

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ТЕПЛОБЛОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлено новий, концептуальний енергоефективний теплоблок, що складається з природних матеріалів. Основу теплоблока складає жорсткий каркас з арболіту на кострі льону/конопель, який заповнено спресованим солом'яним тюком. При цьому термічний опір блоку шириною 600 мм за теоретичними підрахунками втричі більше ніж нормативне значення для I кліматичної зони України. Показано економічну модель для монетизації розробки.

Ключові слова: природні будівельні матеріали, моделювання, теплоблок.

Annotation

A new, conceptual energy-efficient insulation block, consisting of natural materials, is presented. The basis of the insulation block is a rigid hemcrete frame of flax/hemp, which is filled with a pressed straw bale. In this case, the thermal resistance of the 600 mm wide block, according to theoretical calculations, is three times more than the normative value for the I climate zone of Ukraine. The economic model for monetization of the development is shown.

Keywords: natural building materials, modeling, insulation block.

Вступ

Для зменшення тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції будівель доцільно використовувати теплоізоляційні матеріали, що дозволяють зменшити витрати енергоносіїв для підтримання комфортного теплового режиму в приміщенні а також скоротити негативний вплив викидів діоксиду вуглецю в атмосферу. В сучасних зовнішніх огорожувальних конструкціях в якості теплоізоляційних елементів, здебільшого використовується шар утеплювача у вигляді пінополістирольних або базальтових мінераловатних плит.

При цьому за останні десять років зокрема в нашій державі, як і у світі в цілому стрімко набирає концепт будівництва з натуральних матеріалів, т. з. «еко-будівництво». Так, в Україні серед найпоширеніших природних матеріалів та «зелених» технологічних рішень слід відмітити: відомий вже не одно століття саман, 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.

Найкращий варіант забудовник обирає виходячи з рівня своїх фінансових можливостей, розуміння причинно-наслідкового взаємозв'язку між будівельним матеріалом, якістю мікроклімату в приміщенні, станом самопочуття в приміщенні тощо.

Очевидно, що з поміж існуючих варіантів будівельних матеріалів та технологій зведення, вибір буде за тією компромісною комбінацією, яка максимально відповідає його потребам в контексті екологічних, економічних, фізіологічних, естетичних складових [1].

Вибір типу матеріалу для зведення огорожуючих конструкцій стін, елементів перекриття/покриття не завжди очевидний, потребує одночасного аналізу цілої низки впливаючих факторів [2]. Як зауважує Ю. М. Лапін у своїй роботі [3] «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 [4].

Результати дослідження

Головна концепція та новизна запропонованого будівельного виробу полягає в ефективному застосуванні інноваційного композитного теплоблоку розрахункових розмірів який складається з жорсткого зовнішнього каркасу та внутрішнього утеплювача з природних матеріалів (рис. 1).

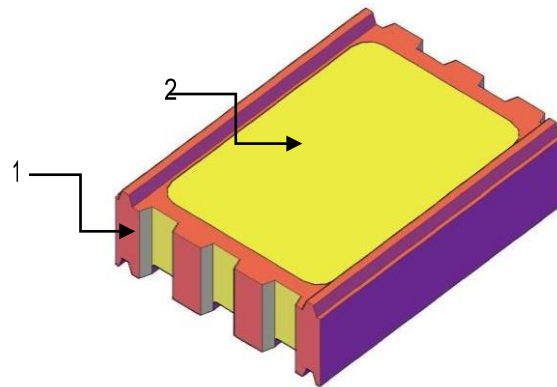


Рис. 1 Загальний вид основного стінового теплоблоку (1 – жорсткий каркас з арболіту на кострі конопель /льону, 2 – спресована солома)

Такий блок є основним елементом – «цеглиною» всієї системи огорожуючих конструкцій будівлі. Основні елементи, а так само добірні і фасонні елементи, виготовляються індустриально, з'єднуються механічно, без використання розчинів і клеїв для влаштування огорожуючих конструкцій стін індивідуального 1-2 поверхового будинку.

В системі енергоефективного теплоблоку для наповнення використовуються місцеві відновлювані природні матеріали – солома, для заповнювача арболітового блоку на цементному в'язучому – костра льону/технічної коноплі, що є побічними продуктами переробки технічних культур льону та конопель.

При зведенні стін відсутні енерговитратні технологічні процеси. Отримана захисна конструкція є основою будинку, термічний опір стін якого приблизно втричі більше в порівнянні з діючими на сьогодні нормами ДБН.

Технологія і конструкція відповідає концепції сталого розвитку і світовим нормам енергопасивного будинку. Авторами запропоновано рішення основних вузлів при зведенні стін з енергоефективних блоків (рис.2).

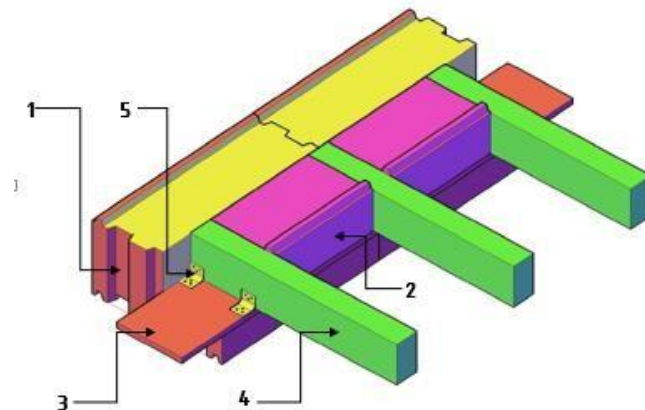


Рис. 2 Вузол примикання конструкції перекриття при використанні енергоефективного теплоблоку (1 – добірний блок перекриття (основний); 2 – добірний блок перекриття (додатковий); 3 – мауерлат; 4 – балка перекриття; 5 – закладна деталь фіксації балки перекриття)

Для кількісної оцінки тепловтрат через стіни будівлі можна використати таке поняття як теплова інерція [11-13], 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 [7], для огорожуючих конструкцій стін, які фактично завжди є багатошаровими, неможливо використовувати залежності тривалості квазістаціонарного теплового процесу (часу теплової інерції) τ_u в простому виді для однорідної стінки:

$$\tau_u = \pi^{-2} c \rho \delta R, \quad (1)$$

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

ρ – густина, кг/м³;

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

δ – товщина, м;

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

Тому для чисельного моделювання будемо використовувати аналітичну залежність для багатошарових стін [7]:

$$\tau_u = \tau_u' S_n, \quad (2)$$

де τ_u' – час інерції однорідної стіни товщиною δ з параметрами першого шару [7]:

$$\tau_u' = c \rho \delta^2 / \pi^2 \lambda, \quad (3)$$

S_n – фактор шаруватості огорожуючої конструкції стіни [7];

$$S_n = \left\{ 3\delta\delta^2 - \delta^3 + \frac{\lambda_1 \sum_{i=2}^n \rho \delta^2 \Delta\delta_i}{c_i \rho_i} + \frac{\Delta\delta_i}{\lambda_i} \left(1 - \frac{\delta}{\delta_i} \right) \left(3 \sum_{j=1}^{i-1} \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right\} \delta^{-3} \quad (4)$$

де δ – загальна товщина конструкції багатошарової стіни;

δ_1 – товщина першого шару багатошарової конструкції стіни;

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

Окрім цього для порівняння теплової інерції стін з різних конструктивних елементів визначено безрозмірний показник теплової інерції D за [8]

$$\sum_{i=1}^n D_i = \sum (S_i \cdot R_i) \quad (5)$$

де $S_i = \sqrt{\frac{2\pi\lambda_i c_i \rho_i}{T}}$ – коефіцієнт теплозасвоєння, (Вт/м²×К) i -того шару конструкції;

T – період теплових коливань, с.

Для визначення показника теплової інерції D прийнято добовий період теплових коливань, тобто $T = 24 \cdot 3600 = 86400$ (с).

Аналіз параметрів стіни з ефективного теплоблоку, з використанням формул (1)-(5) отримано значення основних теплотехнічних параметрів для стіни з ефективного теплоблоку (табл. 1, 2). Для визначення питомого тиску на фундамент вагу 1м² стіни поділено на ширину стіни 600 мм.

Таблиця 1 – Фізико-механічні характеристики компонентів композиційного теплоблоку

Конструктивний шар стіни	Питома теплоємність матеріалу шару c_i , (Дж/кг*К)	Товщина шару δ_i , (м)	Густина шару ρ_i , (кг/м ³)	Теплопровідність шару λ_i , (Вт/м*К)	Коеф. Теплозасвоєння шару s_i , (Вт/м ² *К)	Термічний опір i -того шару R_i , (м ² *К/Вт)	Показник теплової інерції шару, $D_i = R_i * s_i$
Вапняно-піщана шпукатурка	840	0.03	1800	0.81	9.44	0.037	0.35
Арболіт	2300	0.05	550	0.075	2.63	0.667	1.75
Солом. Блок	1675	0.5	120	0.056	0.90	8.929	8.08
Арболіт	2300	0.05	550	0.075	2.63	0.667	1.75
Вапняно-піщана шпукатурка	840	0.02	1600	0.81	8.90	0.025	0.22

Таблиця 2 – Зведені фізико-механічні характеристики композиційного теплоблоку

Показник теплової інерції шару, $Di= Ri*si$	12.15
Теплова інерція базового шару ti' (год)	200.56
Коефіцієнт шаруватості багатшарової конструкції стіни Sn	2.037

Сумарна Теплова інерція багат шарової конструкції ти (год)	408.61
Сумарний термічний опір стіни R_i , ($m^2 \cdot K / W$)	10.30

Основна бізнес-модель для монетизації розробленого авторами енергоефективного теплоблоку наведена на рис. 3.



Рис. 3 Запропонована бізнес-модель

Очевидно, що розробка даного енергоефективного теплоблоку, що може бути виготовлений без спеціалізованого дороговартісного обладнання з відходів сільськогосподарського виробництва, що володіє покращеними екологічними та теплотехнічними характеристиками, конкурентний за вартістю, достатньо міцний для зведення несучих конструкцій стін малоповерхової забудови власними силами без застосування складного вантажно-підйомного обладнання є перспективною.

Висновки

Комплексні теоретичні розрахунки теплотехнічних характеристик та економічних показників енергоефективного теплоблоку показали, що:

- 1) при різних співвідношеннях товщин шарів арболіту та соломи у складі блоку, 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;
- 3) відносна простота виготовлення блоків дозволяє використовувати міні-лінію по виробництву блоків далеко від заводських стін, що може бути актуально для приватного забудовника;
- 4) ціна блоку залежатиме від ціни і наявності джерел доступної сировини для виробництва (костра, солома) і може бути вельми конкурентна при детальному опрацюванні проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Смирнова С. Н. Теоретическая модель энергоэффективного здания. Приволжский научный журнал. Серия: Архитектура. Дизайн. 2009. № 2. С. 86–91.
2. Савицький М. В., Бабенко М. М. Показники енергоефективності екологічного малоповерхового будинку з місцевих матеріалів. Стrojительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2014. №. 77. С. 168–172.
3. Лапин Ю. Н. Автономные экологические дома. Москва: Алгоритм, 2005. 416 с.
4. Куліченко І. І. і др. Економічна ефективність використання місцевих екологічних матеріалів в малоповерховому будівництві доступного житла. Стrojительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. 2013. №. 69. С. 257–264.
5. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве. Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1 (22). С. 133.

6. 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.

7. Коршунов О. В., Зуев В. И. Время тепловой инерции и термическое сопротивление слоистых стен. Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. 2011. №4(40). С. 23–26.

8. ДСТУ-Н. Б. В. 2.6-190:2013. Настанова з розрахункової оцінки теплостійкості будівлі. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40с.

Юрій Семенович Бікс – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. Email: biksyuriy@gmail.com

Ольга Георгіївна Ратушняк – канд. техн. наук, доцент кафедри економіки підприємства та виробничого менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Yuriy S. Biks – PhD, assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia. Email: biksyuriy@gmail.com

Olga G. Ratushnyak – PhD, assistant professor of department of Business Economics and Production Management Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia.