

ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОБЕЗПЕЧНИХ МОБІЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ В ПРИВАТНИХ БУДИНКАХ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

V. Kolesnyk¹, <https://orcid.org/0000-0003-2349-3576>

A. Rudchenko¹, <https://orcid.org/0009-0000-1850-3712>

M. Amirov¹ <https://orcid.org/0009-0007-2754-0014>

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

IMPLEMENTATION OF ECO-SAFE MOBILE SOURCES IN PRIVATE HOUSES DURING EMERGENCIES

Мета. Запровадження альтернативного енергозабезпечення в міських приватних будинках на основі застосування екобезпечних мобільних джерел під час надзвичайних ситуацій природного, техногенного та військового характеру.

Методика дослідження включала: аналіз особливостей теплових втрат будинків через їхні огорожувальні конструкції в умовах надзвичайних ситуацій; визначення потужності теплових втрат типовим будинком та очікуваного збереження тепла після його термомодернізації; розрахункове оцінювання потужності альтернативних екологічно безпечних мобільних джерел енергії, що потрібні для ощадного забезпечення приватних будинків теплом і гарячою водою у надзвичайних ситуаціях.

Результати дослідження. Виявлено особливості споживання тепла житловими помешканнями в ощадних умовах надзвичайних ситуацій. Визначено тепловтрати типовим будинком міського приватного сектору. Показано, що рівні його теплозбереження значно менше сучасних норм, отже є необхідність попереджувальної термомодернізації з огляду на його альтернативне енергозабезпечення у надзвичайних ситуаціях. Встановлено, що після рекомендованого утеплення будинку очікувані втрати тепла знизяться до 3,42 кВт, а сукупний тепловий опір його огорожувальних конструкцій підвищиться до 1,512 м²·К/Вт, що дозволяє використати пару екологічно безпечних теплових насосів: «повітря – повітря» та «повітря – вода» для теплозабезпечення будинку.

Наукова новизна. Виявлено очікувано високу втрату тепла типовим приватним будинком, яка обумовлена майже у 7 разів меншою за теперішню норму величиною сукупного теплового опору його огорожувальних конструкцій. Причому фасадні стіни та дах втрачають до 70,8 % тепла. Тому ощадне енергозабезпечення будівлі у надзвичайних ситуаціях пропонується авторами на основі екологічно безпечних мобільних джерел після рекомендованої авторами попереджувальної термомодернізації.

Практичне значення. Результати дослідження рівнів теплозбереження одноповерхових будинків міського приватного сектору дозволяють забезпечити ощадне альтернативне теплопостачання шляхом використання портативних екологічно безпечних теплових насосів: «повітря – повітря» і «повітря – вода», що живляться під час надзвичайних ситуацій від бензинового електрогенератора, що працюватиме в номінальному режимі з мінімальним викидом екологічно небезпечних речовин в атмосферу.

Ключові слова: наслідки надзвичайних ситуацій природного, техногенного і військового характеру, трансмісія тепла будинками назовні, екологічно безпечні мобільні джерела тепла.

Вступ. Альтернативне енергозабезпечення приватних будинків у надзвичайних ситуаціях (далі НС) має певні особливості. Це пов'язано з тим, що у нормальних умовах переважна більшість будинків приватного сектору централізовано забезпечуються електроенергією та газом. Оскільки там немає централізованого опалення, то обігрів помешкань та забезпечення гарячою водою здійснюється мешканцями із застосуванням різних альтернативних джерел, зокрема, індивідуальних котлоагрегатів (котлів): електричних, газових, або дизельно-паливних. Є і такі, в яких спалюють вугілля, торф, дрова або деревні пелети. Останнім часом в окремих однопід'їзних багатоповерхівках застосовують автоматичні газові котельні потужністю порядку 400...600 кВт, які розміщуються переважно на верхніх поверхах та працюють практично без оперативного обслуговуючого персоналу.

Популярними і доступними стають також сонячні панелі в комплекті з акумуляторними батареями, інверторами постійного електричного струму у стандартний мережний електричний струм, а також теплові насоси, що перекачують тепло із зовнішнього середовища в приміщення. Отже певна частка будинків приватного сектору є захищеною від припинення централізованого електропостачання – головної з небезпек у НС.

Іншим небезпечним наслідком НС природного, техногенного або військового характеру є пошкодження основних огорожувальних конструкцій будинків: фасадних стін, вікон, дахів, що призводить до часткової або повної втрати тепла помешканнями. Отже в таких ситуаціях збереження тепла в пошкоджених будинках та взагалі забезпечення їх теплом і гарячою водою стає актуальною задачею, яка підсилюється за умов припинення електропостачання.

Для НС не існує встановлених норм енергоспоживання населенням, але, як вимагає Держенергонагляд, потрібне забезпечення функціонування життєво важливих побутових приладів, а також опалення та освітлення, відповідно до існуючих документів [1, 2]. Орієнтирами енергоспоживання в НС можуть слугувати існуючі соціальні норми електроспоживання, зокрема, у приміщеннях без електричних плит, за наявності постачання холодної води та відсутності центрального опалення, який встановлено на рівні 100 кВт×годин на місяць на сім'ю з однієї особи та додатково 30 кВт×годин на кожного члена сім'ї, але не більше 250 кВт×годин [3]. Іншим орієнтиром є типове добове споживання енергії побутовими приладами типового помешкання, норма якого складає 23,3 кВт×годин за добу [4]. При цьому за добу обігрівач-кондиціонер споживає для обігріву типової двокімнатної квартири 8 кВт×годин, а бойлер для нагріву води – 5 кВт×годин, в сумі – 13 кВт×годин. Отже, більше половини енергоспоживання типовим помешканням припадає на забезпечення теплом та гарячою водою. Тому для людських помешкань в умовах НС стає актуальним його оперативне забезпечення з альтернативних джерел на основі застосування різного роду засобів нагрівання повітря і води та збереження тепла.

Збереження тепла в будинках забезпечують переважно їх основні огорожувальні конструкції: фасадні стіни, вікна, дахи, вхідні двері, що мають різні теп-

лоізоляційні властивості, до того ж, часто пошкоджуються під час НС. В результаті, нагальним завданням стає оцінювання фактичної потужності теплових втрат житловими помешканнями, включаючи індивідуальні приватні будинки, визначення відповідної потужності альтернативних джерел для їх енергозабезпечення, а також очікуваного теплового ефекту від застосування певних теплоізоляційних матеріалів як запобіжного захуду у нормальних умовах, так і в умовах НС, коли потрібно оперативно утеплити пошкоджену огороджувальну конструкцію та забезпечити компенсування теплових втрат з альтернативного джерела.

Мета роботи – оцінка потужності теплових втрат одноповерховими будинками міського приватного житлового сектору, порівняння їх з існуючими нормами та вибір джерел тепла для їх альтернативного енергозабезпечення під час надзвичайних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети ставилися наступні завдання:

- проаналізувати особливості визначення потужності теплових втрат будинків через їхні огороджувальні конструкції в нормальних умовах та в умовах НС;
- оцінити потужності теплових втрат приватним будинком та рівні їх зменшення після його попереджувального утеплення з визначенням теплових опорів основних огороджувальних конструкцій та будівлі в цілому як індикаторів енергозбереження відповідно до існуючих норм;
- оцінити потужності альтернативних джерел енергії, що потрібні для забезпечення приватних будинків теплом і гарячою водою, як у нормальних умовах на територіях підвищеного ризику НС, так і в умовах їх оперативного застосовування під час НС.

Основна частина. Для вирішення завдань альтернативного забезпечення теплом одноповерхових житлових будинків міського приватного житлового сектору як у нормальних умовах, так і в умовах НС, проаналізуємо його тепловий баланс, спираючись на рекомендації стосовно теплопостачання та теплозбереження [5–12]. Як відомо, в реальних системах теплопостачання будинків тепла енергія витрачається на опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря та гаряче водопостачання. Теплове навантаження на систему опалення, суттєво змінюється протягом опалювального періоду, залежно від температури зовнішнього повітря та інших метеорологічних чинників (сонячна радіація, швидкість вітру, вологість повітря тощо), а також через природну вентиляцію приміщень, тобто діють сезонні навантаження.

Очевидно, що споживання тепла в нормальних умовах та в НС матимуть певні особливості, а саме:

- теплове навантаження на джерела теплопостачання змінюється залежно від температури зовнішнього повітря та теплових опорів певних огороджувальних конструкцій;
- витрати тепла у помешканні мають значні коливання, залежно від погодних умов в регіоні та в локальному місці розташування будинку;

- зміна теплового навантаження на опалення протягом доби або часу дії НС – незначна;
- теплове навантаження змінюється протягом доби за рахунок інфільтрації, тобто природної вентиляції разом з протягами через певні нещільності в огорожувальних конструкціях, зокрема через вікна, двері та димарі;
- теплове навантаження на джерела гарячого водопостачання, як правило, мають значну нерівномірність протягом доби, та за днями тижня.

Виходячи з цих особливостей, завданням системи опалення є підтримання температури повітря всередині опалювальних приміщень будівлі на рівні санітарних норм, тобто не нижче 18°C. У зимовий час це можливо шляхом встановлення рівноваги між надходженням і втратами теплоти в приміщеннях відповідно до рівняння теплового балансу будівлі [5, 6]:

$$Q_o + Q_{вн} = Q_{вт} + Q_{ін}, \quad (1)$$

де Q_o – кількість тепла, що надходить в будівлю з системи опалення; $Q_{вн}$ – внутрішні тепловиділення в будівлі, що не залежать від системи опалення; $Q_{вт}$ – втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі внаслідок трансмісії назовні; $Q_{ін}$ – втрати тепла від інфільтрації повітря (природна вентиляція, протяги) через нещільності у згаданих конструкціях.

З виразу (1) випливає, що кількість тепла, яку необхідно передати в будинок через систему опалення становитиме:

$$Q_o = Q_{вт} + Q_{ін} - Q_{вн}. \quad (2)$$

Оскільки в приватних будинках, як правило, проживає мало людей, то їх біологічним теплом, а також тепловиділенням кухонного обладнання можна нехтувати. Отже, головним чинником втрати тепла виступає його трансмісія назовні, що залежить від теплових опорів фасадних (зовнішніх) стін, покриттів на даху, вікон, входних дверей, перекриттів підлоги, до якої додається інфільтрація тепла через природну вентиляцію і протяги (рис. 1) [5, 7–10].

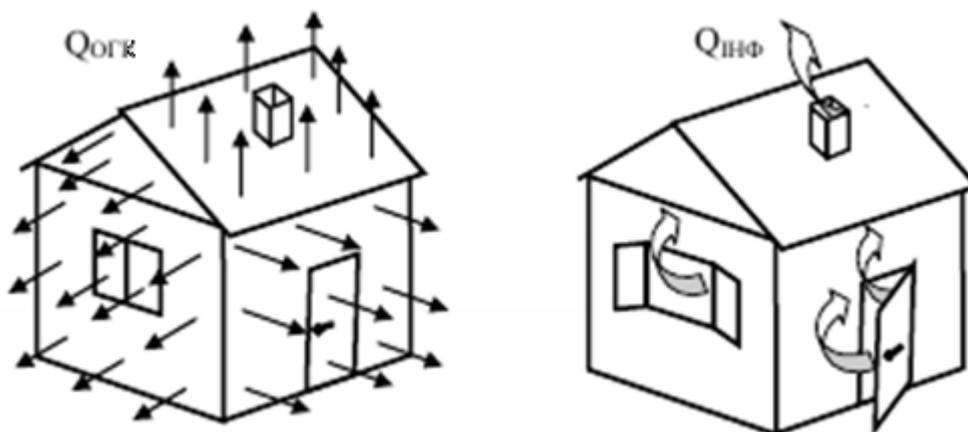


Рис. 1. Теплові втрати у навколишнє середовище крізь огорожувальні конструкції ($Q_{огк}$) та за рахунок інфільтрації ($Q_{инф}$)

В одноповерхових будинках до 40% усіх теплових втрат відбувається в результаті трансмісії тепла назовні крізь зовнішні стіни, 15% – через вікна та дверні рами, 20% – через покрівлю, 10% – через фундаменти та підлоги та 15% – через вентиляцію. У багатоквартирних будинках теплові втрати розподіляються наступним чином: 37% – через стіни, 24% – крізь вікна та дверні рами, 6% – через покрівлю, та 3% – через фундамент та підлогу; 30% – через вентиляцію [6, 8]. Наведені величини не є сталими, оскільки залежать від технологій збереження тепла в будівлях та діючих стандартів щодо збереження тепла.

Очевидно, що сума потужностей теплових втрат огорожувальних конструкцій, з додаванням потужностей для компенсації втрат тепла через вентиляцію/інфільтрацію, а також необхідність забезпечення помешкань гарячою водою, визначатиме потужність будь-якого джерела постачання тепла в помешкання, як у нормальних умовах, так і в ощадних умовах НС.

В нормальних умовах потужність трансмісії теплового потоку через основні огорожувальні конструкції будинків розраховують з використанням різних методів [5, 9, 10]. Доцільно при укрупненому аналізі користуватися рівнянням теплопровідності з параметрами площі, температурного градієнту та теплового опору певної огорожувальної конструкції або усієї будівлі в цілому у вигляді:

$$W = S \cdot (T_v - T_z) / R, \text{ Вт}, \quad (3)$$

де S – повна площа, через яку тепло надходить назовні, м^2 ; $R = d / \lambda$ – тепловий опір, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, тут: λ – коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$, а d – товщина огорожувальної конструкції, м .

Тоді питома потужність теплових втрат на одиницю площі зовнішньої поверхні будівлі або її певної огорожувальної конструкції складе:

$$W/S = (T_v - T_z) / R, \text{ Вт} / \text{м}^2. \quad (4)$$

Зауважимо, що рекомендована сукупна величина теплового опору для житлових будинків з 2021 р. в Україні дорівнювала $R = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Тепер, як і в Європі, – $4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, а на перспективу – $5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ [5, 10]. При цьому норма $R = 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ орієнтована на збереження енергоресурсів, отже відповідає ощадним умовам НС. За цією нормою можливо одразу оцінити питому потужність теплових втрат жилим помешканням. Наприклад, для санітарної температурної норми в середині приміщення $T_v = 18^\circ\text{C}$ та при зовнішній температурі $T_z = -5^\circ\text{C}$, матимемо температурний градієнт 23°C , а питому потужність теплових втрат: $W/S = (18 + 5) / 4,5 = 5,11 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

Очевидно, що за цією величиною, помноженою на площу зовнішньої поверхні будівлі – S , оперативно отримаємо укрупнену оцінку величини потужності втрат тепла будинком.

Оскільки втрати тепла залежать від температури всередині і зовні будівлі, то в умовах НС також слід всередині помешкання прийняти санітарну норму температури щодо опалення, яка дорівнює $T_v = 18^\circ\text{C}$, а як зовнішню T_z , – обрати середнє значення температури в опалювальному періоді, що є характерною для

регіону розташування будинку, або використати прогнозу температуру, очікувану під час НС.

Значення теплового опору кожної огорожувальної конструкції слід також попередньо визначати відповідно до існуючих норм, але враховуючи можливі їх зміни в результаті НС. Зокрема зміни, пов'язані з тимчасовою заміною пошкоджених огорожувальних конструкцій на альтернативні. Наприклад, розбиті вікна закрити листами фанери або плитами пінополістиролу, тобто тимчасово створити конструкції, що мають інші теплоізоляційні властивості, а значить, і теплові опори.

За моделлю (4) нескладно оперативно оцінити тепловий опір, як для окремих огорожувальних конструкцій, так і для усього будинку в цілому, що важливо в мовах НС:

$$R = S \cdot (T_{в} - T_{з}) / W, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}. \quad (5)$$

Для підтвердження правомірності таких оцінок нами виконувався більш детальний розрахунок теплових втрат на прикладі одноповерхового будинку міського приватного житлового сектору за методикою, наведеною в [7, 9, 10]. План будівлі з її основними геометричними параметрами наведений на рис. 2.

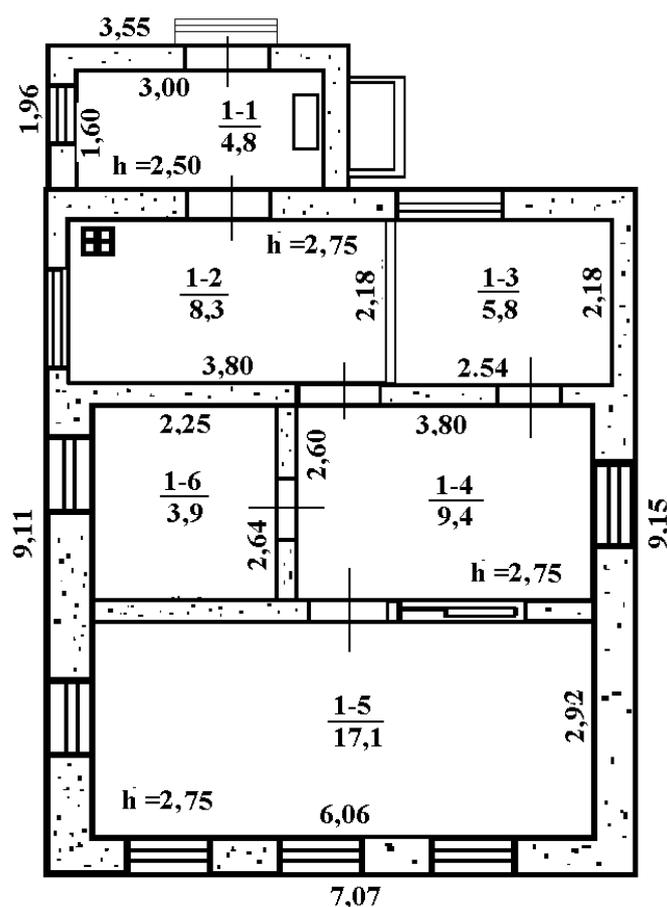


Рис. 2. План реального одноповерхового чотирикімнатного будинку, розташованого у приватному секторі м. Дніпро

Геометричні параметри будинку, що потрібні для подальших розрахунків втрати ним тепла, склали:

– площа зовнішніх стін з шлакобетону –	62,84 м ² ;
– площа метало-пластикових вікон –	16,67 м ² ;
– площа вхідної соснової двері –	2,43 м ² ;
– загальна площа фасадних стін –	81,94 м ² ;
– площа даху, як і площа підлоги з фундаментом –	71,44 м ² ;
– сумарна внутрішня площа усіх приміщень –	49,3 м ² ;
– загальний об'єм кімнат –	134,38 м ³ .

В ході розрахунків визначали теплові втрати крізь кожну, як правило, багатошарову огорожувальну конструкцію будинку (стіни з шарами штукатурки, вікна одно-двокамерні, двері обшиті, дах з насипкою, підлогу двошарову, підвал) та і їх сумарні величини з додаванням витрат на інфільтрацію. Додатково оцінювали відповідні теплові опори цих конструкцій за моделлю (5). Основні результати наведені в порівняльній табл. 1, де 41°C – температурний градієнт, обумовлений прийнятими величинами $T_в = 18^\circ\text{C}$, а $T_з = -23^\circ\text{C}$ – найнижча зимова температура в м. Дніпро.

Таблиця 1

Потужність теплових втрат через огорожувальні конструкції будинку та інфільтрацію з оцінюванням відповідних теплових опорів за моделлю (5)

Укрупненні складові трансмісії тепла, через:	Потужність втрат тепла W , Вт при $(T_в - T_з) = 41^\circ\text{C}$	Відносні величини втрат тепла*, %			Площа конструкцій S , м ²	Теплові опори – R , м ² ·К/Вт
		3	4	5		
1	2	3	4	5	6	7
– стіни	4706,3	32,2	40	37	62,84	0,556
– вікна	982,6	6,7	15	24	16,67	0,390
– двері	706,3	4,8			2,43	0,141
– дах	5632,4	38,6	20	6	71,44	0,520
– підлогу	607,2	4,2	10	3	71,44	4,82
– інфільтрацію	1995,1	13,6	15	30	-	-
Суми величин	14589,9	100	100	100	224,8	0,631**

Примітки: * – у стовпчиках 3; 4 та 5 відповідно наведені – відносні величини втрат тепла, розраховані за методикою [7, 9], типові значення для одноповерхових приватних житлових будинків та типові значення для багатоквартирних житлових будинків; ** – загальну величину теплового опору оцінено за температурним градієнтом 41°C, сумарною потужністю теплових втрат 14589,9 Вт та площею зовнішньої поверхні будинку 224,8 м².

Згідно з табл. 1, сумарна потужність теплових втрат розглянутим будинком для найнижчої зовнішньої температури $T_з = -23^\circ\text{C}$ склала $W = 14589,9$ Вт. Сукупний тепловий опір будівлі склав 0,631 м²·К/Вт, що є індикатором підвищених теплових втрат будівлею, оскільки його величина майже у 7 разів менше існуючої у теперішній час норми 4,5 м²·К/Вт.

Максимальне річне споживання теплової енергії для обігріву будинку склало:

$$Q_{річн} = 24 \cdot W \cdot n_0 = 24 \cdot 14589,9 \cdot 172 \cdot 10^{-3} = 60227,1 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де $n_0 = 172$ доби – тривалість опалювального періоду для м. Дніпро.

Питоме споживання теплової енергії на одиницю внутрішньої площі усіх приміщень будинку, яка дорівнює $49,3 \text{ м}^2$ визначимо як:

$$q = \frac{Q_{річн}}{S_{буд}} = \frac{60227,1}{49,3} = 1221, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$$

Ця величина значно більше за нормативну величину – $120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, рекомендовану для м. Дніпро [11], що разом із сукупним тепловим опором указують на необхідність випереджувальної, з огляду на можливість НС, термомодернізації будинку, спрямованої на енергозбоекення. Примітно, що таку проблему має значна кількість будинків міського приватного житлового сектору, побудованих за вимогами збереження тепла 50-річної давнини.

Подальший аналіз табл. 1 показує, що найбільша втрата тепла відбувається крізь стіни та дах ($70,8 \%$) за рахунок на порядок менших теплових опорів, порівняно з сучасною нормою $R = 4,5 \text{ м}^2\cdot\text{К} / \text{Вт}$, а також через відносно велику їхню площу. Отже, у першу чергу потрібно утеплювати саме ці огорожувальні конструкції. Відносні ж тепловтрати за рахунок природної вентиляції будинку складають $13,6 \%$, а сумарні для вікон і дверей – $11,5\%$, що менше 15% – типових значень для таких будинків. Тобто, модернізацію системи вентиляції, вікон і дверей проводити не обов'язково, хоча вікна і двері також мають малі теплові опори.

Під час термомодернізації фасадних стін будинків їх зовні утеплюють шарами пінопласту або матами з мінеральної вати. Дахи всередині переважно накривають шарами гранульованого шлаку, керамзиту, деревної тирси тощо. Віконні укоси утеплюють гіпсокартоном, розбите скло тимчасово закривають фанерою, старі двері – ватою чи поролоном та оббивають дерматином. В середині приміщень застосовують гіпсокартон, пробкові та інші пористі шпалери певної товщини [8, 12].

Як приклад щодо оперативного оцінювання ефекту від утеплення приватного будинку, розглянемо ефект від утеплення його фасадної стіни. Оберемо з табл. 1, величину її теплового опору $R = 0,556 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, що майже на порядок менше сучасної норми $4,5 \text{ м}^2\cdot\text{К} / \text{Вт}$. Як утеплювач візьмемо плиту з пінополістиролу товщиною $d = 0,1 \text{ м}$. Коефіцієнт його теплопровідності при густині речовини $150 \text{ кг}/\text{м}^3$ становить $\lambda = 0,047 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$. Отже тепловий опір шару полістиролу становитиме: $R_n = d / \lambda = 0,1/0,047 = 2,128 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$.

Тепловий опір фасадної стіни разом з шаром пінополістиролу оцінимо спрощено, як суму їхніх теплових опорів. В результаті, тепловий опір утепленої двошарової конструкції фасадної стіни становитиме: $R_c = R + R_n = 0,556 + 2,128 = 2,684 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$.

Питомі втрати тепла (на квадратний метр площі) утепленою фасадною стіною оцінимо за градієнтом температури $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ – визначеним для $T_3 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, яку вважали близькою до середньої температур в регіоні та більш прийнятною для альтернативного теплозабезпечення в нетривалих умовах НС (якщо така ситуація не викликана суттєвим падінням зовнішньої атмосферної температури). Отже, згідно з (4), отримаємо: $W/S = (T_6 - T_3)/R_c = (18 + 5)/2,684 = 8,57\text{ Вт/м}^2$.

Отже потужність тепловтрат фасадною стіною площею $S = 62,84\text{ м}^2$ після її утеплення зазначеним шаром пінополістиролу знизиться до $538,5\text{ Вт}$, тобто суттєво зменшаться, порівняно з загальною потужністю теплових втрат. Проте, питомі втрати тепла крізь утеплену стіну все одно будуть вищі за прийняту норму ($8,57\text{ Вт/м}^2$ проти норми $5,11\text{ Вт/м}^2$). Очевидно, що збільшуючи товщину утеплювача, приблизно до $d = 0,17\text{ м}$, можливо досягти потрібної норми теплового опору $R = 4,5\text{ м}^2\cdot\text{К} / \text{Вт}$.

Примітно, що на ринку вже є пінополістиролові панелі товщиною $d = 0,16\text{ м}$; $\lambda = 0,035\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $R = 4,55\text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, що мають по краях виступи, сформовані для швидкого монтажу на цегляній стіні (у шип  ) з використанням клею (замість шурупів), що важливо в умовах НС (рис.2 а) [13].

Аналогічно, розраховують ефект від утеплення даху додатковим шаром утеплювача, наприклад накладанням матів з мінеральної вати ISOVER-штукатурний товщиною $d = 0,1\text{ м}$ з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,034\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, та тепловим опором $R = 2,94\text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ (рис.2 б), [14]., Причому мати можна безпосередньо покласти на поверхню даху. В результаті, тепловий опір шару мінеральної вати становитиме: $2,941\text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$, а утепленої у такий спосіб двошарової конструкції даху: $3,461\text{ м}^2\cdot\text{К/В}$. Питомі ж втрати тепла дахом, згідно з (4), знизяться до $6,64\text{ Вт/м}^2$.



Рис.2. Засоби для оперативного утеплення фасадних стін:

а) – пінополістиролові панелі з виступами по краях для швидкого монтажу (в шип  ) ; б) – мати з мінеральної вати для накладання на горизонтальну поверхню стелі під дахом

Скориговані для температурного градієнту 23°C потужності втрат тепла після рекомендованого утеплення фасадних стін і даху наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Потужність теплових втрат через огорожувальні конструкції будинку та інфільтрацію до і після рекомендованого випереджувального утеплення фасадних стін і даху в ощадних умовах НС

Укрупненні складові трансмісії тепла, через:	Потужність втрат тепла W , Вт при $(T_в - T_з) = 23^\circ\text{C}$, відповідно до та після утеплення (стовбці 2 та 3)		Відносна величини втрат тепла, %	Площа конструкцій S , м ²	Теплові опори, оцінені, м ² ·К/Вт
1	2	3	4	5	6
–стіни	2640	538,5	32,2	62,84	2,684
–вікна	551	551	6,7	16,67	0,390
–двері	396	396	4,8	2,43	0,141
–дах	3160	474,8	38,6	71,44	3,461
–підлогу	341	341	4,2	71,44	4,82
–інфільтрацію	1119	1119	13,6	–	–
Суми величин	8185	3420,3	100	224,8	1,512*

Примітка: *загальну величину теплового опору оцінено з використанням моделі (3) за температурним градієнтом 23°C, сумарною потужністю теплових втрат 3420,3 Вт та загальною площею зовнішньої поверхні будинку 224,8 м².

Як бачимо з табл. 2, шляхом попереднього утеплення фасадної стіни і даху приватного будинку очікується зниження його теплових втрат до 3,42 кВт при майже трикратному підвищенні загального теплового опору будівлі. Це дає можливість застосовувати для альтернативного енергозабезпечення в таких будинках існуючі мобільні джерела тепла аналогічної потужності, як в нормальних умовах, так і в умовах НС.

Між тим, при визначенні потужності газового або електричного обігрівача для опалення приватних будинків в Україні застосовують приблизне співвідношення: 1 кВт на 10 м² площі помешкання, що можна уточнити, використавши норму 40 Вт на 1 м³ об'єму приміщення, яку практикують саме при виборі агрегатів для опалення приватних будинків [15]. За такими спрощеними нормами потужність альтернативного джерела для опалення розглянутого приватного будинку відповідно складуть:

- за площею кімнат 49,3 м² (1 кВт на 10 м²).....4,93 кВт;
- за їх об'ємом 134,38 м³ (40 Вт на 1 кубометр).....5,38 кВт,

Отже приблизні співвідношення дають більші значення потужності, порівняно з величиною 3,42 кВт, отриманою вище. Залишається додати до цієї величини потужність, що необхідна для нагрівання води для побутових потреб. Враховуючи типове співвідношення споживання енергії обігрівачем та бойлером, як 8 до 5, відповідно [4], до потужності альтернативного джерела слід додати ще 37,5% – на підігрів води, тобто близько 1,28 кВт. Отже, сумарна потужність джерела для обігрівання розглянутого будинку та нагрівання води складе, як мінімум, 4,7 кВт.

Таким чином, під час НС актуалізується потреба в альтернативних джерелах тепла, якими виступають існуючі портативні теплові насоси: повітря-повітря (для обігріву кімнат); повітря-вода (для забезпечення гарячою водою), характеристики яких наведені в табл.3 [16–19],

Таблиця 3

Портативні теплові насоси існуючих моделей

Модель та її тип	Теплова потужність, кВт	Потужність електроспоживання, Вт	COP/ER (якщо є)	Маса, кг	Примітки
EcoFlow WAVE 2 . Повітря–повітря, портативний	1.8	≈600 (ном.)	–	≈14.5	Поза діапазоном (+0.3 кВт)
ZERO BREEZE Mark 3 По- вітря–повітря, портативний (на батареї/мережі)	≈1.7	–	–	≈10	Поза діапазоном (+0.2 кВт)
Ariston Lydos Hybrid 80 Пові- тря–вода, бойлер 80 л (гібрид)	–	≈1200 (типове); ≈200 (Green)	A (клас)	≈37.5	
Panasonic PAW-DHWM80ZNT Повітря–вода, бойлер 80 л	–	≈250	COP до 2.65	–	

Аналіз та обговорення результатів. В результаті вирішення поставлених задач показано, що споживання тепла житловими помешканнями за відсутності централізованого опалення і гарячого водопостачання в нормальних умовах та в умовах НС мають певні особливості, а саме: теплове навантаження на джерела теплопостачання змінюється залежно від температури зовнішнього повітря та теплових опорів певних огорожувальних конструкцій; витрати тепла у помешканні мають значні коливання, залежно від погодних умов в регіоні і навіть в локальному місці розташування будинку; зміна теплового навантаження на опалення протягом доби або часу дії НС – незначна; теплове навантаження змінюється протягом доби за рахунок інфільтрації, тобто природної вентиляції разом з протягами через певні нещільності в огорожувальних конструкціях вікон, дверей та димаря; теплове ж навантаження на джерела гарячого водопостачання, як правило, мають значну нерівномірність протягом доби, та за днями тижня.

В результаті детального розрахунку очікуваних втрат тепла типовим приватним будинком, зокрема після рекомендованого, достатньо оперативного попереджувального утеплення основних огорожувальних конструкцій будинку з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів, очікувані втрати тепла ним, склали 3,42 кВт, при майже трикратному підвищенні загального теплового опору будівлі, тобто до рівня 1,512 м²·К/Вт. З урахуванням потужності, що необхідна для нагрівання води для побутових потреб, що складає в абсолютних величинах

– 1,28 кВт, отже необхідна потужність альтернативного джерела теплопостачання склала 4,7 кВт. Таку потужність здатна розвинути пара існуючих портативних теплових насосів: «повітря – повітря» (для обігріву приміщення) та «повітря – вода» (для забезпечення гарячою водою). Очевидно, що теплові насоси потребують живлення від допоміжного мобільного джерела електроенергії у вигляді бензогенератора або акумуляторної батареї.

Оскільки теперішня норма теплового опору будинків складає $4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, то за умов утеплення усіх огорожувальних конструкцій розглянутого будинку до цієї сукупної норми, потужність альтернативного теплопостачання може бути при нагальній потребі знижена ще в три рази, тобто приблизно до 1,53 кВт, що забезпечить більш ефективну роботу мобільних портативних джерел альтернативного теплопостачання під час НС у номінальному режимі, без перевантаження, як у нормальних умовах, так і під час надзвичайних ситуацій.

Висновки. Особливостями споживання тепла житловими помешканнями за відсутності централізованого опалення і гарячого водопостачання в нормальних умовах та в умовах надзвичайних ситуацій є те, що теплове навантаження на джерела теплопостачання залежить від температури зовнішнього повітря та теплових опорів певних огорожувальних конструкцій, тобто від погодних умов в регіоні або в місці розташування будинку; воно змінюється протягом доби за рахунок інфільтрації, через певні нещільності в огорожувальних конструкціях.

Детальний розрахунок втрат тепла одноповерховим будинком міського приватного житлового сектору та порівняння їх з існуючими нормами виявив необхідність попереджувальної термомодернізації будівлі, з огляду на можливість надзвичайних ситуацій. Таку ж проблему має значна кількість будинків міського приватного житлового сектору, побудованих за вимогами збереження тепла 50-річної давнини. Після рекомендованого, достатньо оперативного попереджувального утеплення в будинку фасадних стін і даху, очікувані втрати тепла зменшилися більше, ніж у два рази, до рівня 3,42 кВт, при сукупному тепловому опорі будівлі – $1,512 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Розрахункова потужність альтернативного джерела теплопостачання дослідженого будинку з урахуванням потужності 1,28 кВт, що потрібна для нагрівання води для побутових потреб, склала 4,7 кВт. Таку потужність здатна розвинути пара існуючих портативних теплових насосів: «повітря – повітря» (обігрів приміщення) та «повітря – вода» (забезпечення гарячою водою з живленням їх від мобільного джерела електроенергії у вигляді бензогенератора або акумуляторної батареї, яка виглядає більш екологічною).

З огляду на те, що рекомендована норма теплового опору будинків складає $4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ та з часом збішуватиметься, доцільно утеплювати усі його огорожувальні конструкції до поточної сукупної норми, що дозволить зменшувати потужність альтернативного теплопостачання, зокрема ще в три рази, приблизно до вліччина 1,53 кВт, що забезпечить роботу обраних портативних теплових насосів: «повітря – повітря» і «повітря – вода» у номінальному режимі, без перевантаження, як у нормальних умовах, так і під час надзвичайних ситуацій.

Перелік посилань

1. Держенергонагляд. Державна інспекція енергетичного нагляду: офіційний вебпортал. <https://www.sies.gov.ua>
2. Державні санітарні норми опалення: ДСН 3.36.039-99. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text>
3. Про встановлення державних соціальних стандартів у сфері житлово-комунального обслуговування: Постанова Кабінету Міністрів України від 06 серп. 2014 р. № 409. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/409-2014-%D0%BF#Text>
4. Типове добове споживання електроенергії побутовими приладами: Міністерство енергетики України: офіційний вебсайт. <https://www.mev.gov.ua/statystychna-informatsiya/typove-dobove-spozhyvannya-elektroenerhiyi-pobutovymy-pryladamy>
5. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання (Наказ від 06.10.2022 №201. Про прийняття і скасування стандартів. Чинний. Дата початку дії: 01.03.2023).
6. Нетеса, К. М. (2021). *Вдосконалення та визначення раціональних організаційно-технологічних рішень влаштування фасадних систем багатопверхових цивільних будівель (Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)*. НБУВ. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/0421U101448>
7. Любарець, О. П., Зайцев, О. М., & Любарець, В. О. (2010). *Проектування систем водяного опалення: посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗів*. Відень-Київ-Симферополь: ГЕРЦ Арматурен Г. м. б. X, 200.
8. ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд, теплова ізоляція будинків”
9. Кривошеєв, М., Іващенко, Н., & Самойленко, С. (2024). Методи розрахунку теплових втрат і теплонадходжень в будівлях. Огляд, нормативні вимоги і практичні підходи в Україні та світі. *Refrigeration Engineering and Technology*, 60(1), 2–19. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/45705>
10. Як розрахувати теплопір стіни: вебсайт. <http://pro-teplo.in.ua>
11. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020 № 260. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>
12. Куприянова А. А. (2015). *Сучасні способи утеплення, звукоізоляції та гідроізоляції будинків і квартир. Новітні технології та матеріали*. Харків: Віват.
13. KF 500 standart, SF 160 : technical data. *JACKON Insulation*. <https://www.jackon-insulation.com>
14. Монюк, І.В., Колесник, В.Е., & Павличенко, А.В. (2021). Оцінка енергоекологічної ефективності інсоляції в системі «котельня – споживачі тепла – довкілля». *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища, енергоощадність, збалансоване природокористування : зб. матеріалів 6-го Міжнар. молодіж. конгресу*, 89. <http://science.lpnu.ua/uk/ekokongres-2020>
15. Розрахунок потужності електрокотла для опалення будинку: вебсайт. <https://teplota.com.ua>
16. EcoFlow EU: official product page. *Energy2Store*. <https://energy2store.com>
17. ZERO BREEZE Mark 2 (Heating 1700W/5800BTU): technical specifications. <https://www.zerobreeze.com>
18. Ariston Lydos Hybrid (80 L): technical data & Green mode. <https://www.ariston.com>
19. KliMate PAWDHWM80ZNT (0.25 kW, COP 2.65)/ Panasonic Aquarea DHW: product review. <https://www.aircon.panasonic.eu>

ABSTRACT

Purpose. Introduction of alternative energy supply in urban private homes based on the use of environmentally safe mobile sources during emergencies of a natural, man-made and military nature

Methodology. The research methodology included: analysis of the features of heat losses of buildings through their enclosing structures in emergency situations; determination of the heat loss capacity of a typical building and the expected heat conservation after its thermal modernization; calculation of the capacity of alternative environmentally safe mobile energy sources required for economical provision of private homes with heat and hot water in emergency situations.

Findings. The peculiarities of heat consumption by residential buildings in economic conditions of emergency situations were revealed. Heat losses of a typical house of the urban private sector were determined. It has been shown that its heat conservation levels are significantly lower than modern standards, therefore there is a need for preventive thermal modernization in view of its alternative energy supply in emergency situations. It has been established that after the recommended insulation of the house, the expected heat loss will decrease to 3.42 kW, and the total thermal resistance of its enclosing structures will increase to 1.512 m²×K/W, which allows the use of a pair of environmentally friendly heat pumps: "air-to-air" and "air-to-water" for heating the house

Scientific novelty. It was found that the heat loss of a typical private house is expected to be high, which is due to the total thermal resistance of its enclosing structures being almost 7 times lower than the current norm. Moreover, the facade walls and roof let in up to 70.8% of the heat. Therefore, the authors propose energy-saving energy supply of the building in emergency situations based on environmentally safe mobile sources after the preventive thermal modernization recommended by the authors.

Practical significance. The results of the study of the levels of heat conservation of one-story houses in the urban private sector allow for economical alternative heat supply through the use of portable environmentally friendly heat pumps: "air-to-air" and "air-to-water", powered during emergencies by a gasoline generator that will operate in nominal mode with minimal emissions of environmentally unsafe substances into the atmosphere.

Keywords: *consequences of natural, man-made and military emergencies, heat transmission from buildings to the outside, ecologically safe mobile heat sources.*

дата першого надходження статті до видання	03.10.2025
дата прийняття до друку статті після рецензування	05.11.2025
дата публікації (оприлюднення)	29.12.2025