

Оцінка потенціалу енергоефективності огорожуючих конструкцій малоповерхових будинків з природних матеріалів

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В тезах виконана спроба оцінити теплотехнічний потенціал ефективних огорожуючих конструкцій з природних матеріалів для зведення малоповерхової житлової індивідуальної забудови. Проаналізовано вплив типу конструктивного шару огорожуючої стінової конструкції та його вплив на величину теплової інерції при теоретичному розрахунку.

Ключові слова: природні будівельні матеріали, теплопровідність, теплова інерція.

Abstract

The attempt to assess the heat engineering potential of effective fencing structures from natural materials for the construction of low-rise residential individual building has been made in the thesis. The influence of the type of the structural layer of the wall structure and its influence on the value of thermal inertia in the theoretical calculation is analyzed.

Keywords: natural building materials, thermal conductivity, density, correlation.

Вступ

Існуюча загальносвітова тенденція використання матеріалів природного походження для зведення індивідуального житла в контексті концепції сталого розвитку зумовлює наявний сплеск у використанні відомих натуральних матеріалів та їх комбінацій, та пошук нових технологічних рішень. Особливе місце тут займає тренд екобудинків – в першу чергу зведених з екологічних матеріалів, низькоенергетичних та дружніх до довкілля. Поширення даної тенденції в світі взагалі та в Україні зокрема набуває особливого значення [1]. Визначення оптимального типу будівельного матеріалу для сучасної, дружньої до навколишнього середовища забудови, з огляду на наявні рішення постає зовсім не тривіальною задачею.

В нашій державі серед найпоширеніших природних матеріалів та «зелених» технологічних рішень слід відмітити: відомий вже не одно століття саман, сучасний та технологічний арболіт (збірний або монолітний, різновидом якого є костробетон на костриці технічної коноплі, льону) дерев'яне каркасне будівництво (зруби, подвійний каркас з ефективним утеплювачем), землебит (використання мішків з землею в якості будівельного матеріалу несучих стін), солом'яні панелі (самонесучі з включенням у несучий дерев'яний каркас ефективного природного утеплювача – соломи) або ущільнені до певної щільності блоки (несучі елементи стін), торфоблоки типу «Геокар» а також різноманітні їх комбінації.

На передній план зараз виходить не тільки і не стільки вартість самого матеріалу, а загальносвітова тенденція до використання матеріалів, що завдають мінімальної шкоди навколишньому середовищу (критерієм цієї шкоди є т. з. індекс первинного споживання енергії, що вимірюється у МДж/м²). Фактично це обсяг необхідних енергетичних ресурсів на виробництво та обслуговування 1м² поверхні, англ. Primary Energy Input (PEI) index [2].

При остаточному виборі проектного рішення щодо зведення власного житла потенційний забудовник повинен обрати з поміж існуючих технологій та матеріалів варіант, що максимально відповідає його потребам в контексті екологічних, економічних, фізіологічних, естетичних складових [3].

Вибір типу матеріалу для зведення огорожуючих конструкцій стін, елементів перекриття/покриття не завжди очевидний, потребує одночасного аналізу цілої низки впливаючих факторів [2, 4]. Як зауважує Ю. М. Лапін у своїй роботі [5] «кількість факторів, що підлягають обліку та адекватному реагуванню в процесі створення екобудинку, налічує тисячі, та всі вони пов'язані один з одним». Одним з головних факторів зазвичай є економічний критерій [6].

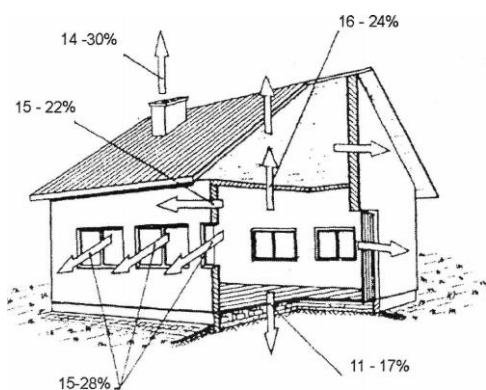
Оптимальне рішення щодо матеріалу може бути прийнято при порівнянні основних техніко-економічних показників вартості матеріалів, технологічного процесу зведення хоча б у першому

наближенні. У випадках вагань або невизначеності, для полегшення вирішення задачі можна застосувати різні алгоритми для виявлення доцільності прийнятого варіанту проекту, наприклад вказані у роботах [7, 8].

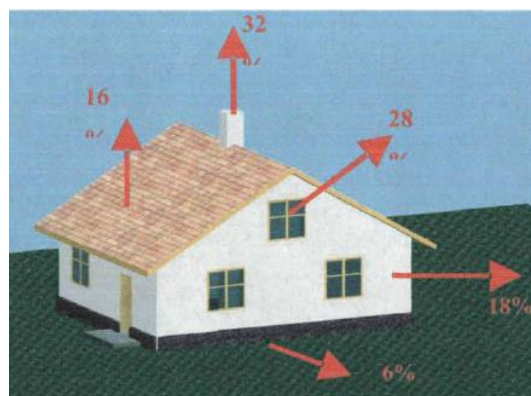
Основна частина

Основні втрати тепла в будинках пов'язані з нещільним примиканням різних за своїми теплотехнічними характеристиками матеріалів (віконних/дверних рам до огорожуючих конструкцій стін, від різних за теплопровідністю включень (містків холоду)) тощо. На думку автора [5], за невеликим виключенням всі енерговтрати будинку носять тепловий характер, оскільки майже вся енергія, що виділяється у будинку – чи то механічна, чи електрична або променева переходить, перш ніж залишити будівлю, у теплову форму. Теплова енергія втрачається будинком у трьох основних напрямках (рис.1):

- через непрозорі огорожуючі конструкції (стіни, підлога, стеля);
- через світлопрозорі огороження (вікна, ліхтарі);
- за рахунок вентиляції.



а)



б)

в)



Рис. 1– Орієнтовний розподіл втрат тепла в одноповерховому будинку (за даними Лапіна Ю. М.[5], б – за даними Блазі В. [9]; в – за даними [10])

З рис.1 очевидно, що усереднені втрати мають один порядок величин, причому дані [9] стосуються будинку, до якого ще не було висунуто вимоги по сучасному теплозахисту.

Як зазначає Блазі В. у роботі [10] основні втрати в залежності від типу будівлі, її конфігурації та інших параметрів показники втрат будуть змінюватись, але для загального розуміння величини втрат скористаємось даними значеннями. Отже втрати тепла від роботи опалення складатимуть 32%, через вікна – 28% (причому 20% -через скло та рами, 8% – через нещільності вікон та за рахунок вентиляції, через стіни – 18%, через покрівлю – 16%, через підвал – 6% [10].

З іншого боку, для кількісної оцінки тепловтрат через стіни будівлі можна використати таке поняття як теплова інерція [11, 12], що показує наскільки огорожуюча конструкція є ефективною з точки зору періоду часу, при якому відбувається стабілізація температури зовнішньої та внутрішньої поверхні стіни. Як зазначає автор [22], для фактично завжди багат шарових огорожуючих конструкцій стін, неможливо використовувати залежності часу теплової інерції τ_n в простому виді для однорідної стінки:

$$\tau_n = \pi^2 c \rho D R, \quad (1)$$

де c – теплоємність матеріалу стіни, кДж/кг×м;

ρ – густина, кг/м³;

$R = D/\lambda$ – термічний опір м²×К/Вт;

D – товщина, м;

λ – теплопровідність матеріалу стіни, Вт/м×К.

Тому для чисельного моделювання будемо використовувати аналітичну залежність для багат шарових стін [12]:

$$\tau_n = \tau_n^0 S_n \quad (2)$$

де τ_n^0 – час інерції однорідної стіни товщиною D з параметрами першого шару:

$$\tau_n^0 = c_1 \rho_1 D^2 / \pi^2 \lambda_1,$$

S_n – фактор шаруватості огорожуючої конструкції стіни

$$S_n = \left\{ 3DD_1^2 - 2D_1^3 + \frac{\lambda_1}{c_1 \rho_1} \sum_{i=2}^n c_i \rho_i D_i^2 \left[\frac{\Delta D_i}{\lambda_i} + \left(1 + 2 \frac{\Delta D_i}{D_i} \right) \left(3 \sum_{j=1}^{i-1} \frac{D_j}{\lambda_j} + \frac{D_i}{\lambda_i} \right) \right] \right\} D^{-3} \quad (3)$$

D – загальна товщина конструкції багат шарової стіни;

D_1 – товщина першого шару багат шарової конструкції стіни;

$\Delta D_i = \sum_{j=i+1}^n D_j$ – товщина огорожуючої конструкції стіни починаючи з другого шару $i = 2$.

Для аналізу та чисельного моделювання використано три типи стінового огороження: стіна з пустотілої цегли обкладена утеплювачем з солом'яного блоку (тип А), стіна з арболіту (тип Б) та стіна з соломи оштукатурена з двох боків (тип В) (табл. 1-3).

Таблиця 1 – Характеристики стіни типу А

Конструктивний шар стіни	Питома теплоємність матеріалу шара c_i , (Дж/кг×К)	Товщина шару δ_i , (м)	Густина шару ρ_i , (кг/м ³)	Теплопровідність шару λ_i , (Вт/м×К)	Термічний опір i -того шару R_i , (м ² ×К/Вт)	Теплова інерція базового шару τ_n' (год)	Коефіцієнт шаруватості багат шарової конструкції стіни S_n	Сумарна теплова інерція багат шарової конструкції τ_n (год)
Цегла порожниста густиною бруто 1000 кг/м ³ на цементно-піщаному розчині	880	0.12	1200	0.52	0.231	17.29	0.984	17.01
Солом'яний блок (усереднені дані для соломіту)	1675	0.4	120	0.065	6.154			
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.03	1600	0.81	0.037			
	Всього	0.55		Всього	6.42			

Таблиця 2 – Характеристики стіни типу Б

Конструктивний шар стіни	Питома теплоємність матеріалу шара c_i , (Дж/кг*К)	Товщина шару δ_i , (м)	Густина шару ρ_i , (кг/м ³)	Теплопровідність шару λ_i , (Вт/м*К)	Термічний опір i -того шару R_i , (м ² *К/Вт)	Теплова інерція базового шару τ_i' (год)	Коефіцієнт шаруватості багатшарової конструкції стіни S_n	Сумарна Теплова інерція багатшарової конструкції τ_n (год)
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.01	1600	0.81	0.012	5.40	9.382	50.65
Арболіт (усереднені дані)	2300	0.3	550	0.075	4.000			
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.03	1600	0.81	0.037			
	Всього	0.34		Всього	4.05			

Таблиця 3 – Характеристики стіни типу В

Конструктивний шар стіни	Питома теплоємність матеріалу шара c_i , (Дж/кг*К)	Товщина шару δ_i , (м)	Густина шару ρ_i , (кг/м ³)	Теплопровідність шару λ_i , (Вт/м*К)	Термічний опір i -того шару R_i , (м ² *К/Вт)	Теплова інерція базового шару τ_i' (год)	Коефіцієнт шаруватості багатшарової конструкції стіни S_n	Сумарна Теплова інерція багатшарової конструкції τ_n (год)
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.03	1600	0.81	0.037	10.76	1.860	20.01
Солом'яний блок (усереднені дані для соломиту)	1675	0.4	120	0.065	6.154			
Вапняно-піщана штукатурка	840	0.05	1600	0.81	0.062			
	Всього	0.48		Всього	6.25			

Результати аналізу щодо визначення часу теплової інерції наведено на рис. 2.

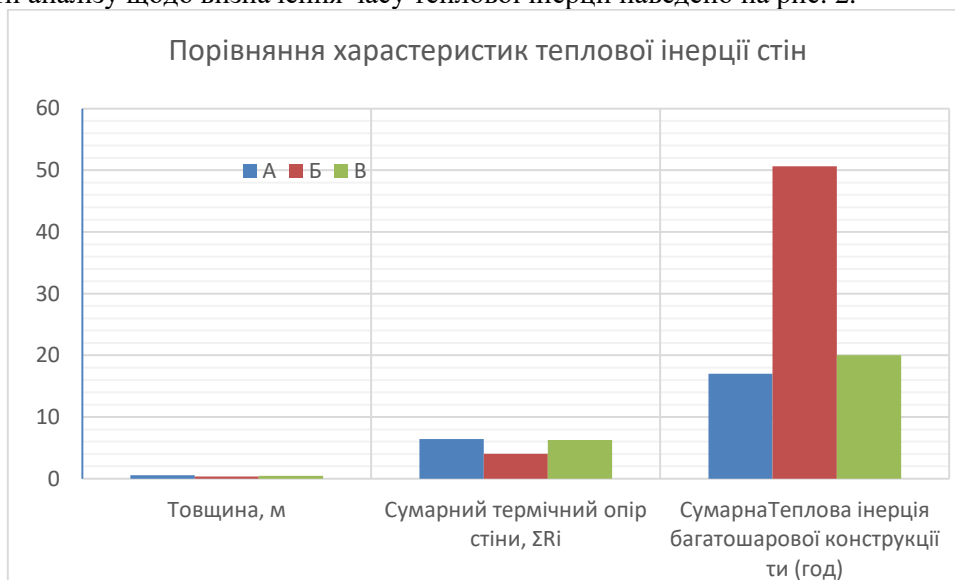


Рис. 2 – Характеристики теплової інерції стін

При майже однаковій товщині огорожуючих конструкцій стін для розглянутих варіантів спостерігається суттєва різниця у величині теплової інерції стін, що пояснюється для типу Б значним за своїми покращеними теплотехнічними властивостями шару арболіту, який є теплоізоляційним та в одночас значним акумулятором тепла (теплоємним).

Висновки

1. Теоретичні розрахунки показали, що при різних величинах опорів теплопередачі для варіантів конструювання огорожуючих стін з природних матеріалів, величина теплової інерції буде більшою

там, де міститься теплоємний прошарок.

2. При розрахунках тепловтрат необхідно враховувати не тільки величину опору теплопередачі, але й теплову інерцію стін, яка вносить додаткову поправку при остаточному виборі варіанту компонування шару огорожуючої стіни в забудові.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сычев С. А. Эко технологии строительства с учетом критериев энергоэффективного зданий. SCIENCE TIME. 2014. №10. С. 343–349.
2. Brojan L., Petric A., Clouston Peggi L. A comparative study of brick and straw bale wall systems from environmental, economical and energy perspectives. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2013. Vol. 8, No. 11. P. 920–926.
3. Смирнова С. Н. Теоретическая модель энергоэффективного здания. Приволжский научный журнал. Серия: Архитектура. Дизайн. 2009. № 2. С. 86–91.
4. Савицький М. В., Бабенко М. М. Показники енергоефективності екологічного малоповерхового будинку з місцевих матеріалів. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2014. №. 77. С. 168–172.
5. Лапин Ю. Н. Автономные экологические дома. Москва: Алгоритм, 2005. 416 с.
6. Куліченко І. І. і др. Економічна ефективність використання місцевих екологічних матеріалів в малоповерховому будівництві доступного житла. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2013. №. 69. С. 257–264.
7. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве. Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1 (22). С. 133.
8. Мацура А. А., Ермоленко Б. В. Разработка методов оптимального проектирования энергоэффективных домов. Успехи в химии и химической технологии. 2015. № 8. ТОМ XXIX. С. 118–122.
9. Bläsi W. Bauphysik. Bibliothek des technischen Wissens. 3 Auflage. Naan: Verlag Europa Lehrmittel, 2001. 536 p.
10. Особенности малоэтажного энергоэффективного экологического строительства в разных климатических зонах. URL: http://www.itp.nsc.ru/conferences/mzhz_2017/files/Section_02.pdf#page=16 (дата звернення: 02.03.2018).
11. Arumi-Noe F., Hamilton K. Thermal inertia of Straw bale walls. – Buildings XII Conference, Florida (Diciembre, 2015), USA. URL: http://web.ornl.gov/sci/buildings/2012/1998%20B7%20papers/063_Arumi_Noel.pdf. (дата звернення: 13.03.2018).
12. Коршунов О. В., Зуев В. И. Время тепловой инерции и термическое сопротивление слоистых стен. Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. 2011. №4(40). С. 23–26.
13. Височин І. А. Дослідження ефективності існуючих утеплювачів в багатошарових конструкцій зовнішньої стіни. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Будівництво», 2012. №5 (16). С. 3–12.

Бікс Юрій Семенович – к. т. н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: biksyuriy@gmail.com.

Biks Yuriy S. – Ph. D., assistant professor, Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: biksyuriy@gmail.com.