміна запірної арматури і окремих рушникосушилок, вибіркова заміна трубопроводів магістралей, відновлення теплоізоляції

Ознаки зносу	Фізичний знос, %	Приклади проектів термомодернізації
пошкодження корозією магістралей		
Несправність змішувачів і запірної арматури; сліди ремонту трубопроводів і магістралей (хомути, латки, заміна окремих ділянок); незадовільна робота рушникосушилок; значна корозія трубопроводів	41-60 (незадовільний)	Заміна запірної арматури, змішувачів, рушникосушилок; часткова заміна трубопроводів магістралей і стояків
Несправні системи: вихід з ладу запірної арматури, змішувачів, рушникосушилок, сліди значних ремонтів системи у вигляді хомутів, часткової заміни, зварювань; корозія елементів системи	61-80 (застарілий)	Повна заміна системи

У таблиці нижче узагальнено дані, необхідні для створення характеристик споживання тепла в будівлі.

Таблиця 4.4.6 Дані, необхідні для створення характеристик споживання тепла будівлі

№	Дані
1.	Тип палива
2.	Коефіцієнт невідновлюваної первинної енергії
3.	Відсоток палива (частка палива в загальному балансі)
4.	Тип котла
5.	Ефективність використання тепла
6.	Ефективність виробництва енергії - η_W , g

7.	Ефективність передачі тепла- $\eta W, d$
8.	Ефективність накопичення тепла - $\eta W, s$
9.	Рік будівництва котельні, теплопункту
10.	Технічний стан джерела тепла
11.	Інформація про обслуговування котла
12.	Стан ізоляції системи ГВП

Важливим елементом, що впливає на енергоспоживання системи опалення, є втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції. Через низьку теплоізоляцію зовнішньої оболонки будівлі та наявність теплових містків, а також дефектів, що виникають під час будівництва та експлуатації будинків, втрати тепла є основною причиною високого енергоспоживання для опалення будівель. Причиною високого енергоспоживання також можуть бути втрати тепла на підігрів повітря, що надходить до будинку через систему вентиляції або через надходження повітря у неконтрольований спосіб через нещільність зовнішніх вікон та дверей. Іншим важливим джерелом втрат тепла є несправні, нещільні та застарілі опалювальні прилади та обмежена здатність регулювання теплоносія до них. Беручи до уваги той факт, що майже 40% будинків в Україні було побудовано до 1960 року, слід очікувати, що вищезгадані втрати тепла відіграють ключову роль у споживанні енергії на потреби опалення та гарячого водопостачання.

Після збору всіх параметрів необхідних для розрахунку можна приступати до визначення показників енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання. Наведена нижче рисунки узагальнює етапи розрахунку.

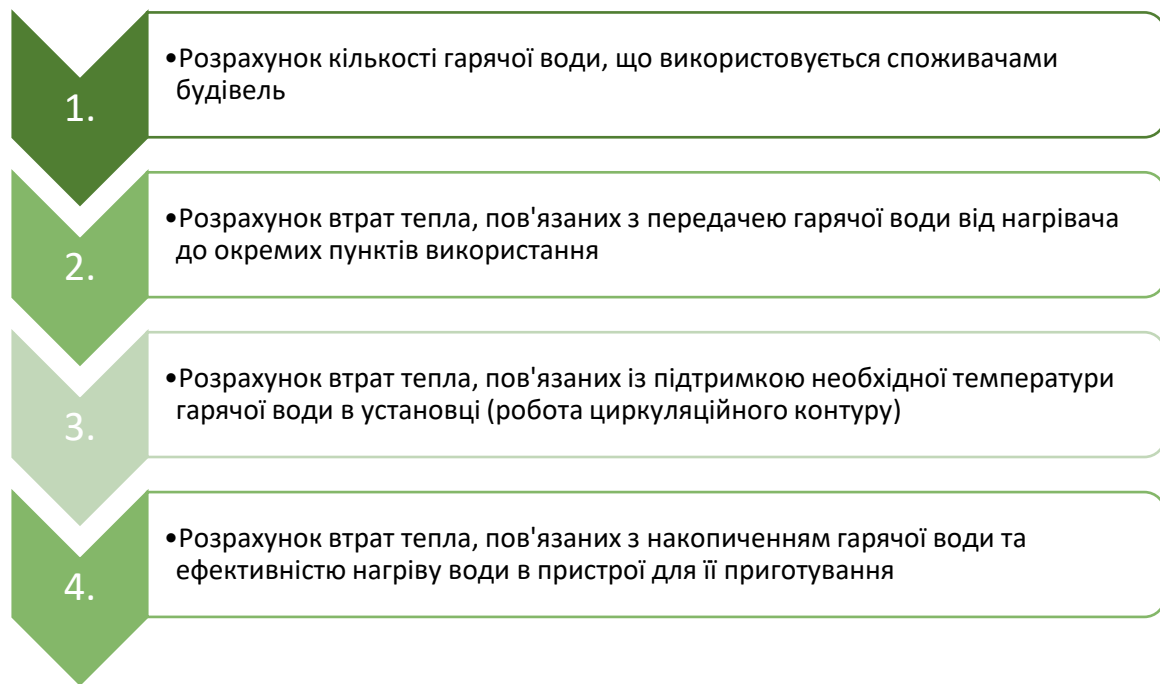


Рисунок 4.4.5 Методологія визначення показників енергоспоживання на потреби ГВП

Після визначення показників енергоспоживання в будівлі можна обрати відповідні термомодернізаційні заходи, що зменшать споживання енергії.

Прикладами стандартних термомодернізаційних заходів є:

- заміна несправних пристроїв,
- заміна негерметичних трубопроводів,
- ремонт або ізоляція трубопроводів,
- скорочення часу роботи циркуляційного контуру системи ГВП (за допомогою термостатичних клапанів встановлених на стояках ГВП або регулювання часу роботи циркуляційних насосів),
- встановлення пристроїв, що зменшують споживання гарячої води (наприклад аератори),
- встановлення лічильників гарячої води для житлових приміщень.

4.5 Використання електричної енергії

Проблема забезпечення енергією є вирішальною для економіки сучасного світу. Перед Україною також стоять серйозні завдання в галузі енергетики. Виклик ставлять глобальні та європейські цілі енергетичної політики, тобто підвищення конкурентоспроможності економіки, збереження енергетичної безпеки та ефективного захисту навколишнього середовища. Досягнення таких цілей має забезпечуватись заходами, серед яких особливе значення має впровадження та розвиток конкурентоспроможних енергетичних ринків особливо у секторах електроенергетики та природного газу. За даними Енергетичного балансу України за 2019 рік, загальне енергоспоживання житлового сектора склало 14004 тис. ТОЕ (тонн нафтового еквівалента), з них 3030 тис. ТОЕ (35 238 900 000 кВт·год) - це електроенергія. На рисунку 4.5.1 показано баланс споживання енергії у житловому секторі за видами енергії у 2020 році. Найбільша частина енергії споживається у вигляді природного газу, друга - електроенергія, третя - тепло з теплових мереж.

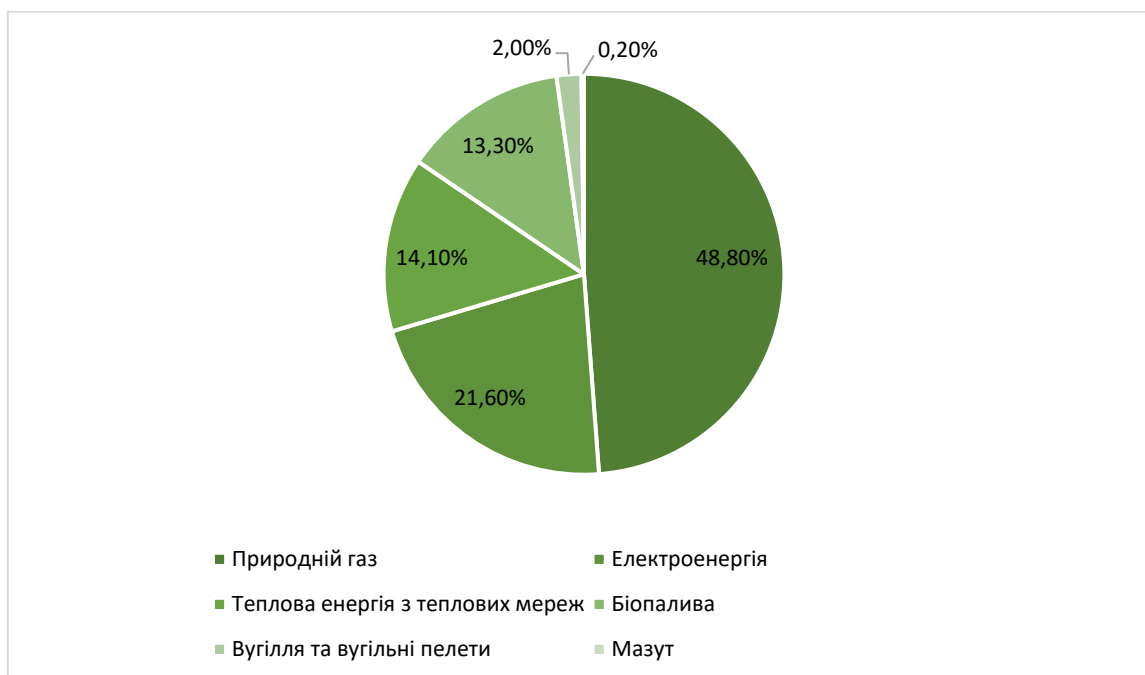


Рисунок 4.5.1 Баланс споживання енергії у житловому секторі за видами енергії у 2020 році

Через відсутність детальної статистики споживання електроенергії можна оцінити лише споживання енергії на душу населення та на домогосподарство. Згідно з даними за 2020 рік, житловий фонд України становив 17 385 384 квартири, на які в середньому припадає по 2,1 дорослого мешканця, тож можна підрахувати, що на одного мешканця припадає близько 965 кВт·год електроенергії на рік, а одне домогосподарство споживає близько 2027 кВт·год, що відповідає медіані споживанню енергії в Польщі. В таблиці нижче наведено значення середнього споживання, витрат та цін на електроенергію в домогосподарствах.

Таблиця 4.5.1 Середнє споживання, витрати та ціни на електроенергію в домогосподарствах у Польщі

Значення	Кількість		Ціна	Кошти
	Разом	В тому числі господарства, що ведуть сільськогосподарську діяльність		
	кВт·год	в кВт·год	PLN	PLN/кВт·год
Середнє арифметичне	2375	3797	1488	0,65
Медіана	2000	2632	1200	0,62

На Рисунку 4.5.2 показано відсоток споживання електроенергії в житловому секторі України за типами використання. Найбільше споживання електроенергії припадає на освітлення та побутову техніку, потім нагрівання води для комунальних потреб та приготування їжі.

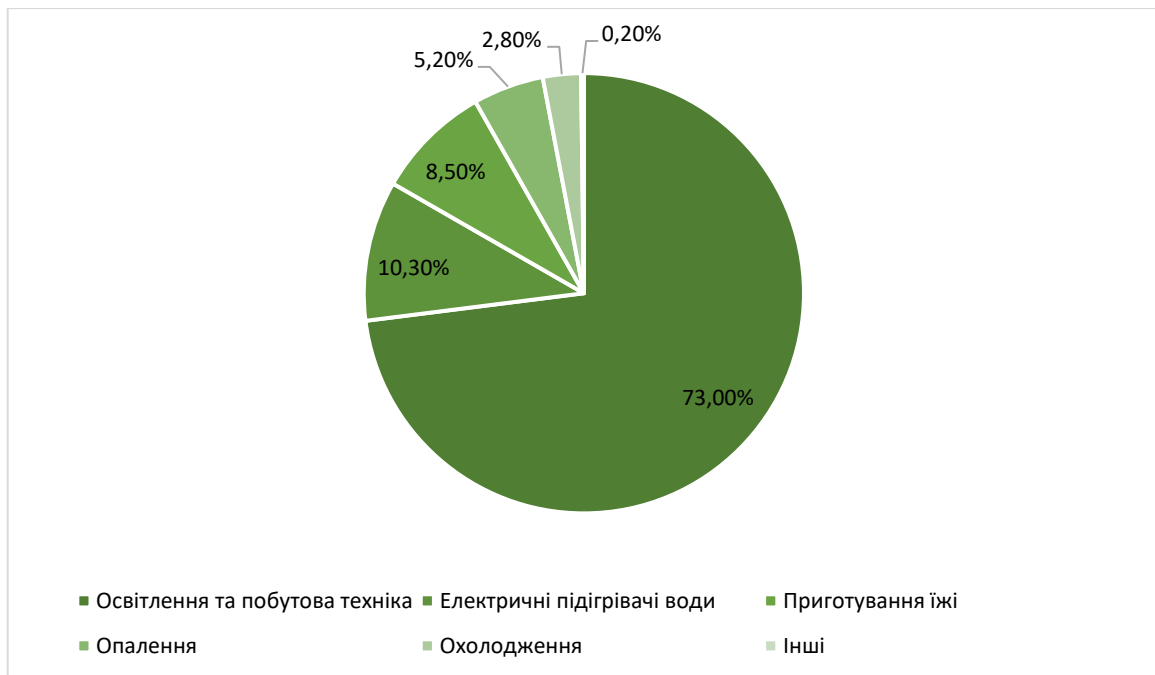


Рисунок 4.5.2 Споживання електроенергії в житловому секторі у поділі на групи споживачів

Основними цілями енергоаудиту у секторі використання електроенергії є:

- визначення споживання електроенергії та кількості споживачів;
- дані про спожиту потужність (кількість ват) та часу праці;
- попередня оцінка потенційної енергоефективності заходів, які можуть зменшити споживання електроенергії.
- Збір достовірної інформації є важливим фактором для визначення споживання електроенергії у будинку. Доступні стратегії збору інформації включають:
 - збір інформації з проектної документації та табличок на приладах,
 - точкове вимірювання (зчитування значення миттєвої потужності),
 - короточасне вимірювання (встановлення портативних вимірювальних пристроїв протягом тривалості повного циклу роботи приладу),

- довгострокове вимірювання (встановлення портативних вимірювальних пристроїв протягом тривалого часу з урахуванням динамічних змін, наприклад погодних умов).



Рисунок 4.5.3 Формула розрахунку споживання електроенергії

Більшість побутових приладів мають етикетки з енергоефективності, де можна знайти дані про їх потужність. Зазвичай це максимальна потужність, яку може використати пристрій, і здебільшого набагато більша за фактичну. Використовуючи дані про максимальну потужність з етикетки, та час праці приладу можна орієнтовно визначити споживання енергії, проте фактичне споживання визначене в кВт·год зазвичай буде нижчим. Холодильники та морозильні камери є одними з основних споживачів електроенергії в квартирах, тому що вони працюють переважно цілий рік. Старший холодильник може споживати до 900 кВт·год енергії на рік.

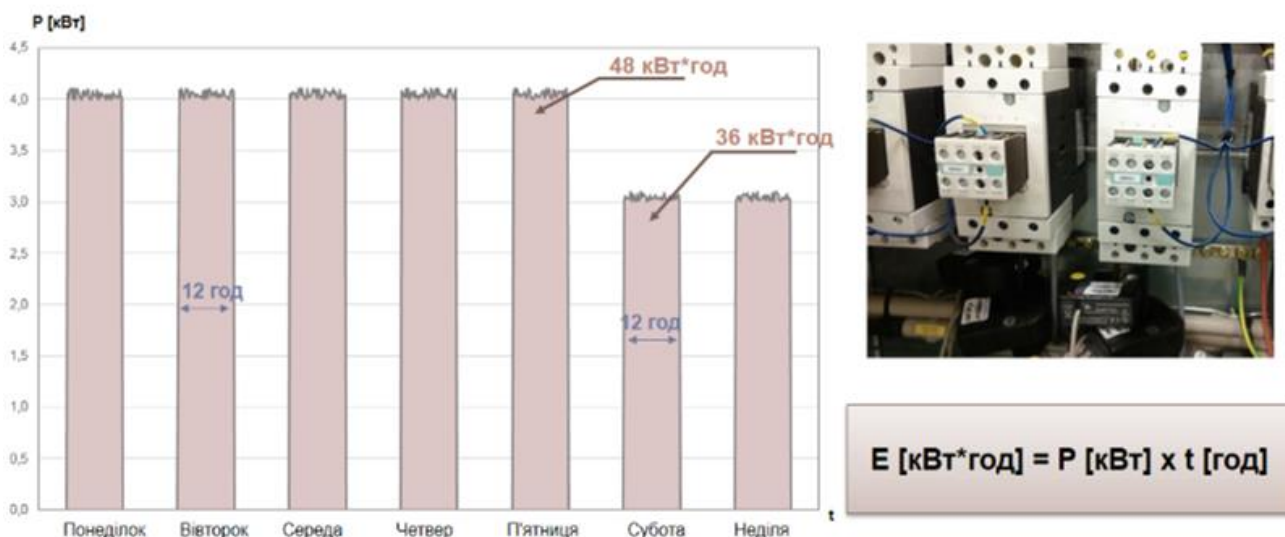


Рисунок 4.5.4 Профіль навантаження системи освітлення

Однак, особливо у житловому секторі, слід враховувати деякі важливі аспекти перед виконанням вимірювання. Найкраще використовувати наявну, цілісну інформацію, не витрачаючи часу на отримання споживання в окремих точках будинку. Аналіз споживання електроенергії необхідно розпочати з наявної документації, і тільки у випадку відсутності необхідної інформації, можна перейти до вимірювань. Точна складена технічна документація дає більш достовірну інформацію, ніж несистематичні вимірювання. Слід використовувати найпростіші методи вимірювання, для найважливіших пунктів, вузлів. Не варто витрачати час на складні процедури вимірювання, щоб отримати точні результати споживання електроенергії в пунктах з низьким споживанням. Нижче наведено приклад профілю навантаження системи освітлення, виміряного за допомогою електричної панелі протягом тижня з заданою потужністю в кВт. Споживання електроенергії за обраний період роботи можна розрахувати за формулою $E = P \cdot t$. З понеділка по п'ятницю кількість використаної на потреби освітлення енергії складає $E = 4 \text{ кВт} \cdot 12 \text{ год} = 48 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, у суботу та неділю $E = 3 \text{ кВт} \cdot 12 \text{ год} = 36 \text{ кВт} \cdot \text{год}$.

5

ТЕПЛОВІ ПОТОКИ ТА ПРОЦЕСИ В ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

5. ТЕПЛОВІ ПОТОКИ ТА ПРОЦЕСИ В ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ

5.1 Теплообмін будівлі з зовнішнім середовищем

Кожна будівля втрачає тепло, яке замість того, щоб залишатися в опалювальному об'ємі, втрачається через зовнішні огорожувальні конструкції та теплові містки. Причиною підвищених тепловтрат можуть бути дефекти конструкції будівлі, використання неякісних ізоляційних матеріалів, неправильний монтаж інсталяцій та теплоізоляції, пошкодження шарів теплоізоляції, гідроізоляції, тощо.

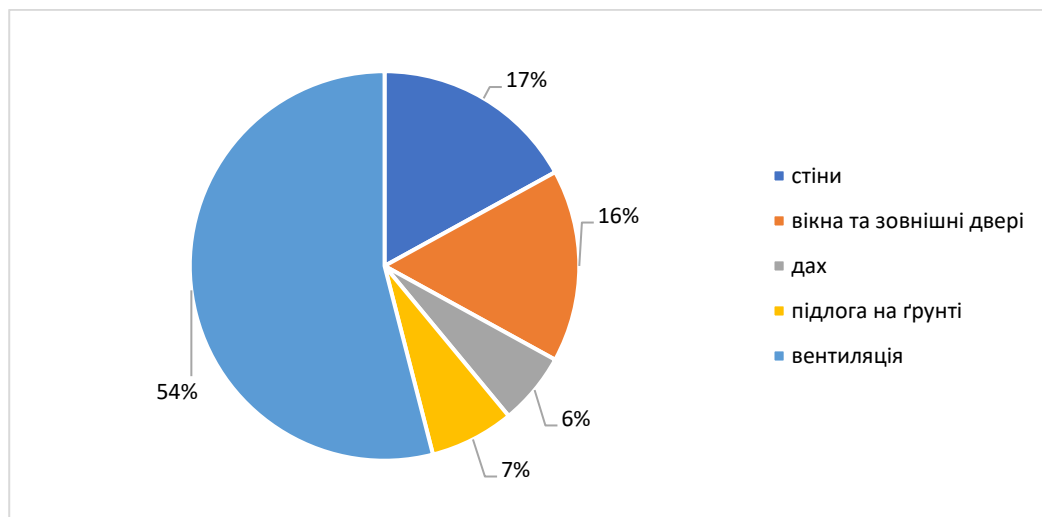


Рисунок 5.1.1 Приклад розкладу втрат тепла в багатоквартирному житловому будинку
На рисунку 4.1.1 показано місця в будівлі, через які найчастіше втрачається тепло:

- близько 20% через стіни та кути зовнішніх стін,
- 6–10% через дах,
- від 15% тепла через вікна та двері,
- від 7–10% через підвали та фундаменти,
- близько 50% – 55% інші втрати тепла викликані вентиляцією.

До основних причин втрати тепла у будівлі до зовнішнього середовище, поза теплообміном через зовнішні огорожувальні конструкції та підігрів вентиляційного повітря є ряд інших, значних причин:

- наявність теплових містків, що виникають в наслідок особливостей технологій, геометричних розмірів вузлів примикання, неоднорідності використаних будівельних матеріалів, тощо;
- нещільності в зовнішніх огорожувальних конструкціях або теплової ізоляції будівлі. Найчастіше вони зустрічаються в місцях з'єднання перекриттів зі стінами, дахом та підвалом. Тепле повітря, що завжди піднімається вгору, проникає у неопалювані приміщення будівлі, створюючи додаткові втрати тепла;
- нещільності та зазори, утворені через погано ізольований фундамент та тріщини стін, викликані рухом ґрунту, на якому стоїть будівля (наприклад, райони підземного видобутку).
- погана або відсутня вентиляція. Тоді не відбувається обмін свіжого повітря у приміщенні, мешканці організують приток свіжого повітря через неконтрольоване відкриття вікон та дверей, що значно збільшує кількість повітря, що підігрівається та видаляється на зовні будинку;
- неправильно виконані будівельні роботи на етапі зведення будівлі та необережне виконання теплоізоляції будівлі, що зменшує її теплоізоляційну функціональність.

Коефіцієнт теплопровідності

Коефіцієнт теплопровідності λ (Вт/(м·К)) – це кількість теплової енергії, що протікає через огорожувальні конструкції внаслідок наявної різниці температур. Це одна з найважливіших характеристик ізоляційних матеріалів.

Чим меншим є значення коефіцієнта λ , тим менш провідним є матеріал, а отже, краще ізолює від втрат тепла.

Коефіцієнт теплопередачі

Енергетична характеристика огорожувальної конструкції визначається коефіцієнтом тепловіддачі U . Якщо коефіцієнт теплопровідності λ є ознакою даного матеріалу, то коефіцієнт теплопередачі U визначає енергетичну характеристику конкретної огорожувальної конструкції. Таким чином, коефіцієнт теплопровідності впливає на значення коефіцієнта теплопередачі U .

Метод розрахунку коефіцієнтів теплопередачі включає:

- визначення коефіцієнтів теплопровідності λ для матеріалів, що входять до складу огорожувальної конструкції,
- розрахунок теплого опору R для огорожувальної конструкції (відповідно до значення λ використаних шарів стіни та їх товщини у поперечному перерізі),
- розрахунок коефіцієнта теплопередачі U як зворотного значення теплового опору з врахуванням всіх складових теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі розраховується за формулою:

$$U = \frac{1}{R} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right] \quad (5.1.1)$$

де R – тепловий опір огорожувальної конструкції, що розраховується за формулою

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right] \quad (5.1.2)$$

Приклад: Розрахунок значення коефіцієнта теплопередачі U для огорожувальної конструкції, що складається з кількох шарів.

Стіна з вікнами (без балконів) має такі шари, рахуючи зсередини будівлі:

- Вапняна штукатурка 0,02 м; $\lambda = 0,7$ (Вт/(м·К)).
- Масив цегли на цементно-вапняному розчині 0,38 м; $\lambda = 0,77$ (Вт/(м·К)).
- Плити з мінеральної вати 0,10 м; $\lambda = 0,050$ (Вт/(м·К)).
- Силікатна цегла 0,12 м; $\lambda = 0,13$ (Вт/(м·К)).
- Тепловий внутрішній поверхневий опір (R_{si}) = 0,13 (Вт/(м·К))*.
- Тепловий зовнішній поверхневий опір (R_{se}) = 0,04 (Вт/(м·К))*.

*Значення відповідають польським нормам

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,38}{0,77} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,12}{0,13} + 0,04 = 3,615 \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$$
$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{3,615} = 0,276 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

5.2 Теплові містки та наслідки їх виникнення

Як згадувалося раніше, особливим місцем втрат тепла з приміщень є теплові містки, тобто місця зі збільшеним тепловим потоком зсередини будівлі назовні. Існує два типи містків:

- **будівельні**, тобто місця, де використані конструктивні рішення створюють несприятливі умови для теплоізоляції, наприклад, місця, де неперервність контуру теплоізоляції порушується через необхідність виконання будівельних вимог,
- **геометричні** – в результаті форми зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі, наприклад, у кутах будівель або в місцях

примикання зовнішніх стін з іншими огорожувальними конструкціями. Прикладом геометричного містка є кут будівлі (рис. 5.2.2), у якого внутрішня поверхня є значно меншою ніж зовнішня. Наявність теплового містка веде до зменшення температури огорожувальної конструкції з внутрішньої сторони, що досить часто є причиною конденсації вологи на них і збільшення рівня вологості в кутах приміщень. У цих місцях бажано збільшувати товщину теплоізоляції.

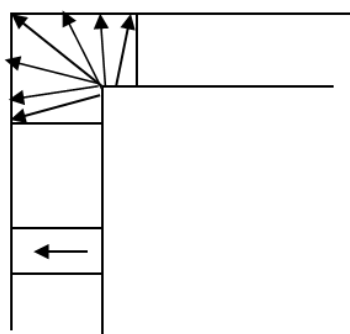


Рисунок 5.2.1 Тепловий місток у зовнішньому куті будівлі (вид у горизонтальному розрізі)

Наступний поділ теплових містків виконують відповідно до їх геометричних характеристик:

- **лінійні** – виникають уздовж певної лінії, мають лінійний характер (наприклад вузли примикання дверних чи віконних стулок, примикання балконних плит до стін будинку, примикання міжповерхових перекриттів, тощо,
- **точкові** – викликані проколом (пошкодженням) шару ізоляції шпильками, гаками або анкерами, що з'єднують структурні шари стіни, розділені ізоляційним матеріалом.

Найпоширеніші місця виникнення теплових містків у багатоквартирних будинках:

а) Зовнішні стіни

У стінах містки можуть виникати по краях віконних прорізів і в місцях примикання внутрішніх стін до зовнішніх. Рисунок 5.2.2 показує появу містків залежно від типу ізоляції стіни (всередині або зовні).

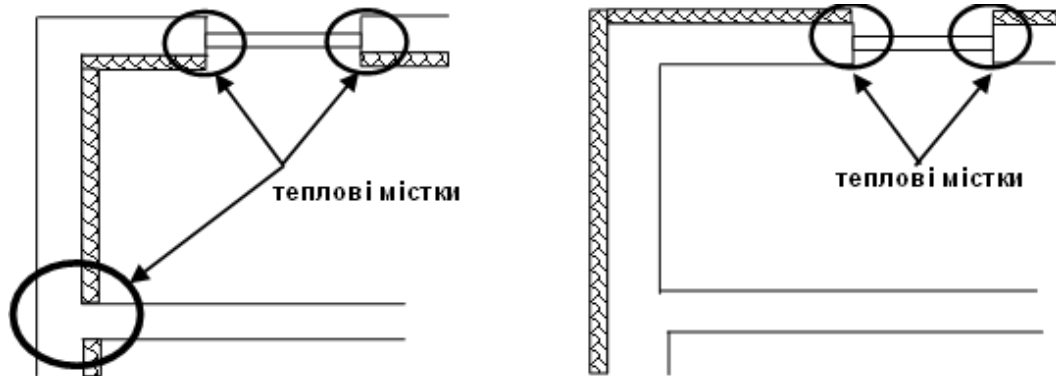


Рисунок 5.2.2 Виникнення теплових містків залежно від способу утеплення стін

б) Дахи та перекриття під неопалюваним горищем

Теплові містки виникають, наприклад, у вінцях по периметру перекриття, розташованих на рівні стелі.

с) Балкони

Теплові містки виникають у місцях з'єднання балконної плити та перекриття або зовнішньою стіною (Рисунок 5.2.3)

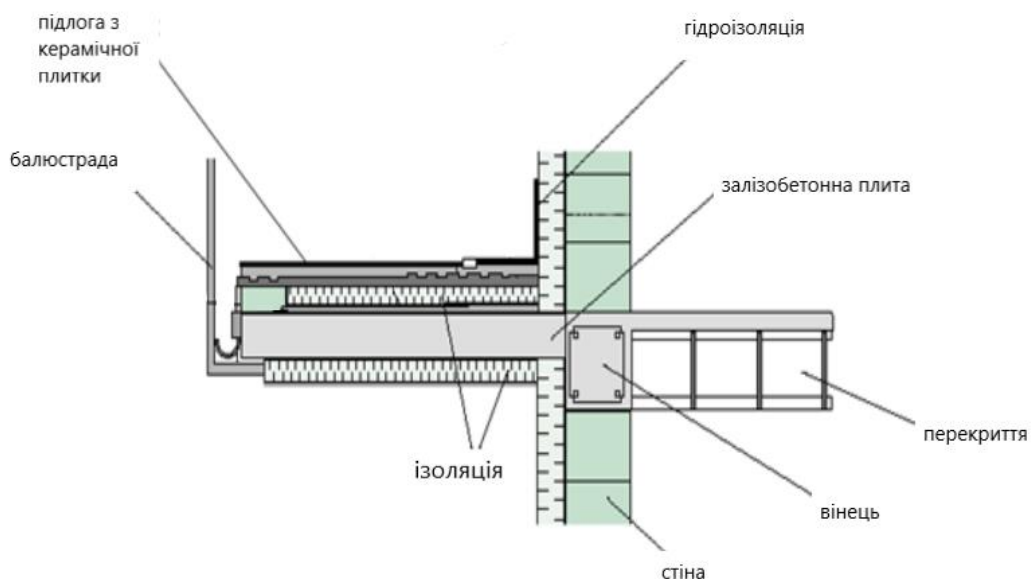


Рисунок 5.2.3 Тепловий місток у балконній плиті частково зменшений теплоізоляцією

Розрахунок теплового потоку через теплові містки окреслюють норми. На їх основі ми визначаємо еквівалентний коефіцієнт теплопередачі через огорожувальну конструкцію, враховуючи лінійні та точкові теплові містки:

$$U_k = U + \sum \psi_k \cdot \frac{l_k}{A} + \sum X \cdot \frac{j}{A} \quad (5.2.1)$$

де:

ψ_k – коефіцієнт лінійної тепловіддачі, Вт / (м·К)

X – коефіцієнт точкової тепловіддачі, Вт/ К

l_k – довжина лінійного містка, м

j – кількість містків, шт

A – площа стіни, м²

Врахування теплових містків при розрахунку тепловтрат вимагає визначення довжини лінійних містків, значення коефіцієнта лінійної тепловіддачі, визначення кількості точкових містків та їх коефіцієнтів передачі.

На практиці точкові теплові містки мають не значний вплив та можуть не враховуватись при спрощеному аналізі будинку. Натомість, у випадку виконання енергетичного аудиту комплексної термомодернізації або будівель NZEB, необхідно розрахувати вплив всіх видів теплових містків. У випадку зменшення тепловтрат через утеплені зовнішні огорожувальні конструкції значення коефіцієнтів лінійної і точкової тепловіддачі зростають, у порівнянні до стану перед утепленням, а їх відсоткова частка може зрости. Проте це не означає, що значення тепловтрат у порівнянні до стану перед модернізацією збільшаться. Зазвичай при виконання комплексної термомодернізації будинку, загальні тепловтрати будинку зменшуються на 60-80%.

Приклад – Розрахунок коефіцієнта теплопередачі для стіни з урахуванням теплових містків навколо вікна.

Розглянемо стіну площею 10 м², з одним вікном розмірами 1,5 x 1,8 м і площею 2,70 м². Стіна з зовнішньою ізоляцією, лутка з утеплювачем, вікно розташоване по внутрішньому краю віконного прорізу. Коефіцієнт U для стіни без містків становить 0,232 Вт/(м²·К).

Лінійний коефіцієнт для лутки, перемички та підвіконня дорівнює 0,20 Вт/(м²·К).

$$\Delta U = [2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,8] \cdot \frac{0,2}{10 - 2,7} = 0,181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$U_k = 0,232 + 0,181 = 0,413 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Як можна зауважити, коефіцієнт теплопередачі для стіни з врахуванням впливу лінійного теплового містка є майже на половину більший за той же коефіцієнт, розрахований без врахування впливу теплових містків для даної огорожувальної конструкції.

5.3 Втрати тепла через вентиляцію

Система вентиляції – це набір елементів та пристроїв, що забезпечують необхідний повітрообмін у приміщеннях, призначення яких:

- забезпечення киснем, необхідним для дихання та правильного перебігу процесів горіння,
- зниження вмісту вологи в повітрі всередині приміщень,
- зниження концентрації шкідливих забруднювачів повітря до рівня, прийняттого для організму людини.

Потік повітря всередині будівлі обумовлений різницею тиску між зовнішнім навколишнім середовищем та приміщеннями. Цей ефект може бути

викликаний природними факторами, тобто різницею температури повітря та впливом вітру на оболонку будівлі, або механічно з використанням відповідних пристроїв. Як показано на Рисунку 5.1.1, втрати через вентиляцію становлять близько 50% усіх втрат у будівлі. Використання відповідної системи вентиляції повинно бути компромісом між забезпеченням належного мікроклімату в приміщеннях та кількістю енергії, що використовується / втрачається цією системою.

Залежно від використання окремих сил, здатних викликати необхідний потік повітря, розрізняють природну, механічну та гібридну систему вентиляції.

Вентиляція з природним спонуканням

Найпоширеніший спосіб організації повітрообміну всередині приміщень – це природна гравітаційна вентиляція, де безперервна подача свіжого повітря ззовні всередину відбувається через нещільності у вікнах та дверях (конструкційні нещільності або спеціальні пристрої/отвори – провітрювачі), а також завдяки відкриванню вікон. Відпрацьоване повітря виводиться через вертикальні витяжні вентиляційні канали, які в житлових будинках розташовані на кухнях, у ванних кімнатах та туалетах, а в громадських будівлях також і в інших приміщеннях.

Система природної вентиляції має основний недолік у тому, що інтенсивність повітрообміну залежить від зміни погодних умов (температура, вітер, тиск) і не є адаптована до поточних експлуатаційних потреб, пов'язаних, наприклад, з присутністю великої кількості людей у приміщенні або приготуванням їжі. В результаті повітрообмін іноді буває недостатнім, а іноді надмірним.

Коли відбувається заміна старих вікон на нові у будівлі з природною вентиляцією, їх висока герметичність може різко зменшити кількість припливного повітря, що призведе в подальшому до утворення надмірної

вологи в будівлі. Тому вікна повинні бути обладнані спеціальними віконними провітрювачами. Метою їх використання є забезпечення припливу зовнішнього повітря до приміщень та регулювання потоку повітря залежно від потреб і, як наслідок, зменшення ризику надмірної вологості в приміщеннях. Віконні провітрювачі можуть бути встановлені у верхній частині вікна (у рамі, стулці, між стулкою та верхнім краєм склопакета), або у віконному отворі (між відкосом та верхнім краєм рами), в корпусі зовнішніх ролет.

Ручне регулювання – найпростіша система управління провітрювачами, яка полягає в ручному налаштуванні діафрагми, що зменшує площу поперечного перерізу припливного отвору, залежно від потреб та уподобань користувача.

Віконні провітрювачі, що контролюються рівнем вологості в приміщенні, становлять окрему групу провітрювачів. Вони використовують залежність відносної вологості повітря від інтенсивності використання приміщень (наприклад, від кількості людей).

Механічна вентиляція

Повітрообмін, який є вимушеним роботою вентиляторів – це механічна система вентиляція.

Виконуючи поділ систем вентиляції на типи, можна виділити три основні рішення:

- механічна витяжна вентиляція – система вентиляторів виводить відпрацьоване повітря з приміщення, а припливне повітря надходить ззовні та з сусідніх приміщень природним чином через отвори та нещільності в огорожувальних конструкціях. Нагрівання припливного повітря відбувається безпосередньо в приміщенні.
- механічна припливна вентиляція – система вентиляторів подає нагріте повітря в приміщення і через надлишковий тиск відпрацьоване повітря

проникає назовні та в сусідні приміщення через отвори та нещільності в огорожувальних конструкціях (рішення, яке дуже рідко використовується в будівництві),

- механічна припливно-витяжна вентиляція – припливне та витяжне повітря доставляється до приміщень механічно.

Серед переваг механічної припливно-витяжної вентиляції є можливість:

- формування параметрів якості повітря в приміщенні,
- фільтрації повітря, що надходить у приміщення,
- формування правильного розподілу повітря відповідно до функціонального призначення приміщень (висока ефективність вентиляції),
- впровадження різних процесів підготовки повітря (попередній підігрів чи охолодження, кондиціонування повітря, тощо),
- рекуперації енергії з відпрацьованого повітря,
- вимкнення цілої системи елементів або окремих приміщень за відсутності користувачів/мешканців.

Однак механічні системи вентиляції також мають ряд значних недоліків:

- високі інвестиційні витрати порівняно з іншими системами,
- необхідність систематичного обслуговування,
- ризик виникнення шуму за рахунок роботи вентилятора, турбулентності та вібрацій, що виникають із проходженням потоку повітря,
- необхідність великої кількості місця, та фактична неможливість виконання механічної системи вентиляції у приміщеннях з низькою висотою

приміщення (неможливість використання у вже існуючих будівлях без вартісних змін в конструкції будівлі).

Не зайвим елементом механічної вентиляції є рекуператор. Це пристрій для відбору тепла з відпрацьованого повітря та нагрівання за допомогою цього тепла приточного повітря, що подається до будівлі. Цей пристрій найчастіше має форму двох перехресних каналів потоку повітря і оснащений припливним і витяжним вентилятором. ККД рекуператора повинен становити 75% або вище. Механічна припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла забезпечує найкращий контроль кількості та якості повітря, що подається до приміщень та водночас є найбільш енергетично ефективною.

5.4 Система опалення

Класифікація систем опалення

Кожна система опалення містить: джерело тепла, мережу трубопроводів з арматурою (вимірювальні, регулюючі та запобіжні пристрої) та теплоприймачі (найчастіше радіатори опалення). Існує ряд критеріїв, за якими можна класифікувати системи опалення.

Кількість опалювальних приміщень

За кількістю приміщень, що опалюються однією системою, розрізняють:

- місцеве опалення,
- центральне опалення:
 - охоплює всю будівлю (або її частину),
 - в рамках одного помешкання.

Місцева система опалення забезпечує теплом одну або декілька кімнат, що знаходяться близько себе. Прикладом місцевого опалення є кахельна піч.

Натомість одна система центрального опалення обігриває багато приміщень. Ця система складається з декількох головних конструкційних елементів, серед яких є джерело тепла та ряд приймачів, з'єднаних мережею трубопроводів.

Спосіб передачі тепла

За способом передачі тепла до опалювальних приміщень, опалювальні пристрої поділяються на:

- радіаційні,
- конвекційні.

Загалом, у кожному випадку, процес теплообміну від системи опалення відбувається за допомогою як конвекції так і випромінювання, але пропорція між ними є різна, з перевагою одного зі способу передачі тепла.

До радіаційних обігривальних приладів належать:

- електричні та газові обігривачі,
- інфрачервоні мати,
- поверхневі обігривачі (тепла підлога, стіни).

До конвекційних нагрівачів належать:

- чавунні, сталеві та алюмінієві радіатори,
- конвектори,
- нагрівачі повітря.

Температура нагрівальних поверхонь

Традиційно, при радіаторному опаленні розрахункова температура у подавальному трубопроводі найчастіше становила 90-95°C. В даний час

проектанти приймають температуру подачі в діапазоні 70–80°C. У низькотемпературних системах температура зазвичай не перевищує 45-55 °C.

Метод розподілу теплоносія

За схемою з'єднання труб з опалювальними приладами розрізняють:

- двотрубні системи,
- однотрубні системи.

Схема підключення

За способом розташування розподільних магістралей розрізняють:

- вертикальна система:
 - з нижнім розведенням,
 - з верхнім розведенням,
- горизонтальна система

В даний час все частіше в нових будинках, через велику кількість переваг, проектується системи опалення з горизонтальним розташуванням трубопроводів, що з'єднують опалювальні пристрої. З іншого боку, при виконанні модернізації існуючої системи опалення схема підключення зазвичай залишається незмінною.

Підключення споживача

За способом підключення споживача розрізняють:

- залежну систему,
- незалежну систему.

Раніше всі системи опалення проектувались переважно з залежним підключенням. В даний час системи опалення що проектується або модернізуються підключаються до тепломережі через теплообмінник, тобто

є незалежного типу. З іншого боку, залежні системи часто використовуються разом з котлами, що працюють на твердому паливі (вугілля, дрова).

Місцеві котельні, найчастіше це невеликі котельні, що працюють на вугіллі або природньому газі, які мають потужність до двох мегават, постачають тепло у будинки з використанням невеликої мережі централізованого тепlopостачання.

Вугільні або газові котли, що працюють у місцевих котельнях протягом десятків років, у багатьох випадках мають низьку енергоефективність. Причиною цього є застаріла конструкція цих пристроїв та зношення елементів, що призводить до неефективного використання палива та надмірного викиду шкідливих газів та пилу в атмосферу. Крім того, котли мають дуже прості системи управління, які не дозволяють ефективно використовувати паливо та регулювати потужність котла відповідно до потреби в теплі в будівлях.

Незалежно від того, яка система опалення є в будівлі, вона повинна забезпечувати тепловий комфорт, який визначається рядом стандартних критеріїв, зокрема:

- усереднене значення температури внутрішнього повітря та поверхонь в приміщенні становить приблизно 21 °C,
- різниця між температурою внутрішнього повітря та усередненою температурою поверхонь в приміщенні не перевищує 3 °C,
- різниця між усередненою температурою поверхонь в протилежних сторонах приміщення не перевищує 5 °C,
- різниця температур повітря на рівні голови та ніг людини не перевищує 3 °C,
- швидкість повітряного потоку в приміщенні не перевищує 0,15 м/с.

Регулювання систем опалення

Важливим також є, щоб система опалення була здатна швидко реагувати на виникаючі внутрішні надходження тепла, про які часто забувають. Працюючі електричні прилади, присутність людей, сонячна радіація – всі ці фактори сприяють підвищенню температури в приміщенні. Енергоефективність залежить від двох речей: чи зможе опалювальна система використати надходження тепла, зменшуючи споживання енергії від джерела, і наскільки можна зменшити енергоспоживання в системі. Тому, важливо, щоб система опалення була здатна ефективно реагувати на виникаючі внутрішні надходження тепла. В іншому випадку кліматичні умови в приміщенні погіршаться з точки зору користувачів, що в свою чергу може негативно вплинути на комфорт перебування в приміщенні.

Потребу в тепловій енергії можна визначити як максимальну втрату тепла в приміщеннях. Системи опалення проектується для так званої розрахункової зовнішньої температури, тобто температури зовнішнього повітря, для якої система опалення має підтримувати задану температуру в приміщенні протягом найхолоднішого періоду року. Регулювання систем опалення полягає на коригуванні теплової потужності системи опалення відповідно до потреби будівлі в тепловій потужності, яка змінюється у залежності від температури зовнішнього повітря та інших чинників. Тому регулювання є необхідним не тільки для забезпечення відповідного теплового комфорту в приміщеннях, а й з точки зору економії тепла та коштів.

Проектне налаштування (добір та відповідні налаштування радіаторів опалення, перерізу і довжини труб опалення, джерела тепла, гідравлічне балансування системи) забезпечує розподіл температури та теплоносія, відповідно до проекту і розрахункової температури зовнішнього повітря та умов.

Експлуатаційне регулювання забезпечує внутрішню температуру повітря відповідно до уподобань користувачів, незважаючи на зміну зовнішньої температури впродовж доби чи року. Таке регулювання полягає у зміні теплової потужності всієї системи опалення та окремих радіаторів відповідно до тимчасової потреби в теплі в приміщеннях.

Експлуатаційне регулювання, залежно від його діапазону, може бути:

- центральне – у джерелі тепла (на теплоелектростанції, котельні, тепловій пункті або в котлі) за допомогою відповідних регульованих клапанів та погодозалежної автоматики, яка в залежності від зовнішньої температури повітря коригує температуру подачі та кількість теплоносія.
- зональне – охоплює частину системи опалення або теплових мереж (стояки опалення, частина тепломережі),
- локальне – для окремих радіаторів, або місцеве – для окремих будівель у житловому комплексі.

В залежності від способу виконання регуляції експлуатаційне регулювання може бути:

- якісне (найчастіше використовується) – що полягає у зміні температури теплоносія при його постійному потоці,
- кількісне – полягає у зміні потоку теплоносія при збереженні його постійної температури,
- змішане – також називають якісно-кількісне, що полягає у зміні як температури, так і потоку теплоносія.

Під час експлуатації систем опалення часто виявляється, що незважаючи на використання сучасних регуляторів, неможливо досягнути номінальну

потужність у всіх опалювальних приладах, або температура повітря в приміщеннях значно відбігається від заданого значення. Це найчастіше пов'язано з виконанням неякісного монтажу, що не відповідає проекту (монтаж труб з меншим діаметром, що відрізняються від проектних, заміна арматури, невиконання теплоізоляції тощо), помилками, допущеними під час проектування (неправильний розподіл теплоносія, неправильний алгоритм розрахунку, добір невідповідних пристроїв) або системними дефектами. Для належного проектування системи регулювання необхідно використовувати програмне забезпечення та мати необхідні знання принципів використання та вибору регульовної арматури.

5.5 Система гарячого водопостачання

При проектуванні системи ГВП стандартно передбачається, що кожна людина використовує протягом доби 50 літрів теплої води з температурою 55 °С. Однак слід пам'ятати, що використання гарячої води побутового призначення вдень є дуже нерівномірним – найбільше споживання припадає на ранок та вечір. За таких припущень добова потреба в енергії становитиме приблизно 3,0 кВт·год на людину. Однак кінцева потужність системи ГВП буде відрізнятися залежно від способу нагріву та наявності акумуляційних резервуарів.

У проточних пристроях потужність нагріву повинна бути достатньо великою, щоб постійно нагрівати потрібну кількість споживаної води. В системі з накопичувачем гарячої води, підігрів може здійснюватися з набагато меншою потужністю, але протягом довшого періоду часу.

Нагрівальні пристрої для ГВП можуть працювати незалежно від системи центрального опалення або співпрацювати з нею. Цілорічне постачання гарячої води з систем центрального опалення використовується у випадку

будівель підключених до комунальної чи місцевої мережі тепlopостачання або до окремих газових чи мазутних котлів. Об'єкти, що використовують для опалення тверде паливо, в літній період, зазвичай, користуються електричними підігрівачами води або використовують інші джерела тепла, наприклад сонячні колектори.

Найважливіші вимоги до систем гарячого водопостачання це:

- забезпечення необхідною кількістю гарячої води визначеної температури з можливістю її регулювання та підтримання належної якості з точки зору санітарних та епідеміологічних вимог,
- простота використання та надійність роботи,
- низькі інвестиційні та експлуатаційні витрати.

Побутові системи гарячого водопостачання зустрічаються в більшості житлових будинків, але існують значні відмінності в їх інтенсивності та способі використання.

Переважна більшість багатоквартирних будинків має систему ГВП з циркуляцією. Основною умовою належної роботи таких систем є належне гідравлічне балансування, так щоб різниця температура води в кожній з точок розбору ніколи не була вище 5 °C відносно температури води, що надходить з водонагрівача. Гідравлічне балансування досягається за допомогою термостатичних регуляторів встановлених в циркуляційних контурах. Таким чином враховуються фактичні втрати тепла від трубопроводів залежно від ступеня їх ізоляції та температури навколишнього середовища, а також враховуються зміни в розборі води. В результаті втрати тепла обмежуються, і забезпечується максимально швидкий доступ до гарячої води.

Якщо будівля підлягає капітальному ремонту, слід також замінити системи холодного та гарячого водопостачання, які експлуатуються багато років, а

також циркуляційний контур, про який йшлося вище. Досить часто циркуляційний контур не працює належним чином або повністю вимкнений, що наприклад призводить до необхідності зливання великої кількості води з системи гарячого водопостачання, переш ніж до точки розбору води дійде фактично гаряча вода. Інколи водорозбірні крани не мають аераторів, що спричиняє надмірне споживання гарячої води, а отже, призводить до додаткових втрат енергії.

5.6 Системи охолодження та кондиціонування повітря

Необхідність охолодження приміщень найчастіше зустрічається в громадських будівлях, і це зазвичай стосується не всієї будівлі, а тільки деяких приміщень. Процеси охолодження приміщень вимагають більше енергії, ніж процес повітрообміну.

У цих випадках найбільш енергоефективною системою слід вважати систему з окремою функцією вентиляції та кондиціонування повітря (охолодження та опалення), тобто з окремими системами, що забезпечують підтримання необхідних теплових параметрів повітря в приміщенні та забезпечують необхідний повітрообмін. Потужність системи охолодження / опалення регулюється місцево, тобто в кожній кімнаті, тоді як витрата повітря (вентиляції) регулюється централізовано по всій будівлі. Місцевий контроль потужності опалення/охолодження, що подається в приміщення, набагато важливіший, ніж контроль кількості повітря, який може здійснюватися в режимі «включення–виключення» відповідно до годин роботи будівлі.

Незалежно від типу вентиляції (механічна: витяжна, припливно-витяжна або гібридна), приміщення можна охолоджувати за допомогою фреонових систем, таких як, спліт чи мульти–спліт або водяних систем, наприклад, клімаконвектори, охолоджувальні балки, тощо.

Джерело тепла та холоду може бути локальним (наприклад у випадку спліт системи) або центральним в рамках системи охолодження/опалення, або спільним для систем вентиляції та охолодження/опалення. Також джерелом може бути тепловий насос, який, залежно від потреб, буде подавати тепло чи холод до клімаконвекторів.

Більш широким поняттям є система кондиціонування. Це процес надання повітря в приміщенні певних бажаних значень параметрів, з міркувань гігієни та благополуччя людей, які знаходяться в приміщеннях з системою кондиціонування.

Системи кондиціонування слід використовувати в приміщеннях, де з експлуатаційних, гігієнічних, медичних чи технологічних причин необхідно підтримувати відповідні параметри внутрішнього повітря, зазначені у вимогах. Зростання рівня вимог користувачів означає, що системи кондиціонування повітря використовуються у дедалі більшій кількості будівель, включаючи житлові будинки.

З енергетичних міркувань системи кондиціонування можна розділити відповідно до типу робочої рідини, що використовується для транспортування тепла та холоду.

- повітряні системи – потік повітря значно перевищує мінімальні гігієнічні вимоги, створює хороші умови для розрідження забруднюючих речовин, що емітуються у приміщеннях, за умови, що не використовується рециркуляція повітря. Система займає багато місця в будівлі (великі габарити установок та великі перерізи основних вентиляційних каналів).
- системи повітря-вода або повітря-фреон – система вентиляції зазвичай подає свіже повітря лише в кількості, яка забезпечує належні гігієнічні умови в приміщеннях, а для транспортування тепла та холоду

використовуються робочі рідини з кращими тепловими властивостями, ніж повітря, наприклад, вода або фреон.

За оцінками, житлові багатоквартирні будинки з встановленою системою кондиціонування споживають до 2–5% більше енергії, ніж будівлі з традиційною гравітаційною вентиляцією.

5.7 Системи освітлення

У випадку багатоквартирних будинків питання освітлення стосується переважно сходових клітин та території навколо будівлі. Сходові клітини часто займають велику площу і є окремою частиною будівлі, що веде до багатьох квартир. У багатоквартирних будівлях все частіше застосовуються світлодіодні лампи, часто у поєднанні з детекторами руху. Це оптимальне рішення через те, що лампи такого типу мають не тільки низьке споживання електроенергії (у більшості випадків ламп в діапазоні потужностей від 12 Вт до 18 Вт достатньо для досягнення необхідного ефекту), але й світяться лише тоді, коли є рух на сходовій клітці. Автоматичне вимкнення лампи є додатковою перевагою, оскільки багато різних людей пересуваються по сходах в різний час дня та ночі.

6

РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

6. РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ

Розрахунки енергоспоживання будівлі включають:

- енергоспоживання на опалення та вентиляцію,
- енергоспоживання на гаряче водопостачання,
- енергоспоживання на охолодження (там де є), та для громадських будівель,
- енергоспоживання на систему освітлення приміщень.

Енергоспоживання послідовно розраховується для:

- енергії, що використовується (безпосередньо в будівлі),
- енергії, яка доставляється до будівлі з урахуванням втрат, спричинених ефективністю системи передачі та розподілення, та
- первинної енергії (з урахуванням втрат у виробництві та передачі енергії та типу енергоносія).

Принцип розрахунку проілюстрований на рис. 5.1.

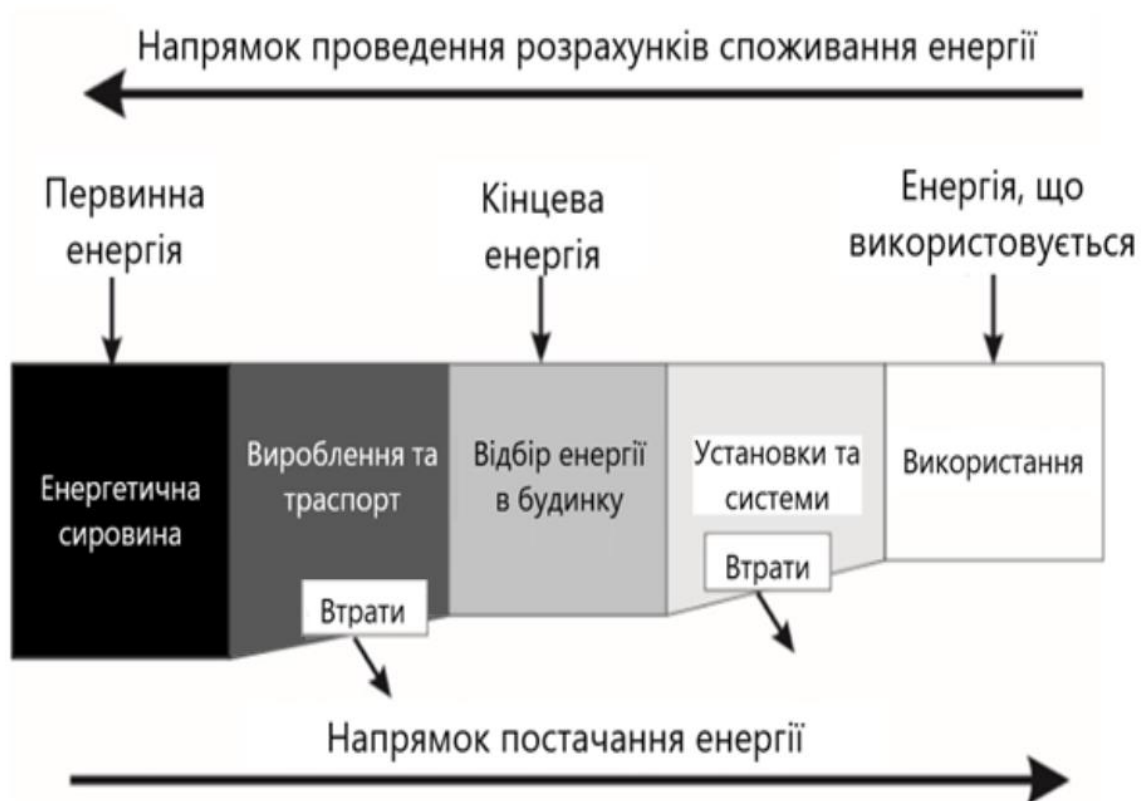


Рисунок 5.7.1 Енергія первинна, кінцева та енергія використання

Метод розрахунку річного енергоспоживання на опалення та вентиляцію, описаний нижче, базується на польській методології розрахунку енергетичної характеристики будівлі, який використовується при підготовці енергетичного аудиту будівель.

Відповідно до вимог проводяться послідовні розрахунки енергопотреби (крок 1-7), кінцевої енергії (крок 8) та первинної енергії (кроки 9 і 10).

6.1 Енергопотреба

Відповідно до визначення, енергопотреба – це кількість енергії, необхідна для забезпечення енергетичних потреб будівлі, без урахування ефективності її виробництва та втрат при передачі.

Таким чином, енергопотреба – це енергія, яка ефективно використовується для опалення і вентиляції приміщень та приготування гарячої води.

Крок 1 – Коефіцієнт теплопередачі трансмісією

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією розраховується за формулою:

$$H_{tr,s} = H_{tr,e} + H_{tr,ue} + H_{tr,g} + H_{tr} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{К}} \right] \quad (6.1.1)$$

де:

$H_{tr,e}$ – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К,

$H_{tr,ue}$ – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К,

$H_{tr,g}$ – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К,

H_{tr} – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К,

Крок 2 – Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією

Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією розраховується за формулою:

$$H_{ve} = \rho_a c_a \cdot \sum (b_{ve,k} \cdot V_{ve,k}) \left[\frac{\text{Вт}}{\text{К}} \right] \quad (6.1.2)$$

де:

$\rho_a c_a$ – теплоємність повітря, 1200 Дж/(м³К) або 0,33 Вт·год/(м³К),

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку,

$V_{ve,k}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год.

Крок 3 – Сумарна теплопередача

Кількість тепла, що передається з будівлі або помешкання трансмісією та через вентиляцію до навколишнього середовища, розраховується за формулою:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ГОД}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.3)$$

або:

$$Q_{H,ht} = (H_{tr} + H_{ve}) \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t_M \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ГОД}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.4)$$

де:

H_{tr} – коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, кВт/К,

H_{ve} – коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, кВт/К,

$\theta_{int,H}$ – внутрішня температура, прийнята відповідно до вимог, що містяться в технічних і будівельних нормах, °С,

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С,

t_M – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Крок 4 – Сумарні сонячні теплонадходження

Значення сонячних теплонадходжень через вікна у вертикальних і похилих огорожувальних конструкціях будівлі слід розраховувати за формулою:

$$Q_{so1,H} = \sum C_i \cdot A_i \cdot I_i \cdot F_{sh,gi} \cdot F_{sh,o} \cdot g_{gi} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ГОД}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.5)$$

де:

C_i – частка площі скління до загальної площі вікна (середнє значення 0,7),

A_i – загальна площа проекції застеленого елемента, м²,

I_i – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності, кВт·год / (м²·місяць),

$F_{sh,gi}$ – понижувальний коефіцієнт затінення за рахунок рухомих затінювальних пристроїв

$F_{sh,o}$ – понижувальний коефіцієнт затінення за рахунок затінення від зовнішніх елементів та інших будівель,

g_{gi} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента.

Крок 5 – Сумарні внутрішні теплонадходження

Значення місячних внутрішніх теплонадходжень, отриманих від людей та пристроїв Q_{int} у будівлі чи помешканні, визначаються за формулою:

$$Q_{int} = q_{int} \cdot A_f \cdot t_M \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.6)$$

де:

q_{int} – внутрішнє теплове навантаження будівлі (надходження від внутрішніх джерел тепла та людей) Вт/м²,

A_f – це площа приміщень з контрольованою температурою в будівлі чи помешканні, м²

t_M – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год.

Крок 6 – Енергопотреба для опалення та охолодження

Значення енергопотреби для опалення та охолодження будівлі або помешкання $Q_{H,nd,n}$ слід розраховувати згідно з формулою:

$$Q_{H,nd,n} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.7)$$

де:

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, кВт·год / місяць (крок 3)

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, кВт·год / місяць (крок 4 і 5)

$$Q_{H,gn} = Q_{sol} + Q_{int} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{місяць}} \right] \quad (6.1.8)$$

$\eta_{H,gn}$ – коефіцієнт використання надходжень тепла, розрахований за принципами, розглянутими нижче.

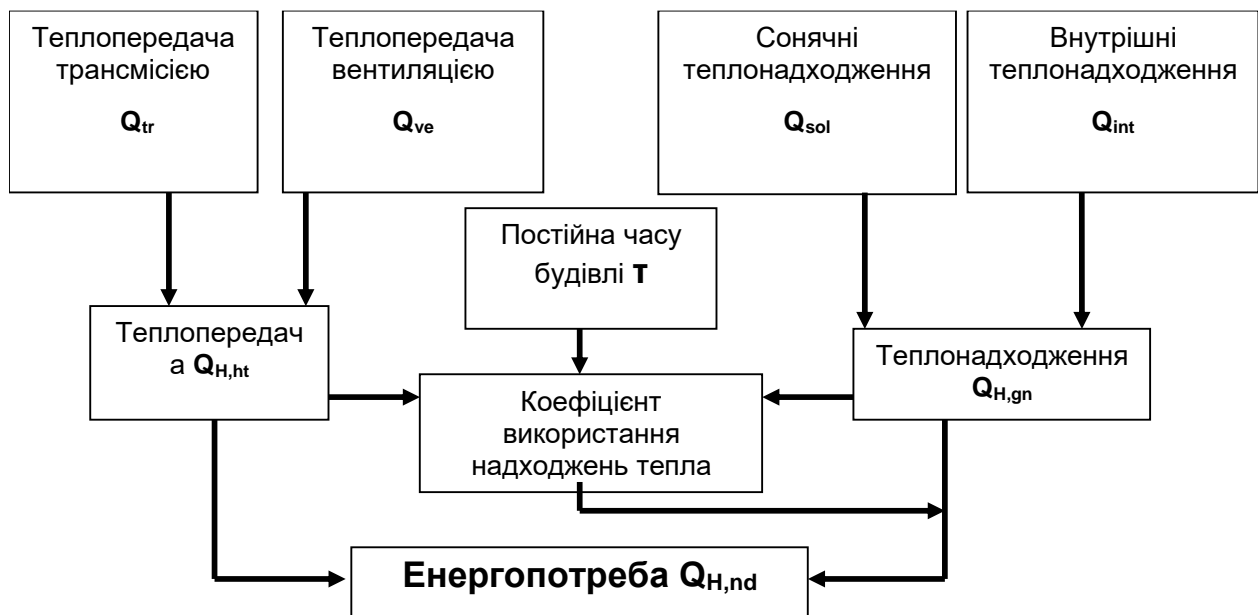


Рисунок 6.1.1 Діаграма розрахунку енергопотреби для опалення та вентиляції

Крок 7 – Річна енергопотреба

Річне значення енергопотреби $Q_{H,nd}$ – це сума енергопотреб для опалення та вентиляції будівлі або частини будівлі за окремі місяці ($Q_{H,nd,n}$), в яких значення

енергопотреби є додатнім. Враховуються місяці з січня по травень та з вересня по грудень включно.

6.2 Енергоспоживання будівлі

Кінцева енергія (ЕК) – це енергія, що надходить до будівлі (наприклад, з газової або електричної мережі) з урахуванням енергії, необхідної для покриття втрат в системах та пристроях. З точки зору користувача, це енергія, за яку потрібно сплачувати за її споживання (у вигляді тепла, електроенергії, газу, нафти чи інших енергоносіїв).

Крок 8 – Річне енергоспоживання

Річне енергоспоживання $Q_{K,H}$ розраховується за формулою:

$$Q_{K,H} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,tot}} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \right] \quad (6.2.1)$$

де

$Q_{H,nd}$ – річна потреба в енергії для опалення та вентиляції кВт·год / рік (крок 7)

$\eta_{H,tot}$ – середньосезонна загальна ефективність системи опалення.

Середньосезонна загальна ефективність системи опалення розраховується за формулою:

$$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,e} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,s} \quad (6.2.2)$$

де:

$\eta_{H,g}$ – середньосезонна ефективність виробництва/(генерації) тепла з носія енергії або енергії, яка подається до джерела тепла,

$\eta_{H,e}$ – середньосезонна ефективність регуляції і використання тепла в опалювальних приміщеннях,

$\eta_{H,d}$ – середньосезонна ефективність розподілення/(транспорту) тепла з джерела тепла до опалювальних приміщень,

$\eta_{H,s}$ – середньосезонна ефективність накопичення/(акумуляції) тепла в ємнісних елементах системи опалення.

Середньосезонна загальна ефективність системи опалення, повинна визначатися на основі:

- а) чинних нормативних актів,
- б) технічної документації на будівлю, інженерну систему та пристрої,
- в) технічні знання та огляд об'єкту,
- г) наявні каталожні дані пристроїв, елементів системи опалення та вентиляції об'єкта.

Крок 9 – Річне енергоспоживання допоміжних пристроїв та систем

Допоміжна енергія необхідна для підтримки роботи технічних систем:

- в системі опалення для управління: циркуляційними насосами, буферним насосом, пальником, контролерами та інших пристроями;
- в системі механічної вентиляції для управління: вентиляторами, рекуператорами тепла, контролерами та іншими механізмами.

Визначення енергоспоживання допоміжних пристроїв та систем:

$$E_{el,pom,H} = \sum q_{el,H,i} \cdot A_f \cdot t_{el,i} \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \right] \quad (6.2.3)$$

$$E_{el,pom,W} = \sum q_{el,W,i} \cdot A_f \cdot t_{el,i} \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \right] \quad (6.2.4)$$

$$E_{el,pom,V} = \sum q_{el,V,i} \cdot A_f \cdot t_{el,i} \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \right] \quad (6.2.5)$$

де:

$q_{el,H,i}$ – енергоспоживання допоміжними пристроями в системі опалення на одиницю опалювальної площі, Вт/м²,

$q_{el,W,i}$ – енергоспоживання допоміжними пристроями в системі ГВП на одиницю опалювальної площі, Вт/м²,

$q_{el,V,i}$ – енергоспоживання допоміжними пристроями в системі вентиляції на одиницю опалювальної площі, Вт/м²,

$t_{el,i}$ – час роботи пристроїв протягом року, год/рік,

A_f – опалювальна площа, м².

Примітка: Якщо існує декілька допоміжних систем, розрахунки проводяться для кожного конкретного випадку.

Дані для формул 6.2.3, 6.2.4 та 6.2.5 слід визначати на основі:

- а) чинних нормативних актів,
- б) технічної документації на будівлю, інженерну систему та пристрої,
- в) технічні знання та огляд об'єкту,
- г) наявні каталожні дані пристроїв, елементів системи опалення та вентиляції об'єкта.

6.3 Первинна енергія

Невідновлювана первинна енергія (ЕП) є найважливішою з точки зору чинних правових норм. Це енергія, що міститься в первинних енергоносіях, таких як кам'яне вугілля, природний газ та сира нафта. В розрахунках споживання первинної енергії мають бути враховані тип енергоносія, а також втрати на виробництво та передачу енергії. Значення споживання первинної енергії може бути більшим за значення кінцевої енергії, наприклад, на 10% (у випадку, коли для опалення використовується газ) або на 300% (при

використанні електроенергії), але вона також може бути нижчою (при спалюванні біомаси або використанні ВДЕ).

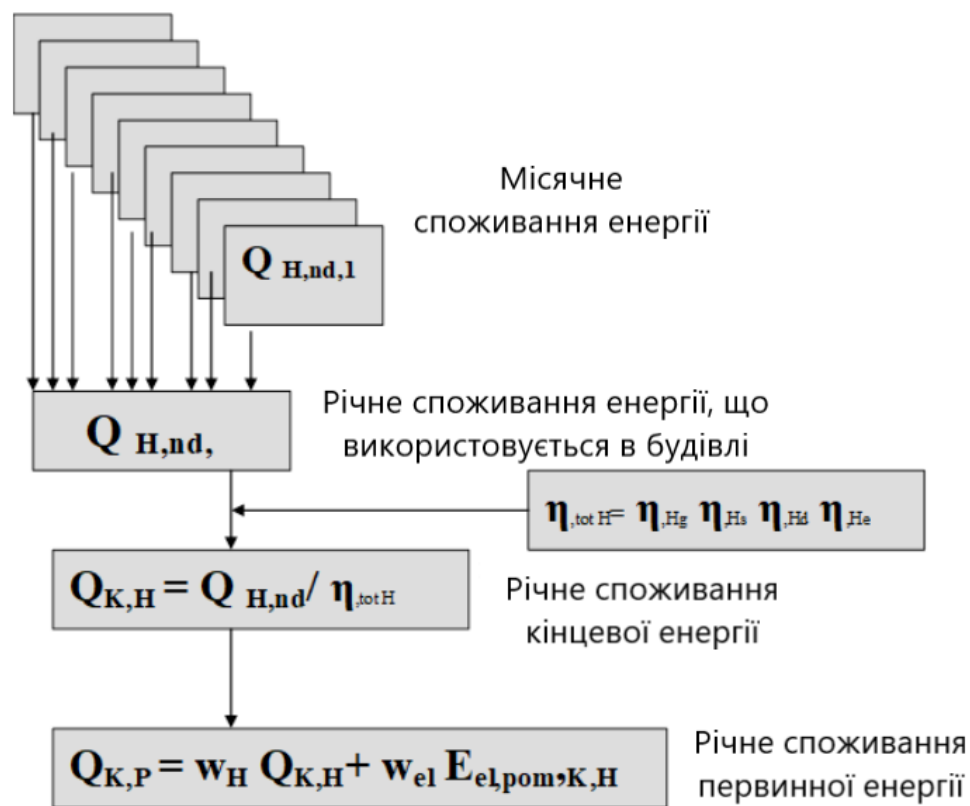


Рисунок 6.3.1 Діаграма розрахунку річного споживання первинної енергії

Потреба в первинній енергії для опалення та вентиляції будівель та помешкань розраховується на основі розрахованого енергоспоживання з урахуванням втрат на виробництво та постачання енергії до будівлі та додаванням енергії, що використовується для роботи вентиляторів та насосів.

Річну потребу в первинній енергії для опалення та вентиляції $Q_{P,H}$ слід розраховувати за формулою:

$$Q_{P,H} = w_H \cdot Q_{K,H} + w_{el} \cdot E_{el,rom,H} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \right] \quad (6.3.1)$$

де:

$Q_{K,H}$ – річне енергоспоживання для системи опалення та вентиляції, кВт·год /рік,

$E_{el,pom,H}$ – річне споживання електроенергії для роботи допоміжних пристроїв в системі опалення та вентиляції (насоси, вентилятори та системи управління), кВт·год /рік,

w_H – фактор первинної енергії на виробництво та постачання енергії для опалення та вентиляції, прийнятий відповідно до національної методології,

w_{el} – фактор первинної енергії на виробництво електроенергії, прийнятий відповідно до національної методології.

6.4 Викиди CO₂, пов'язані із споживанням енергії

Виконання термомодернізації будівлі призводить не тільки до зменшення споживання енергії та коштів, а й також до зменшення викидів CO₂.

Екологічний ефект, тобто зменшення викидів CO₂, розраховується за формулою:

$$\Delta E_i = \Delta B_i \cdot W O_i \cdot W E_i \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{ТОН}}{\text{рік}} \right] \quad (6.4.1)$$

де:

ΔB_i – зменшення споживання палива в кг або м³,

$W O_i$ – теплотворна здатність для окремих носіїв енергії в МДж/рік або м³/рік,

$W E_i$ – коефіцієнти викидів CO₂ для окремих носіїв енергії в кг/ ГДж.

6.5 Основні детермінанти значень енергопотреб, енергоспоживання та первинної енергії

На значення показників в першу чергу впливають: ефективність окремих систем та установок, опалювальна площа, сезонна енергопотреба для

опалення та охолодження, а у випадку річного показника споживання первинної енергії також фактори первинної енергії, які, в свою чергу, залежать від типу використовуваного палива.

- чим менший фактор первинної енергії, тим нижче значення первинної енергії,
- чим вищий загальний ККД окремих систем і чим більша опалювальна площа, тим нижче значення енергоспоживання,
- чим менша енергопотреба на опалення та вентиляцію, тобто чим краща теплова ізоляція будівлі, тим нижче значення споживання первинної енергії.

7

ЗАХОДИ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ – ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛА



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

7. ЗАХОДИ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ – ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛА

7.1 Термомодернізація огороджувальних конструкцій

Утеплення полягає в додаванні до існуючої стіни додаткового шару матеріалу з високими теплоізоляційними властивостями. Ізоляція зменшує втрати тепла та підвищує температуру на внутрішній поверхні стіни, що позитивно впливає на комфорт використання та виключає можливість конденсації та утворення цвілі.

Ступінь теплоізоляції стін характеризується коефіцієнтом теплопередачі U . Чим менший коефіцієнт, тим менший "витік" тепла через стіну. Стіни будівель, побудованих кілька або кілька десятків років тому, мають значення коефіцієнту U приблизно $1,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

У випадку виконання заходів з термомодернізації будівель зовнішні огороджувальної конструкції (зовнішні стіни та дахи) повинні бути утеплені таким чином, щоб відповідати чинним законодавчим вимогам та мати коефіцієнти U не більші ніж:

- для зовнішніх стін $0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
- для дахів та плоских дахів $0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
- для підлоги на ґрунті $0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,
- для перекриття над неопалюваним підвалом $0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Утеплення можна проводити як ззовні, так і зсередини.

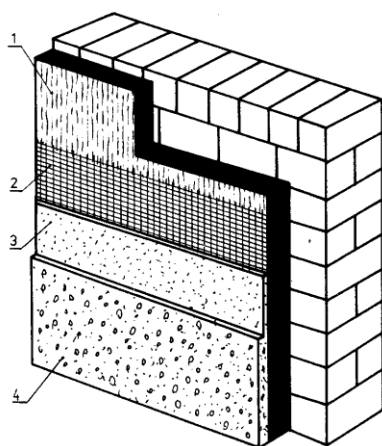
Зовнішня ізоляція є найефективнішою та найзручнішою для монтажу, тому, як правило, вона поширена, за винятком кількох особливих випадків.

Монтаж теплової ізоляції ззовні:

- створює рівномірну ізоляцію по всій поверхні стіни і найбільш ефективно усуває теплові містки,
- підвищує теплоємність стіни (тепла стіна є акумулятором тепла),
- створює новий естетичний фасад будівлі,
- може бути реалізований без порушення режиму використання будівлі.

Ізоляція зсередини використовується лише у виняткових випадках, наприклад, в історичних будівлях, де зміни фасадів є неприпустимі, але стіну утеплити необхідно.

Зовнішня ізоляція зазвичай проводиться методом, що називається "мокрий" або ETICS. Він полягає в приклеюванні та фіксації дюбелями до стіни теплоізоляційного матеріалу (найчастіше це полістирольні плити або плити з мінеральної вати), після чого на стіну встановлюють або наносять гідрозахисний шар, армуючі елементи, ґрунтовку і фінішну штукатурку. Існують різні різновиди та варіанти цього методу, пропоновані окремими компаніями, які відрізняються матеріалами, що використовуються. Цей метод має багато переваг, зокрема простоту монтажу, високу герметичність, універсальність застосування та відносно низьку вартість.



1. ізоляційний матеріал, закріплений за допомогою клейової маси та дюбелів
2. сітка зі скловолокна
3. ґрунтовка
4. фінішна штукатурка

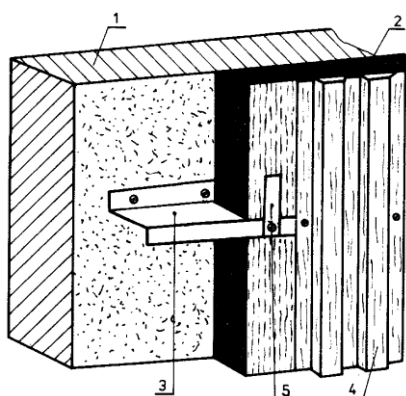
Рисунок 7.1.1 Утеплення стін безшовним методом (ETICKS)

Примітка: теплоізоляційні роботи методом ETICKS не слід виконувати при температурах нижче +5 °С, а також у несприятливих погодних умовах (дощ, сильне сонячне світло, сильний вітер).

Зовнішня ізоляція «сухим» методом полягає у створенні шару ізоляції як єдиної конструкції та не передбачає використання рідкої штукатурки. Перевага цього методу в тому, що його також можна виконувати в зимовий період.

Термоізоляція, найчастіше з плит з мінеральної вати, кріпиться до металевої решітки утворюючи горизонтальні смуги на поверхні існуючої стіни. Поверх шару утеплювача монтується гідроізоляція та захисний шар, яким може бути блокхаус, сайдинг, пластикові або керамічні панелі тощо.

Різновидом цього методу є ізоляція за допомогою плит, що складаються з гофрованого листа та шару ізоляції зі спіненого поліуретану. Ці елементи кріпляться до існуючої стіни, відразу створюючи ізоляційний шар, захищений зовні.



1. існуюча стіна
2. ізоляція
3. опорний елемент зі сталевого листа
4. профнастил з покриттям
5. елемент фіксуючий теплову ізоляцію

Рисунок 7.1.2 Утеплення стін сухим методом

Теплова ізоляція дахів і плоских дахів

У будівлі, в якій на останньому поверсі знаходиться опалювальне горище мансардного типу утеплювач укладають зсередини покрівлі.

У випадку неопалюваного горища, його утеплення полягає в укладанні додаткового шару термоізоляційного матеріалу на стелю (рис. 6.3). Якщо горище не експлуатується – утеплювач може бути зроблений з будь якого ізоляційного матеріалу у вигляді плит, мат або сипучих матеріалів, а якщо горище експлуатується і не опалюється – використовується твердий утеплювач та встановлюється підлога.

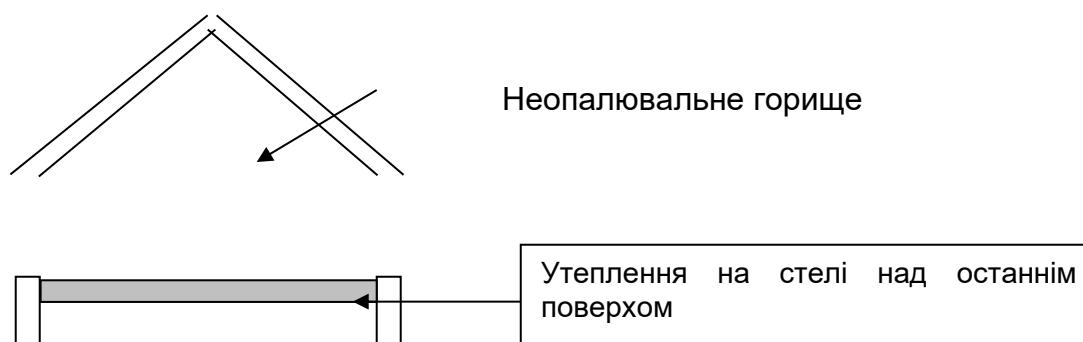


Рисунок 7.1.3 Утеплення стелі під неопалюваним горищем.

У випадку будівлі без горища, утеплення плоскої невентильованої покрівлі виконують через монтаж шарів утеплення шляхом укладання на існуючу поверхню покрівлі, якщо вона є в доброму технічному стані. Якщо, навпаки, існуюча покрівля є у поганому технічному стані, її слід замінити та виконати утеплення відповідним шаром теплоізоляційного матеріалу.

Складнішою є термомодернізація вентильованого плоского даху, у якому є повітряний простір між перекриттям найвищого поверху та покрівлею, до якого немає доступу. У такій ситуації використовується метод, який дає

можливість укласти утеплювач не порушуючи існуючої конструкції. Цей метод полягає у продуванні спеціально підготовленого ізоляційного матеріалу у закритий простір покрівлі, що створює товстий ізоляційний шар на поверхні стелі. Ізоляційним матеріалом може бути скловата, мінеральна вата або інший матеріал, у вигляді піни або гранул. Цей метод вимагає використання спеціалізованого обладнання для пневматичного розкидання шару ізоляції. Такий монтаж зазвичай виконують через вентиляційні отвори в стінах будівлі або через спеціальні отвори, утворені в покрівлі. Ці отвори після утеплення заповнюють ізоляційним матеріалом або в них встановлюють димоходи для вентиляції внутрішнього простору плоскої покрівлі.

Утеплення перекриття над підвалом

Утеплення перекриття над підвалом проводиться зі сторони підвальних приміщень, шляхом приклеювання або підвішування теплоізоляційних плит. Шар ізоляції можна залишити непокритим або обшити алюмінієвою фольгою, панелями, тощо. Часто під стелею підвалу знаходиться багато труб і комунікацій, що ускладнює укладання ізоляції. Рішенням може бути використання ізоляційних матеріалів, що спінюються та наносяться безпосередньо на поверхню перекриття.

Матеріали для теплоізоляції будівлі

Існує багато матеріалів, які використовуються для утеплення будівель. Усі вони мають низьку густину (від 12 кг/м³ до приблизно 200 кг/м³) через те, що значна частина їх об'єму це заповнені повітрям пор або щілин. Вибір матеріалу залежить від його призначення та ціни. Найчастіше використовуються пінополістирол та мінеральна вата (кам'яна та скляна).

Пінополістирол (EPS) виробляється методом спінування гранул полістиролу і найчастіше використовується у вигляді білих або також сріблясто-сірих плит, що містять в собі графіт, який знижує теплопровідність.

Пінополістирол характеризується низьким коефіцієнтом теплопровідності через те, що велику частину його об'єму займає повітря, закрите у його порах. Пінополістирол має невелику вагу (плити залежно від типу важать приблизно від 12 до 50 кг/м³), тому його можна легко транспортувати та переносити на будівельному майданчику. Його форму легко змінювати, а монтаж відбувається за допомогою найпростіших інструментів. Плити з пінополістиролу характеризуються хорошими механічними параметрами (стійкість до стиснення та розриву) та стійкістю до вологи та води. В залежності від призначення пінополістирольні плити можна використовувати в кожному місці будівлі, починаючи від стін підвалу, перекриття та цоколя, закінчуючи утепленням стін і даху. Пінополістирол – самозатухаючий матеріал, тобто він плавиться і обуглюється, але не поширює вогонь, а матеріал захищений спеціальним розчином, не створює небезпеки пожежі.

Пінополістирол – це найчастіше використовуваний матеріал для утеплення безшовним методом.

Екструдований пінополістирол (XPS), виготовлений з пінополістиролу за спеціальним методом екструзії, має хімічну та термічну стійкість, подібну до EPS, але іншу структуру, а отже, вищу міцність на стиск і вигин, а також стійкість до вологи з дуже сприятливим (низьким) коефіцієнтом теплопровідності. Завдяки цим особливостям, він використовується, зокрема, як утеплювач фундаментів та стін підвалу, дахів тощо. Його можна використовувати у місцях, що піддаються впливу вологи. Плити XPS випускаються в різних кольорах, і різниця в кольорі не впливає на характеристики виробу.

Мінеральна вата (кам'яна та скляна) виготовляється з мінеральної сировини, розплавленої при високих температурах: кам'яної вати з базальту і скловати з кварцового піску та склобою. Він використовується у вигляді плит та ролонів, які є негорючими, вогнезахисними та мають високу паропроникність. Всі вироби з мінеральної вати стійкі до вологи. Вони також забезпечують хорошу звукоізоляцію (приглушує звуки) і мають довгий термін використання без погіршення властивостей.

В будівництві використовуються плити з різними теплоізоляційними характеристиками та міцністю. Густина матеріалу вагається від 35, 50, 60, 80, 120 і 150 кг/м³. Для утеплення стін використовують тверді або напівтверді види. М'які плити використовуються для утеплення мансардних покриттів, даху та тонких стін. Плити з низькою стисливістю слід використовувати для утеплення стелі та підлоги на ґрунті.

Пінополіуретан (PUR) має властивості, подібні до пінополістиролу. Застосовується для утеплення плоских дахів шляхом розпилення. Іноді також використовуються у вигляді вспінених полістерольних плит. Він також використовується для утеплення стін підвалу в умовах високої вологості.

Існують також ізоляційні матеріали у вигляді гранул з мінеральної вати, полістиролу, целюлози та інших матеріалів. Вони використовуються найчастіше у випадку наявності в зовнішній огорожувальній конструкції закритого повітряного простору.

Товщина теплоізоляційного шару

Найважливіший елемент утеплення будівель – це шар теплоізоляції. Саме технічні властивості цього елемента є вирішальними для збереження тепла в приміщенні та економії витрат на опалення. Дуже важливо використовувати теплоізоляційний матеріал не тільки високої якості, але і відповідної товщини.

Економія на товщині та якості ізоляційного шару є великою помилкою, оскільки це дуже незначно впливає на вартість утеплення але дуже сильно впливає на витрати на опалення, які будуть незмінними протягом багатьох років.

Товщина теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівельних огорожувальних конструкцій має бути підібрана в енергетичному аудиті.

Для теплоізоляції з пінополістиролу або мінеральної вати найчастіше слід вважати ефективною товщину:

- для зовнішніх стін 16–20 см
- для даху, плоского даху або перекриття під неопалюваним горищем 20–30 см
- для перекриття над неопалюваним підвалом або підлоги на ґрунті 10–12 см

7.2 Заміна вікон та зовнішніх дверей

Вікна, балконні двері та зовнішні (вхідні) двері є будівельними елементами, через які зазвичай втрачається 15–30% тепла, що подається до будівлі, а у разі поганого технічного стану вікон навіть набагато більше.

Найбільш радикальний спосіб зменшення втрат через вікна та балконні двері – це їх заміна на нові з високими теплоізоляційними властивостями. Існують різні типи енергозберігаючих вікон та балконних дверей: дерев'яні, пластмасові та алюмінієві, з подвійним або потрійним склінням із застосуванням спеціального скла тощо. У цих вікнах використовуються склопакети, що складаються з 2 або 3 склінь, які фабрично склеєні, з кількома міліметрами простору між скліннями, наповненим повітрям або спеціальним газом, а також з покриттям на склі для зменшення втрат тепла.

Заміна вікон на нові більш високої якості часто коштує дорого, але нові типи вікон не тільки зменшують втрати тепла, але й мають ряд експлуатаційних переваг: просте обслуговування (пластикові вікна не потребують фарбування), висока звукоізоляція (значне зменшення зовнішнього шуму) та більша герметичність (менше пилу). Традиційні старі вікна характеризуються коефіцієнтом теплопередачі U близько $2,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. У нових вікнах та балконних дверях U має бути не більше $0,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Зменшення розміру вікон є добрим рішенням у випадку комплексної модернізації та ремонту будівлі. У багатьох будівлях розміри вікон є надмірні, наприклад, віконні фасади будівлі. Такі великі площі склінь мають обмежений вплив на природне освітлення приміщень, але спричиняють дуже великі тепловтрати. Тому у випадку модернізації доцільно може бути зменшення площу вікон, шляхом їх часткової забудови.

Ролети та жалюзі. Найнижчі температура повітря за межами будівлі зазвичай є вночі, коли вікна не виконують функцію природнього джерела світла. Тому використовуючи додаткову ізоляцію у вигляді жалюзі або ролет вночі, можна також зменшити втрати тепла через вікна.

Вхідні двері в будівлю також повинні бути належним чином захищені від втрат тепла. Доцільно замінити двері на нові, добре ізольовані, а також зробити (якщо немає) тамбур та другі вхідні двері, щоб створити проміжну зону теплоізоляції, яка захистить будівлю від охолодження.

7.3 Модернізація системи вентиляції, кондиціонування та охолодження

Енергозбереження в системах вентиляції та кондиціонування повітря

З метою зменшення споживання енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря використовуються різні методи та технічні заходи, які включають:

- використання локальних пристроїв для видалення забруднюючих речовин та тепла безпосередньо в приміщенні,
- використання системи вентиляції зі змінним потоком повітря, що дозволяє регулювати інтенсивність роботи системи вентиляції відповідно до потреб та змінного теплового навантаження,
- підвищення ефективності використання свіжого повітря, наблизивши його якомога ближче до зони, де збираються люди,
- використання налаштувань швидкості потоку повітря в каналах,
- використання високоефективних пристроїв,
- використання джерел холоду з високим ESEER (середній сезонний коефіцієнт ефективності охолодження), у тому числі технологію безкоштовного охолодження free-cooling,
- використання вдосконаленої автоматизації, що забезпечує гнучку роботу системи вентиляції та кондиціонування та їх належну співпрацю з іншими системами в будівлі.
- використання повітря, видаленого з приміщень з вищими гігієнічними вимогами, для вентиляції приміщень з меншими вимогами.

Раціональне управління енергією, теплом та холодом в системах можливе лише за допомогою автоматичної системи управління.

Типові системи управління включають:

- регулювання інтенсивності вентиляції (вентилятор і заслінки), залежно від потреб, що змінюються,
- контроль рециркуляції та рекуперації тепла, що залежить від параметрів зовнішнього повітря,
- управління потужністю теплообмінників (обігрівачів, охолоджувачів, зволожувачів повітря) залежно від параметрів зовнішнього повітря та зміни параметрів повітря в приміщенні,
- системи безпеки (напр. захист нагрівачів проти замерзання або датчики роботи вентилятора),
- системи сигналізації (наприклад, контроль забруднення фільтрів).

Необхідною умовою правильної роботи систем механічної вентиляції та кондиціонування є належні нагляд та експлуатація. Пристрої, які входять в склад системи механічної вентиляції та кондиціонування повітря, такі як конвектори, кондиціонери, опалювально-охолоджувальні та вентиляційні пристрої, слід встановлювати таким чином, щоб забезпечити можливість їх періодичного огляду, обслуговування, ремонту чи заміни.

7.4 Каталог термомодернізаційних заходів

Таким чином, обсяг проектів термомодернізації в існуючих будівлях включає поліпшення герметичності та ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій, зокрема:

1. утеплення зовнішніх стін
2. утеплення перекриття під неопалюваним горищем
3. утеплення дахів та плоских дахів

4. утеплення перекриття над неопалюваним підвалом або підлог на ґрунті
5. заміна вікон та дверей
6. установка жалюзі або ролет
7. огороження та утеплення балконів
8. дії, спрямовані на мінімізацію неконтрольованого обміну внутрішнього повітря:
 - установка віконних отворів
 - будова тамбура
 - автоматичне замикання зовнішніх дверей
 - використання противітрових екранів.

8

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

8. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛА ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

8.1 Модернізація системи опалення

Модернізація системи опалення будівлі має комплексно охопити всі її складові частини, такі як: джерело тепла для будівлі (теплопункт або місцеву котельню), систему передачі та розподілення всередині будівлі (мережа труб та арматури), а також опалювальні пристрої в приміщеннях.

Нижче розглянуті найбільш популярні заходи з модернізації системи централізованого опалення.

Модернізація джерел виробництва тепла

1. Невеликі джерела виробництва тепла, які використовують вугілля, найчастіше є малоефективними в порівнянні до джерел, що працюють на газоподібному паливі – природному газі, рідкому пропані або мазуті. Такі установки характеризуються високою енергоефективністю, яка сягає 90 – 95% для газових або масляних котлів або навіть 105% у випадку конденсаційних котлів з використанням економайзерів. Додатковою перевагою нових котлів є багаторазово менший викид шкідливих димових газів та пилу в навколишнє середовище. Якщо немає можливості підключення до газовою мережі, а використання скрапленого газу або мазуту є економічно невиправданим, слід розглянути можливість заміни існуючих вугільних котлів на сучасні або на котли на біомасі, ККД яких досягає 85%. Процес подачі палива та процес згоряння в цих пристроях контролюється автоматично, що підвищує енергоефективність та зменшує викиди шкідливих газів в атмосферу.

2. Місцеві газові або мазутні котельні, які експлуатуються багато років, слід замінити на нові з більш високим ККД. Якщо з економічних причин заміна котлів на нові неможлива, і ці пристрої все ще мають допуск до подальшої

експлуатації, спосіб модернізації котельні повинен полягати в ремонті котлів, заміні та утепленні арматури, а також монтажі автоматичної системи управління, що дозволяє пристосувати процес спалювання палива до теплових потреб будівель, що відбирають тепло.

3. Великі місцеві котельні, що працюють на твердому паливі, часто побудовані як автономні, які постачають тепло для житлових, лікарняних або навчальних комплексів, мають бути модернізовані з урахуванням економічних та технологічних аспектів.

За наявності природного газу таку котельню слід переобладнати в газову котельню з урахуванням сучасних рішень для спільного виробництва тепла та електроенергії (когенерація). Поєднання виробництва тепла та електроенергії значно підвищує енергоефективність використання газоподібного палива.

4. Місцевості, де є велика кількість відновлюваного палива, такого як солома, пелети або тріска, повинні розглянути будову котелень на цьому типі палива. Впровадження таких котелень у багатьох випадках є економічно виправданим через низьку ціну біомаси, а також нульовий рівень викидів CO₂.

Теплопункт

Модернізація теплового пункту зазвичай включає такі заходи:

1. Заміна способу підключення до теплової мережі з залежного типу на незалежний з теплообмінником. Це дає можливість розділення внутрішньої системи опалення будівлі від зовнішньої теплової мережі та використання ефективного автоматичного управління.
2. Заміна старих, малоефективних теплообмінників на пластинчасті зі значно вищими показниками ефективності.
3. Заміна та ізоляція арматури з метою усунення витоків в установці та зменшення втрат тепла.

4. Впровадження пристроїв автоматичного управління, включаючи:

- регулятори тиску та перепаду тиску, які забезпечують постійний тиск у тепловій мережі, незалежно від коливань тиску в тепловій мережі,
- регулятори витрати теплоносія, що обмежують максимальну теплоту споживання з мережі,
- регулятори температури теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря.

Використання систем автоматичного управління дозволяє точно контролювати температуру всередині будівлі або в її зонах протягом одного дня або протягом тижневого циклу. Такі рішення дозволяють, наприклад, впроваджувати графіки зниження температури вночі та зниження робочих параметрів системи опалення протягом неробочих днів.

В системах опалення використовуються одноконтурні та двоконтурні теплові пункти.

Одноконтурні теплові пункти передають теплоносій від зовнішніх теплових мереж до системи опалення будівлі, а двоконтурні – до системи опалення та гарячого водопостачання.

У великих багатоквартирних житлових будинках та громадських будівлях слід використовувати установки, які дозволять ефективно використовувати тепло та гаряче водопостачання. Таким вимогам відповідають повністю автоматизовані двоконтурні теплові пункти з системою накопичування тепла.

Зміни в системі опалення

Тривалість експлуатації трубопроводів внутрішньої тепломережі будівель в застарілому жилому фонді, в залежності від якості матеріалів, способу

виконання та експлуатації, коливається від 20 до 50 років. Під якістю матеріалів слід розуміти якість сталі, що була використана у виробництві труб, тоді як під експлуатацією, слід розуміти якість води в системі опалення. Часто внутрішні системи опалення підключені безпосередньо до зовнішньої тепломережі, що призводить до інтенсивної корозії труб. У такому випадку слід прийняти, що всі системи, побудовані 40–50 років тому, є повністю зношені і їх слід замінити на нові.

Решта систем, які знаходяться в хорошому технічному стані слід модернізувати, виконуючі наступні заходи:

- хімічна промивка установки для видалення відкладень та продуктів корозії з метою відновлення повної прохідності трубопроводів,
- ущільнення системи опалення з метою зменшення втрат води до мінімуму – заміна регульовної арматури, наприклад, дросельного типу на кульовий,
- ізоляція трубопроводів та арматури, розташованих у неопалюваних приміщеннях, таких як підвали, коридори, сходи,
- пристосування потужності системи опалення до зменшеної енергопотребі будівлі після утеплення,
- використання гідравлічного балансування системи з метою вирівнювання тиску за допомогою регуляторів перепаду тиску. Ці пристрої дозволяють зменшити ризик недогріву частин будівлі, віддалених від джерела тепла, і перегріву прилеглих до нього,
- використання термостатичних клапанів на радіаторах опалення, які дозволяють здійснювати індивідуальне управління температурою в окремих приміщеннях та зменшувати кількість тепла, що надходить у приміщення у разі наявності додаткових джерел тепла в приміщенні,

наприклад, від сонячного випромінювання, увімкнених електричних пристроїв або перебування людей,

- при заміні старих радіаторів на нові, необхідно пам'ятати про зниження робочих параметрів системи опалення, що передбачає проведення нових гідравлічних розрахунків та збільшення розміру радіаторів. Зниження робочих параметрів системи підвищує тепловий комфорт приміщень (нижча температура випромінювання радіаторів) та збільшує довговічність всіх компонентів системи. Додатковою перевагою є зменшення кількості води в системі, що покращує точність регулювання температури в опалюваних приміщеннях.

Вищезгадані заходи слід виконувати в установках, які перебувають у належному технічному стані. У будівлях, які підлягають капітальному ремонту, слід встановити нову систему опалення з використанням найновіших матеріалів та технологій.

Трубопроводи в системі опалення

Для центрального опалення використовуються багат шарові труби з алюмінієвою вставкою або товстостінні труби. Пластикові труби легкі, їх легко транспортувати та встановлювати. Внутрішні поверхні труб гладкі, на них не утворюється накипу. Пластик не впливає на якість води. Втрати тепла під час подачі гарячої води незначні. Основним недоліком труб з пластмаси є високе теплове розширення. В системах опалення, які складаються з пластикових труб потрібно більше компенсаторів, ніж, наприклад, у випадку мідних трубопроводів. Пластикові труби не можна підключати безпосередньо до котла або радіатора, якщо тільки про цю можливість не вказано виробником. До пластикових трубопроводів можна підключати всі види радіаторів.

Багатошарові труби складаються з двох зовнішніх шарів поліетилену високої густини або одного шару поліетилену та шару алюмінію. Завдяки вмісту алюмінію такі труби характеризуються низьким коефіцієнтом теплового розширення. Для систем центрального опалення з радіаторами найчастіше використовуються тверді труби, тоді як тепла підлога виконується з так званих м'яких труб. З одного боку, значна гнучкість труб полегшує їх прокладку, а з іншого – вимагає кращого кріплення. Труби стійкі до високих температур, але під їх впливом можуть дещо деформуватися.

Мідні труби є стійкими до корозійного впливу гарячої та холодної води, а також зовнішніх факторів, таких як УФ-промені або зміни температури. Однак бувають ситуації, коли трубопроводи можуть піддатися корозії. Це може бути пов'язано, наприклад, із високим тиском, неналежною якістю води або погано виконаними з'єднаннями. Мідні труби не можна поєднувати з алюмінієвими радіаторами в одній установці. Мідні труби потребують теплоізоляції.

Сталеві труби вимагають більше часу на монтаж системи, порівнюючи до труб з пластику або міді. Внутрішня поверхня сталевих труб є не гладка. Вапняний наліт легко осідає на ньому. Сталь також схильна до корозії, яка може виникати як всередині, так і зовні труб. За такою системою трубопроводів необхідно ретельно доглядати – труби повинні бути покриті ізоляцією або пофарбовані ззовні, а вода в системі має бути належної якості. Оскільки в сталевих трубах завжди відбувається корозія, їх стінки повинні бути достатньо товстими, щоб бути міцними.

Сталь є стійкою до високих температур, тому немає страху, що труби деформуються під впливом тривалої високої температури та тиску.

Теплоізоляція труб

Ізоляція трубопроводів теплоізоляційним матеріалом значно зменшує втрати тепла, а отже, дозволяє економити енергію та зменшувати споживання енергоносіїв. Кількість тепла, яку можна заощадити залежить від товщини ізоляції та типу матеріалу з якого вона виготовлена, діаметру труб, температури повітря в приміщенні та температури води в системі опалення. Використання термоізоляції також має додаткові переваги, такі як: запобігання конденсації водяної пари на стінках трубопроводів, захист зовнішньої поверхні труб від корозії, зменшення шуму та вібрації, що надходять від установки, захист від опіків. Матеріали, які найчастіше використовують до ізоляції трубопроводів це - поліетиленові та поліуретанові піни, синтетичний каучук, скляна та мінеральна вата, полістирол.

Радіатори опалення

Найбільшою популярністю користуються сталеві радіатори. Завдяки низькій інерційності ними можна легко управляти. Вибираючи сталеві радіатори для системи опалення, необхідно звернути увагу на їх захист від корозії.

Донедавна чавунні радіатори широко використовувалися в багатоквартирних будівлях. Завдяки стійкості до тиску та корозії, вони все ще успішно використовуються там, де панують несприятливі умови (наприклад, підвищена вологість і складні умови експлуатації системи опалення). Недоліком цього типу опалювальних приладів є їх висока інерційність, що ускладнює контроль над кількістю тепла, що передається до приміщення.

Алюмінієві радіатори легкі і стійкі до корозії. Вони добре проводять тепло і легко регулюються. Їх додатковою перевагою є велика поверхня теплообміну. Алюмінієві радіатори – через пластичність алюмінію – не слід встановлювати в місцях, де вони піддаються механічним пошкодженням. При заміні

пошкоджених чавунних радіаторів без модернізації системи опалення слід вибирати алюмінієві радіатори, тому що їх найпростіше пристосувати до існуючої енергопотребі будівлі та параметрів системи опалення.

Гідравлічне регулювання системи опалення

Основною умовою правильної роботи системи центрального опалення є її належне гідравлічне регулювання. Належне регулювання забезпечується шляхом вибору діаметрів трубопроводів, а також регулювальної арматури та її налаштувань.

В системах центрального опалення багатоквартирних будинків внаслідок їх оснащення радіаторними термостатичними клапанами потоки теплоносія змінюються відповідно до фактичної енергопотребі. Для запобігання коливанням тиску в стояках необхідно використовувати автоматичні стабілізуючі клапани. Їх завдання – гідравлічно налаштувати всю установку в повному діапазоні потоків, а не тільки до номінальних значень, розрахованих у проекті. Без автоматичних стабілізаторів тиску, при зниженні ефективності радіаторів, радіаторні термостатичні клапани працюватимуть з більшою різницею тиску, що може призвести до перегріву приміщень, де розташовані ці радіатори. Додатковою перевагою є шумоізоляція радіаторних термостатичних клапанів.

Управління системою опалення

Щоб забезпечити необхідну температуру в приміщеннях, роботою системи центрального опалення можна керувати локально або централізовано.

Локальне управління здійснюється за допомогою термостатичних радіаторних клапанів. Це дозволяє підтримувати відповідну температуру для кожного приміщення, використовувати безкоштовні джерела енергії, такі як

тепло, отримане від сонячного світла, освітлення, працюючих електричних пристроїв або людей, які перебувають у кімнаті.

Центральне управління підтримує відповідну температуру теплоносія в системі, що гарантує оптимальну роботу всієї системи центрального опалення. Управління полягає в порівнянні температури всередині приміщення в будівлі, яке є репрезентативним, з температурами зовнішнього повітря та води, що надходять з зовнішньої теплової мережі.

Циркуляційні насоси в системі центрального опалення

У більшості систем опалення циркуляція води здійснюється циркуляційними насосами. Насос не потребує змащення або заміни ущільнень. Він працює тихо, тому що вода, обтікаючи насос, приглушує шуми, які він виробляє. Його корпус найчастіше виготовляється з чавуну, а ротори – з пластику або нержавіючої сталі, тобто матеріалів, стійких до руйнування. При правильній експлуатації насос може працювати навіть 15–20 років. Варто використовувати насоси, оснащені електронними системами регулювання диференціального тиску, тобто насоси з плавним електронним регулюванням частоти обертання двигуна. Вони автоматично підлаштовуються до зміни потоку води в системі опалення та підтримують постійне встановлене значення тиску.

Електричне опалення

Одним із варіантів модернізації системи опалення приміщень у житлових будинках може бути використання електричних пристроїв, таких як обігрівачі або радіатори, вентилятори, підлогове або настінне опалення. В системі опалення де використовуються електричні прилади можна додатково встановити накопичувальні опалювальні пристрої, які тримають тепло під час споживання енергії з мережі, а потім повільно виділяють це тепло в навколишнє середовище.

Електричне опалення характеризується такими особливостями:

- простота регулювання температури, періодичне вмикання та вимикання,
- мінімальні експлуатація та обслуговування,
- рівномірний розподіл тепла,
- естетика (невидимість установки),
- найнижча інвестиційна вартість монтажу системи.

Недоліком електричного опалення є його експлуатаційні витрати, які явно вищі, ніж вартість опалення з використанням інших енергоносіїв. Цю вартість можна зменшити, скориставшись нижчими цінами на електроенергію в позапікові години, відповідно до тарифів встановлених оператором.

8.2 Модернізація системи гарячого водопостачання

Побутові системи гарячого водопостачання зустрічаються в більшості житлових та громадських будівель, але існують значні відмінності в їх інтенсивності та способі використання.

Якщо будівля підлягає капітальному ремонту, систему холодної та гарячої води та систему циркуляції, які використовуються багато років, також слід замінити. Системи циркуляції часто не працюють належним чином або повністю вимикаються. Крани в системі водопостачання не мають аераторів. Такий стан справ спричиняє надмірне споживання гарячої води, а отже, і втрати енергії. В системах гарячого водопостачання, де система циркуляції не працює належним чином, а також немає теплоізоляції в розподільній мережі трубопроводів, існує проблема із занадто низькою температурою гарячої води в кранах. Крім того, якщо гаряча вода побутового призначення надходить зі старого тепlopункту або котельної, то виникає проблема з якістю експлуатації системи ГВП, яка проявляється невдоволенням її користувачів та

ризиком зараження установки бактеріями типу Legionella. Особлива небезпека існує у старих трубопроводах гарячого водопостачання, виготовлених з оцинкованих сталевих труб з внутрішньою корозією, де температура води часто опускається нижче 50 °С.

Ефективним методом усунення ризику виникнення бактерій є підвищення температури в системі гарячого водопостачання вище 55 °С та періодична термічна дезінфекція водою при 70 °С. Ці процедури зменшують ймовірність зростання кількості бактерій у системі гарячого водопостачання.

Під час модернізації системи гарячого водопостачання слід виконати такі заходи:

- встановлення насосів в системі циркуляції.
- монтаж або заміна термоізоляції трубопроводів системи ГВП та циркуляції з метою зменшення втрат тепла та протидії зниженню температури гарячої води в кранах.
- використання регуляторів тиску в трубопроводі.
- ущільнення системи шляхом заміни арматури та секцій, де є протікання.

В багатоквартирних будинках використовуються системи циркуляції води. Основною умовою їх належної роботи є їх гідравлічне балансування, для того щоб температура води в кожній з точок системи ніколи не опускалася нижче 5 °С відносно температури води, що надходить з джерела. Гідравлічне балансування виконується за допомогою термостатичних регуляторів циркуляції потоку. У такому випадку враховуються фактичні втрати тепла в трубопроводах, які залежать від ступеня їх ізоляції та температури навколишнього середовища, а також враховуються зміни в розборі води. В

результаті втрати тепла обмежуються і забезпечується максимально швидкий доступ до гарячої води.

В рамках модернізації системи гарячого водопостачання доцільно впровадити сучасну арматуру та пристрої, що дозволяють заощаджувати воду і тим самим зменшувати споживання тепла, необхідного для її приготування. Способи економії води та енергії у змішувачах можна загалом поділити на ті, що дозволяють зменшити втрати води та ті, що скорочують їх час роботи.

Аератор створює повітряну суміш, що зменшує частку води у загальному потоці, який витікає зі змішувача. Аератор впливає на значне зменшення витрати води, внаслідок чого зменшуються коливання тиску у системі водопостачання та значно зменшується споживання води.

Заміна двоважільного змішувача на одноважільний дозволяє зменшити витрату води на 25%. Це пов'язано з тим, що в одноважільному змішувачі можна швидше встановити потрібну температуру води. Конструкція такого змішувача дозволяє постійно зберігати однакове положення змішування для холодної та гарячої води, а в традиційному двоважільному змішувачі температура змішаної води може коливатися залежно від конструкції та ступеня зносу головок клапанів холодної та гарячої води.

Обмежувачі витрати води можуть виконувати подвійну функцію у змішувачі: спочатку вони обмежують потік проточної води до 60% від її максимального відтоку, а далі обмежують відтік гарячої води до такої кількості, щоб вода, яка витікає зі змішувача, мала температуру приблизно 37 °С, тобто таку, яка найбільш часто використовується. У змішувачах з обмежувачами витрати можна швидко отримати бажану температуру води без необхідності

попереднього налаштування. Цей простий механізм дозволяє скоротити час витікання води з крана, не зменшуючи потребу користувача.

Безконтактні змішувачі оснащені датчиками, які автоматично контролюють включення та виключення потоку води. Принцип дії та конструкція кранів мінімізують вплив звичок користувача на споживання води. Вода починає витікати, як тільки користувач наближає руки до змішувача і автоматично перестає текти, коли він намилює руки. В таких змішувачах витрата води та температура встановлені заздалегідь і не потребують регулювання кожного разу при користуванні.

8.3 Перелік удосконалень, що підвищують ефективність виробництва та використання гарячої води

Перелік заходів, пов'язаних з модернізацією системи опалення та приготування гарячої води, включає:

1. заміна джерела тепла з більшим ККД
2. зміна носія енергії – використання відновлюваної енергії
3. використання системи управління
4. заміна одноконтурного котла на двоконтурний
5. заміна несправних пристроїв
6. заміна негерметичних труб
7. обмеження часу циркуляції (через вертикальні термостатичні клапани)
8. чищення або заміна теплообмінників
9. впровадження автоматизації регулювання температури
10. впровадження автоматики, що регулює час роботи насоса
11. ремонт, доповнення та монтаж нової теплоізоляції труб

12. використання аераторів для економії води

13. встановлення житлових побутових лічильників гарячої води

9

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

9. УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

9.1 Моніторинг споживання енергії

Моніторинг споживання електроенергії

Найзручнішим і найефективнішим способом моніторингу електроенергії є використання інтелектуальних систем, які дозволяють дистанційно зчитувати споживання енергії та управляти з рівня програми на мобільному телефоні. Вартість встановлення такої системи становить приблизно 20 000 грн.

Інтелектуальна система обліку дозволяє вимірювати споживання електроенергії (зазвичай з 15-хвилинними інтервалами), яке зчитується та з плином часу подається у графіках, що дає можливість аналізувати споживання енергії протягом дня. При аналізі даних, наданих системою, варто звернути увагу на мінімальні значення споживання енергії - це споживання, яке найчастіше викликається такими пристроями, як холодильник, морозильна камера або зовнішнє освітлення, які працюють незалежно від часу доби . Якщо мінімальне значення є відносно високим, це означає, що пристрої є енергоємними, і їх може бути вигідно замінити моделями з більш високим класом ефективності. Також слід звернути увагу на піки споживання енергії - вони, швидше за все, будуть спричинені приладами з високою номінальною потужністю (наприклад, електричними духовками, індукційними плитами, пилососами та фенами). У таких випадках також варто перевірити, чи ці пристрої не є надто енергоємними та не потребують заміни. Завдяки інтелектуальним вимірювальним системам також можна визначити різницю у споживанні енергії пральною або посудомийною машиною у стандартному та енергозберігаючому режимах роботи.

Більш того, інтелектуальні системи дозволяють дистанційно управляти електричними пристроями. За допомогою спеціального додатка на телефоні

можна вимкнути непотрібне освітлення або встановити потрібну температуру в кімнаті (якщо у нас електричне опалення або кондиціонер). Крім того, можна встановити розклад часу роботи пристроїв - наприклад, встановити автоматичне вимикання електричного обігрівача, коли ви перебуваєте далеко від дому та режим роботи на мінімальних налаштуваннях. Завдяки цьому є можливість легко досягти значної економії енергії.

Крім того, проаналізувавши щоденні характеристики споживання енергії, може виявитися, що двозонний тариф на електроенергію буде вигіднішим за однозонний, в якому ціна за 1 кВт-год енергії протягом дня є більша за ціну у вечірній та нічний час. У цьому випадку можна буде зменшити витрати на закупівлю енергії, переключивши роботу найенергоємніших пристроїв на позапікові години (наприклад, увімкнувши пральню або посудомийну машину перед сном) та змінивши тариф на електроенергію на двозонний.

Найпростішим методом визначення енергоємних приладів є виконання вимірювань ватметром. Завдяки цьому можна виміряти енергію, споживану пристроєм та розрахувати її вартість.



Рисунок 9.1.1 Ватметр

Моніторинг споживання тепла

Для моніторингу споживання тепла в будівлі найкращим є встановлення індивідуального теплопункта, який можна використовувати як вимірювання так і для розподілу тепла, що подається з централізованої системи тепlopостачання або локальної котельної. Для того, щоб контролювати споживання тепла в окремих помешканнях та приміщеннях можна встановити індивідуальні лічильники або основний лічильник та розподільники витрат тепла на кожен радіатор.



Рисунок 9.1.2 Індивідуальний теплопункт

Лічильник тепла - це вимірювальний прилад, який вимірює об'ємну витрату теплоносія (гарячої води) та його температуру. На основі цих значень розраховується величина споживання тепла, що дає можливість виконання розрахунків між постачальником та одержувачем тепла.



Рисунок 9.1.3 Тепловий лічильник

Розподільники витрат тепла, у свою чергу, використовуються для визначення частки даної квартири у загальному споживанні тепла всієї будівлі. На ринку представлені два типи розподільників - капілярні та електронні. Капілярний розподільник рідини має дві трубки, заповнені рідиною, яка повільно випаровується під впливом тепла від нагрівача. Чим вище температура нагрівача, тим більше рідини випарується. Електронний розподільник витрат має датчики температури, які вимірюють температуру радіатора і кімнатну температуру, а також електронний годинник, який підраховує час, протягом якого різниця температур між радіатором та оточенням перевищує $4,9^{\circ}\text{C}$.



(a)



(b)

Рисунок 9.1.4 Розподільники тепла : капілярний (a) та електронний (b)

Варто додати, що використання індивідуальних лічильників тепла або розподільників витрат є доцільним лише у будівлях з двотрубною системою центрального опалення. У двотрубній системі вода надходить до кожного радіатора по трубі живлення, а після охолодження повертається до джерела - тому робота одного радіатора не впливає на роботу інших радіаторів у будівлі.

В Україні більшість будівель має однотрубну систему центрального опалення, в якій радіатори з'єднані послідовно - це означає, що теплоносій тече від одного радіатора до іншого. У таких випадках встановлюється один основний лічильник, а витрати теплоносія діляться відповідно до площі квартир у будівлі. Недоліком однотрубною системи опалення є те, що температура теплоносія в радіаторах зменшується в залежності від відстані від джерела тепла, що означає, що вони не нагрівають приміщення ефективно.

9.2 Бенчмаркінг

Бенчмаркінг - це процес порівняння практик які вважаються лідерами у певній сфері. Бенчмаркінг дає змогу виявляти фактори, що впливають на ефективність аналізованої області та вказувати на можливість адаптації кращих практик, які існують на ринку.



Рисунок 9.2.1 Схеми перебігу процесу бенчмаркінгу

У процесі порівняльного аналізу будівель варто проаналізувати технічні та технологічні рішення, які дозволяють зменшити споживання енергії та зменшити вплив будівлі на навколишнє середовище.

Таблиця 9.2.1 Практики, які можна використати до порівняння в різних будинках

Добрі практики	Показники для аналізу
Установки центрального опалення та гарячого водопостачання	Ціни на енергоносії - вугілля, газ, біомасу, централізоване тепlopостачання, електроенергію (з прогнозами змін) Експлуатаційні витрати на установку Викиди CO ₂
Ізоляційні матеріали	Теплопровідність Акустичні властивості Витрати на матеріал та монтаж Зниження енергетичних потреб залежно від товщини використовуваного матеріалу
Установки з ВДЕ - фотоелектричні, вітрові турбіни	Витрати на закупівлю та монтаж установки Ціна на електроенергію (з прогнозом змін) Можливий рівень генерація
Скління - розмір та розподіл	Доступ до природного світла Сонячні теплонадходження впродовж дня Втрати тепла вночі

9.3 Сертифікація будинку

Однією з форм порівняльного аналізу є системи сертифікації будівель. Першою багатокритеріальною системою сертифікації будівель була BREEAM, запроваджена у 1990 році у Великобританії компанією BRE Global. Другою за популярністю системою сертифікації є LEED, створена в 1998 році в США. В

даний час існує багато систем сертифікації будівель, а кількість будівель з екологічними сертифікатами також динамічно зростає.

Сертифікати можуть бути видані для нових, існуючих та модернізованих будівель. Будівлі можна сертифікувати на етапі проектування. Іноді критерії сертифікації визначаються окремо для кожного типу будівель - наприклад, житлових, офісних, промислових, шкіл чи лікарень.

Під час процесу сертифікації будівлі найчастіше оцінюються в таких областях, як споживання енергії та води, поводження з відходами, використані матеріали або забезпечення високої якості повітря та теплового комфорту. Часто бали нараховуються також за такі елементи, як близькість громадського транспорту, наявність зручностей для велосипедів та електромобілів або зелені зони навколо будівлі.

Сертифіковані об'єкти мають менший негативний вплив на навколишнє середовище, є більш міцними та забезпечують користувачам будівель більший комфорт. Більш того, використання цих будівель значно дешевше через менші витрати енергії та води. Крім того, вартість сертифікованої нерухомості більша, її простіше продати або здати в оренду.

9.3.1 BREAM

Повна назва
Building Research Establishment Environmental Assessment Method
Дата та місце створення
1990 рік, Великобританія

Рівні сертифікації	
Pass	30-45%
Good	45-55%
Very Good	55-70%
Excellent	70-85%
Outstanding	≥85%

Будинки що сертифікуються

Усі існуючі та нові будівлі, деталізовані житлові, офісні, комерційні, промислові, готельні та шкільні будівлі.

Критерії

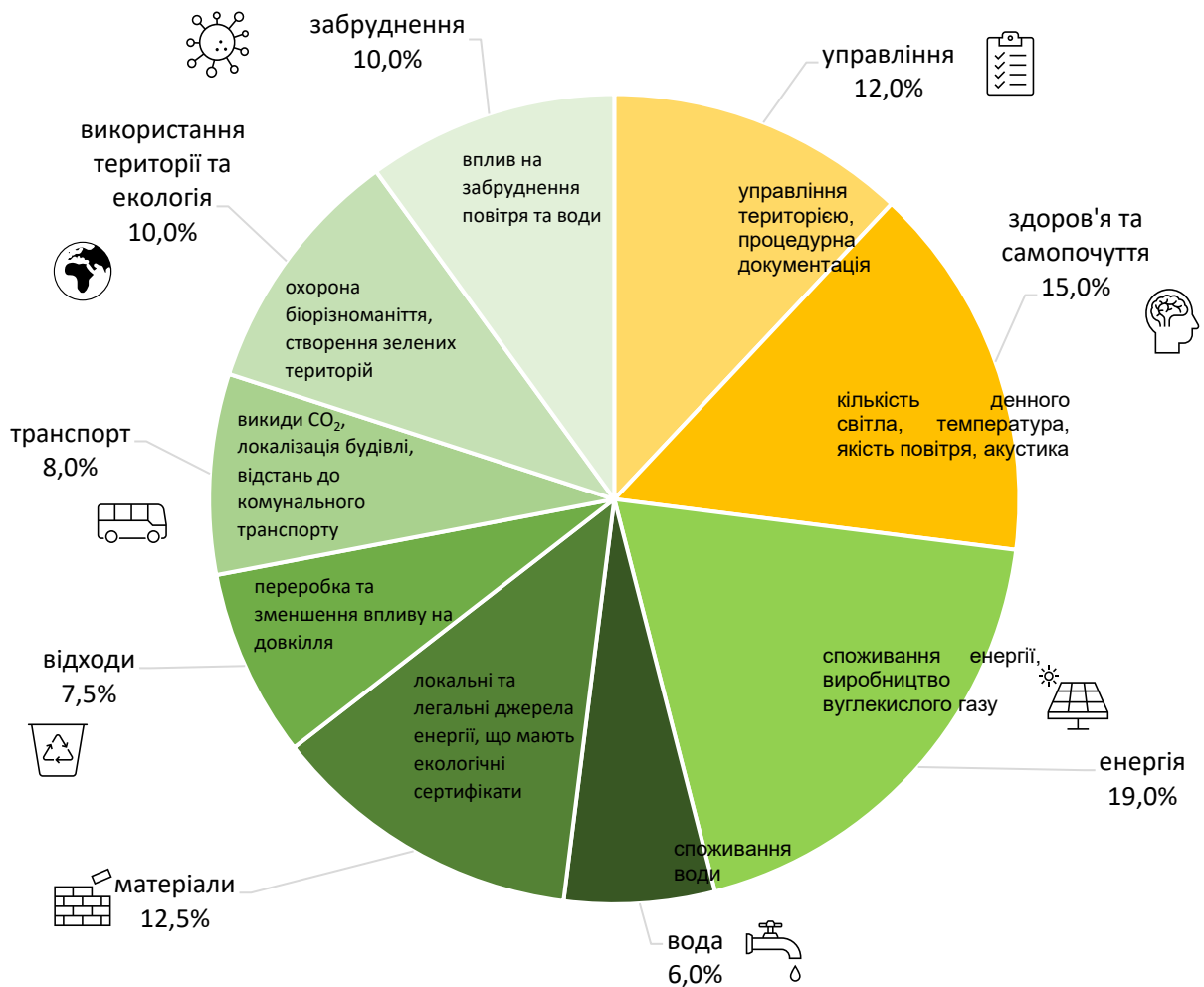


Рисунок 9.3.1 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації BREEAM

Бали, що надаються за інновації: максимум 10 балів.

Бали, які можна отримати: не більше 95 балів.

BREEAM - одна з найпопулярніших систем сертифікації будівель у світі - вона визнана у 89 країнах. Наразі близько 600 000 будівель отримали сертифікат BREEAM. Вартість сертифікації становить близько 1500 фунтів стерлінгів, а щорічне оновлення 500-1000 фунтів стерлінгів.

9.3.2 LEED

Повна назва
Leadership in Energy and Environmental Design
Дата та місце створення
1998 рік, США

Рівні сертифікації	
Certified	40-49
Silver	50-59
Gold	60-79
Platinum	90-110

Будинки що сертифікуються

Існуючі та нові будівлі, включаючи офісні, комерційні, промислові, готельні та шкільні будівлі.

Критерії

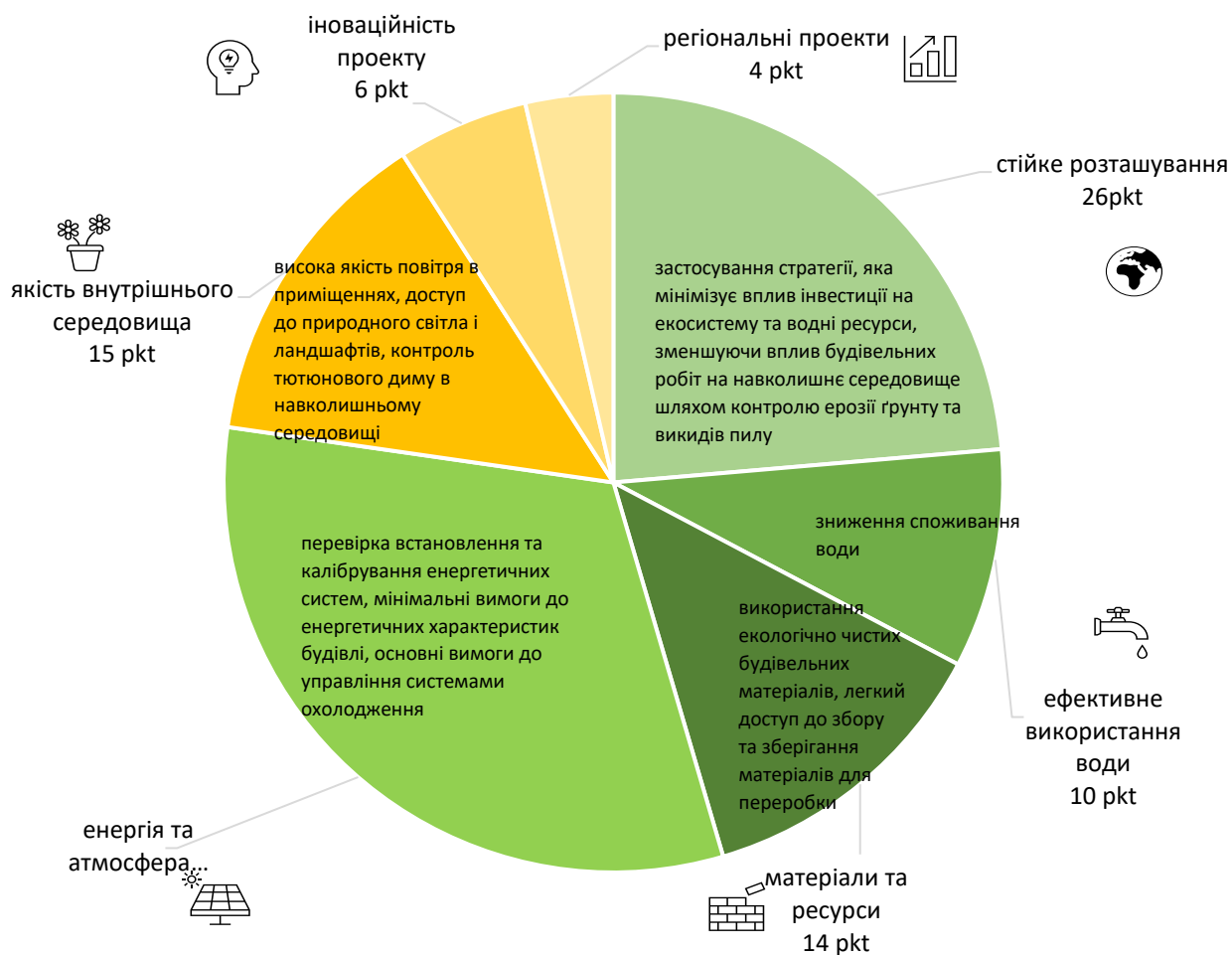


Рисунок 9.3.2 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації LEED

LEED - друга за популярністю міжнародна система сертифікації будівель. Наразі приблизно 540 000 будівель отримали сертифікат LEED. Вартість сертифікації залежить від типу будівлі, її розміру та категорії сертифікації - вона коливається від 0,39 до 0,73 долара за квадратний метр корисної площі будівлі. Поновлення сертифіката відбувається кожні три роки і коштує від 0,23 до 0,29 доларів за квадратний метр корисної будівельної площі. Для односімейних будинків сертифікація коштує близько 525 доларів США.

9.3.3 DGNB

Повна назва	Рівні сертифікації	
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen	Bronze	35-50%
Дата та місце створення	Silver	50-65%
2009 рік, Німеччина	Gold	65-80%
	Platinum	≥80%

Будинки що сертифікуються

Усі існуючі та нові будівлі, включаючи житлові, офісні, комерційні, промислові, готельні, шкільні, адміністративні та лікарняні будівлі

Критерії

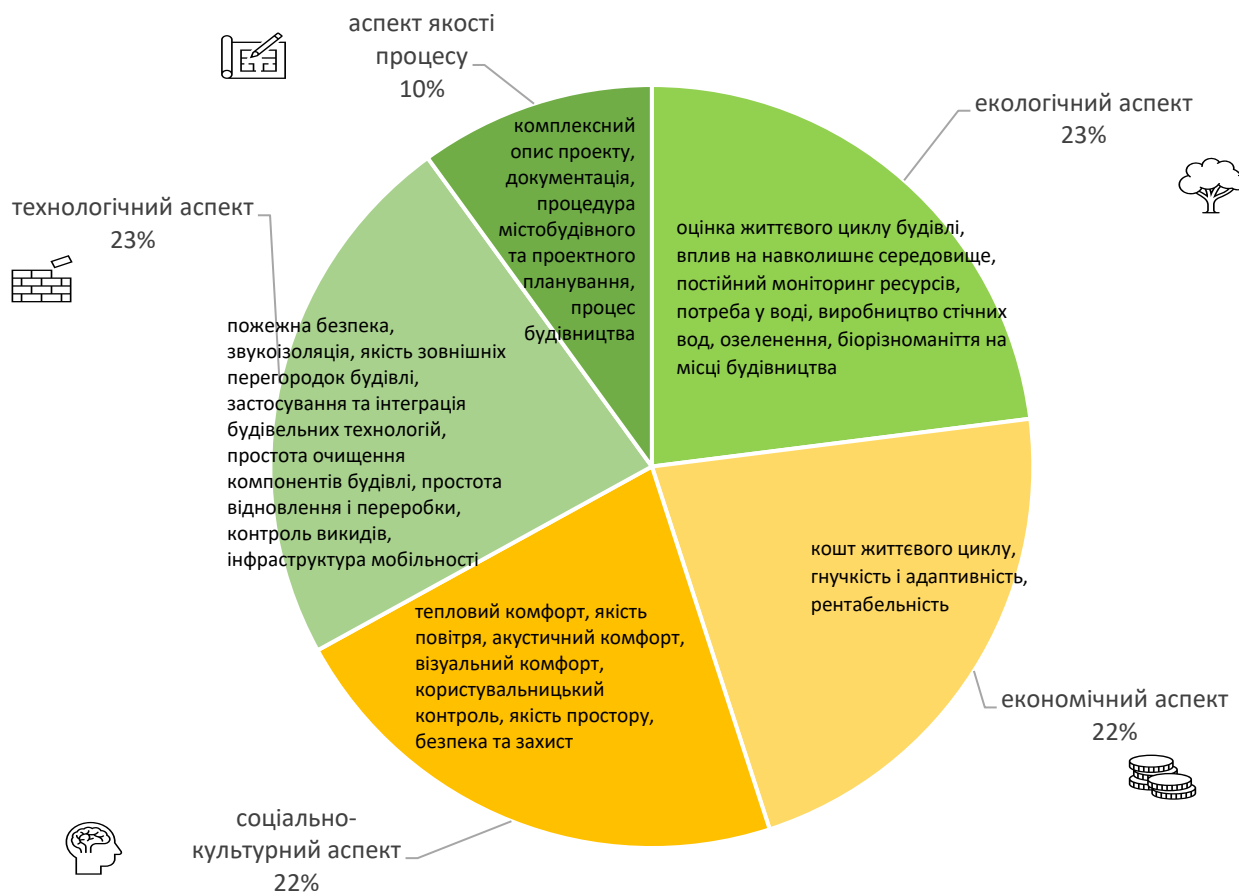


Рисунок 9.3.3 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації DGNB

Додатково оцінюється: аспект розташування (локальне середовище, вплив на територію, доступ до громадського транспорту, доступ до велосипедних споруд).

DGNB також є міжнародною системою сертифікації будівель - DGNB визнана у більш ніж 30 країнах. Понад 5000 проектів отримали сертифікат DGNB. Вартість сертифікації залежить від типу будівлі, її розміру та категорії сертифікації і коливається від 6600 до 73600 євро. Поновлення сертифіката відбувається кожні три роки і коштує приблизно 4000 - 7500 євро. У випадку приватних будинків вартість сертифікації знаходиться в діапазоні 1000-1250 євро.

Рисунок 1.1.1 Цілі Європейського Союзу на 2030 рік	4
Рисунок 1.1.2 Вимоги та рекомендації Європейського Союзу щодо будівельного сектора	6
Рисунок 2.1.1 Роки будівництва житлового фонду України	25
Рисунок 2.1.2 Зовнішній вигляд типової цегляної "хрущовки"	25
Рисунок 2.2.1 Застаріла, неправильно виконана система центрального опалення	35
Рисунок 2.2.2 Вид на вологі стіни та грибок, що з'являється на них.....	36
Рисунок 2.2.3 Надмірне зволоження (замочування) перекриття, вид знизу	37
Рисунок 2.2.4 Надмірне зволоження (замочування) перекриття, вид зверху. Візуально помітне пошкодження дерев'яних елементів даху.....	37
Рисунок 2.2.5 Підтікання що виникають через нещільність даху	38
Рисунок 2.2.6 Неправильне відведення дощової води на терасі спричинило біологічну корозію	39
Рисунок 2.2.7 Корозія металевих елементів на даху будинку.....	39
Рисунок 2.2.8 Деформація конструкції покриття даху та пошкодження окремих елементів покриття	40
Рисунок 2.3.1 Усереднена структура споживання енергії в житлових будинках	42
Рисунок 2.3.2 Принцип Trias Energetica	44
Рисунок 2.4.1 Тепловізійна камера FLIR TG165-X.....	48
Рисунок 2.4.2 Термограма багатоквартирного будинку, кольори на фото відповідають шкалі температур справа, чим вище температура, тим більші втрати тепла через нещільність....	50
Рисунок 3.1.1 Групи заходів з термомодернізації.....	61
Рисунок 4.1.1 Етапи проведення енергоаудиту будівлі	93
Рисунок 4.2.1 Класифікація клімату України за Кеппен-Гейгером	96
Рисунок 4.3.1 Технічна документація будівлі.....	98
Рисунок 4.4.1 Контактний термометр.....	108
Рисунок 4.4.2 Пірометр	108
Рисунок 4.4.3 Термограма отримана тепловізійною камерою.....	108
Рисунок 4.4.4 Накладний ультразвуковий витратомір.....	109
Рисунок 4.4.5 Методологія визначення показників енергоспоживання на потреби ГВП....	112
Рисунок 4.5.1 Баланс споживання енергії у житловому секторі за видами енергії у 2020 році	113
Рисунок 4.5.2 Споживання електроенергії в житловому секторі у поділі на групи споживачів	115
Рисунок 4.5.3 Формула розрахунку споживання електроенергії	116
Рисунок 4.5.4 Профіль навантаження системи освітлення.....	117
Рисунок 5.1.1 Приклад розкладу втрат тепла в багатоквартирному житловому будинку... ..	119
Рисунок 5.2.1 Тепловий місток у зовнішньому куті будівлі (вид у горизонтальному розрізі)	123
Рисунок 5.2.2 Виникнення теплових містків залежно від способу утеплення стін	124
Рисунок 5.2.3 Тепловий місток у балконній плиті частково зменшений теплоізоляцією.....	124
Рисунок 5.7.1 Енергія первинна, кінцева та енергія використання.....	143
Рисунок 6.1.1 Діаграма розрахунку енергопотреб для опалення та вентиляції	147
Рисунок 6.3.1 Діаграма розрахунку річного споживання первинної енергії.....	151

Рисунок 7.1.1 Утеплення стін безшовним методом (ETICKS).....	157
Рисунок 7.1.2 Утеплення стін сухим методом.....	157
Рисунок 7.1.3 Утеплення стелі під неопалюваним орищем.....	158
Рисунок 9.1.1 Ватметр	184
Рисунок 9.1.2 Індивідуальний тепловий пункт.....	185
Рисунок 9.1.3 Тепловий лічильник.....	186
Рисунок 9.1.4 Розподільники тепла : капілярний (а) та електронний (b)	186
Рисунок 9.2.1 Схема перебігу процесу бенчмаркінгу.....	188
Рисунок 9.3.1 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації BREAM.....	191
Рисунок 9.3.2 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації LEED.....	192
Рисунок 9.3.3 Критерії оцінки будівель відповідно до схеми сертифікації DGNB.....	194

Таблиця 1.2.1 Часткові значення показників EP для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання	11
Таблиця 1.2.2 Часткові значення показників EP для охолодження	12
Таблиця 1.2.3 Часткові значення показників EP для освітлення	12
Таблиця 1.2.4 Мінімальні значення коеф. теплопередачі U_c для огорожувальних конструкцій	13
Таблиця 1.2.5 Мінімальна товщина ізоляції для труб та компонентів систем центрального опалення, гвп та систем охолодження	16
Таблиця 2.2.1 Загальні критерії оцінки технічного стану.....	28
Таблиця 2.2.2 Категорії розрахункового терміну експлуатації будівель.....	31
Таблиця 3.1.1 Ступені модернізації будівель	59
Таблиця 3.2.1 Розрахункові середні коефіцієнти витрат на встановлення сонячних колекторів	67
Таблиця 3.2.2 Технічні дані деревної біомаси	68
Таблиця 3.2.3 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – фотоелектричні установки..	72
Таблиця 3.2.4 Розрахункові середні коефіцієнти витрат – теплові насоси.....	72
Таблиця 3.2.5 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – опірні нагрівачі.....	74
Таблиця 3.2.6 Розрахункові коефіцієнти усереднених витрат – електричні котли.....	74
Таблиця 3.3.1 Очікуване скорочення щорічних експлуатаційних витрат в приватному будинку (опалення та приготування гарячої води) в результаті робіт з модернізації.....	75
Таблиця 3.4.1 Приклад переліку запланованих термомодернізаційних заходів.....	83
Таблиця 3.4.2 Перелік варіантів термомодернізації будівель	84
Таблиця 4.1.1 Приклади термомодернізаційних заходів.....	94
Таблиця 4.2.1 Оптимальні параметри якості повітря в житлових приміщеннях*	97
Таблиця 4.4.1 Розрахункове добове споживання води в житлових будинках, на одного мешканця.....	102
Таблиця 4.4.2 Значення середньорічної ефективності виробництва теплової енергії з енергоносія або енергії, що подається до джерела тепла $\eta_{W,g}$	103
Таблиця 4.4.3 Значення середньорічної ефективності передачі тепла від джерела тепла до пунктів розбору води $\eta_{W,d}$	106
Таблиця 4.4.4 Значення середньорічної ефективності накопичення тепла в ємнісних елементах системи приготування гарячої води $\eta_{W,s}$	107
Таблиця 4.4.5 Оцінка технічного стану установки для приготування побутової гарячої води	109
Таблиця 4.4.6 Дані, необхідні для створення характеристик споживання тепла будівлі	110
Таблиця 4.5.1 Середнє споживання, витрати та ціни на електроенергію в домогосподарствах у Польщі	114
Таблиця 9.2.1 Практики, які можна використати до порівняння в різних будинках	189



Energy Efficiency Training and Auditing Project
in Ukraine

Навчальний проєкт з енергетичної ефективності
та енергетичного аудиту в Україні

www.e-etap.com.ua



Виконавці проєкту



Національне агентство з питань
енергозбереження
Республіки Польща



FUNDACJA
POSZANOWANIA
ENERGII

Фонд збереження енергії

Національний фонд охорони
довкілля
та водного господарства
Республіки Польща



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej