УДК 691.12

Д. В. Смашнюк
Ю. С. Бікс

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ІНДЕКС ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СТІН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано методику для комплексної оцінки потенціалу енергоефективності огороджувальних конструкцій стін. При чому критеріями для оцінки потенціалу обрано як теплофізичні (термічний опір, час теплової інерції), фізико-механічні властивості (густина) та економічні (вартість матеріалу). Проведений аналіз виявив, що найкращим типом багатошарової огороджувальної конструкції з поміж оцінених виявився енергоефективний теплоблок з нормованим індексом – 1, а найгіршим варіант стіни з чуркобетону – 0,619. Результати можуть бути використано для комплексної багатокритеріальної оцінки варіантів стінового огородження для оптимального вибору.

Ключові слова: оцінка енергоефективності, багатокритеріальність, багатошарові огороджувальні конструкції

Abstract

The technique for a comprehensive assessment of the energy efficiency potential of envelopes is proposed. In this case, a thermophysical (thermal resistance, time of thermal inertia), physical-mechanical properties (density) and economic (material cost) are considered as. the criteria for the evaluation of potential. The analysis revealed that the best type of multilayer enclosure structure among the evaluated was the energy-efficient heat-block with a normalized index - 1, and the worst one – the wall of cordwood - 0,619. The results can be used for comprehensive multicriteria evaluation of wall fencing options for optimal selection.

Keywords: energy efficiency assessment, multicriteria, multilayered envelope constructions.

Вступ

Енергоефективність будівлі – комплексне поняття, яке залежить від багатьох теплофізичних параметрів матеріалу, основними з яких є теплоємність, термоінерційність, теплостійкість які характеризують особливості будови будь-якого будівельного матеріалу [1, 2, 13,4].

Проектування енергоефективної будівлі неможливе без комплексного врахування не тільки теплофізичних параметрів матеріалу, але й об’ємно-планувальних, інженерних та конструктивних рішень форми та наповнення будівлі, причому тренд сучасного будівництва, що відповідає концепції сталого розвитку – максимальне використання матеріалів з відновлювальних джерел енергії, з оцінюванням їх життєвого циклу.

Очевидно, що будь яке порівняння енергоефективності буде лише тоді об’єктивним, коли буде враховувати низку критеріїв, насамперед теплофізичні, фізико-механічні, економічні, тощо.

Результати дослідження

Концептуальна ієрархічна модель щодо визначення багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності багатошарових огороджувальних конструкцій стін наведена на рис. 1

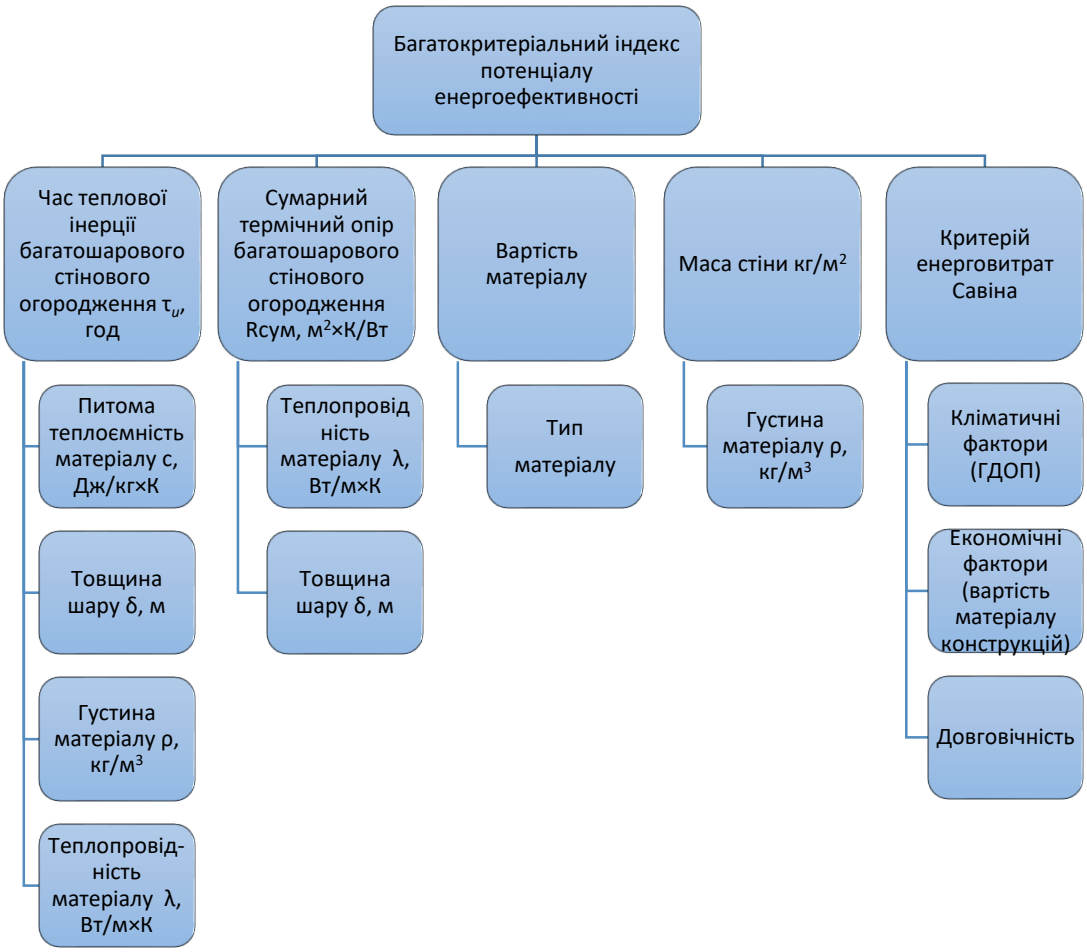

Рисунок 1 – Фактори впливу на багатокритеріальний індекс потенціалу енергоефективності

Для оцінки потенціалу енергоефективності всі фактори (рис.1) обчислено та згруповано по критеріям у табл. 1 за методикою [5], при чому критерій часу теплової інерції обчислено за методикою [6], критерій Савіна – за методикою [2].

Таблиця 1 – Критерії оцінки для визначення багатокритеріального індексу

Тип стінового огородження	Час теплової інерції *τu*, год	Сумарний термічний опір *R*, (м²×К/Вт)	Вартість матеріалу стіни, грн	Маса 1м² стіни, кг	Критерій Савіна *Sa*
Стіна тип "А" (Арболіт)	72.37	5.30	1396.00	310.00	1.62
Стіна тип "Б" (Саман)	29.01	1.40	421.00	856.00	0.49
Стіна тип "В" (Солом'яна панель)	17.68	6.60	1406.40	169.60	1.63
Стіна тип "Г" (Землебит)	15.11	0.59	408.00	1064.00	0.47
Стіна тип "Д" (Чуркобетон)	47.64	3.66	1060.00	356.67	1.23
Стіна тип "Е" (Каркас з еноватою)	8.18	7.58	1068.00	136.60	1.24
Стіна тип "Ж" (Арболіт+солома)	60.55	5.81	1132.00	274.00	1.31
Стіна тип "З" (Енергоефективний теплоблок)[7]	18.13	7.24	498.00	159.00	0.58

Запропонована методика дозволяє враховувати різнохарактерні кількісні параметри впливу полягає у наступному:

1. Визначення «додатнього» (чим більша величина, тим більша оцінка параметру) нормованого показника з різними одиницями виміру виконано за формулою

$$p_{норм,ij} = \frac{p_{ij}}{p_{max,ij}}, \quad (1)$$

де p_{ij} – обчислена величина *j*-того критерію для *i*-того варіанту стіни ($i=1, 2, ..., n;\ j=1, 2, ..., m$. Де $n=8$, $m=5$.) згідно табл. 1.

$p_{max,ij}$ – максимальне значення величини *j*-того критерію *i*-того варіанту стіни за табл. 1.

2. Для врахування «від'ємного» кількісного впливу параметру маси та вартості стіни, а також критерію Савіна (чим більша величина, тим менша оцінка параметру) обчислено обернену до нормованої величини параметру залежність за формулами

$$c_{ij} = \frac{\frac{n_{max,ij}}{n_{ij}}}{max(\frac{n_{max,ij}}{n_{ij}})} \qquad (2)$$

3. Нормоване значення багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності *i*-ої стіни визначається за формулою

$$I_{norm,i} = \frac{\sum_{j=1}^{2} p_{norm,ij} + \sum_{j=3}^{5} c_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}(\sum_{j=1}^{2} p_{norm,ij} + \sum_{j=3}^{5} c_{ij})} \qquad (3)$$

де $\sum_{j=1}^{2} p_{norm,ij} + \sum_{j=3}^{5} c_{ij}$ – значення багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності *i*-того варіанту стіни враховуючи «додатні» (час теплової інерції, сумарний термічний опір) та «від'ємні» (вага, маса, критерій Савіна) впливи;

Результати розрахунків по формулам (1)-(3) наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Нормовані параметри багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності

Тип стінового огородження	Час теплової інерції *τu*, год	Сумарний термічний опір *R*, (м²×К/Вт)	Вартість матеріалу стіни, грн	Маса 1м² стіни, кг	Критерій *Sa*	Багатокритеріальний індекс
Стіна тип "А" (Арболіт)	72.37	5.30	1396.00	310.00	1.62	0.736
Стіна тип "Б" (Саман)	29.01	1.40	421.00	856.00	0.49	0.725
Стіна тип "В" (Соло-м'яна панель)	17.68	6.60	1406.40	169.60	1.63	0.675
Стіна тип "Г" (Землебит)	15.11	0.59	408.00	1064.00	0.47	0.652
Стіна тип "Д" (Чуркобетон)	47.64	3.66	1060.00	356.67	1.23	0.619
Стіна тип "Е" (Каркас з еноватою)	8.18	7.58	1068.00	136.60	1.24	0.777
Стіна тип "Ж" (Арболіт+солома)	60.55	5.81	1132.00	274.00	1.31	0.762
Стіна тип "З" (Енергоефективний теплоблок)	18.13	7.24	498.00	159.00	0.58	1.000

Графічне відображення результатів досліджень показано на рис.2, який виражає в долях одиниці безрозмірну величину цільової функції – багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності.

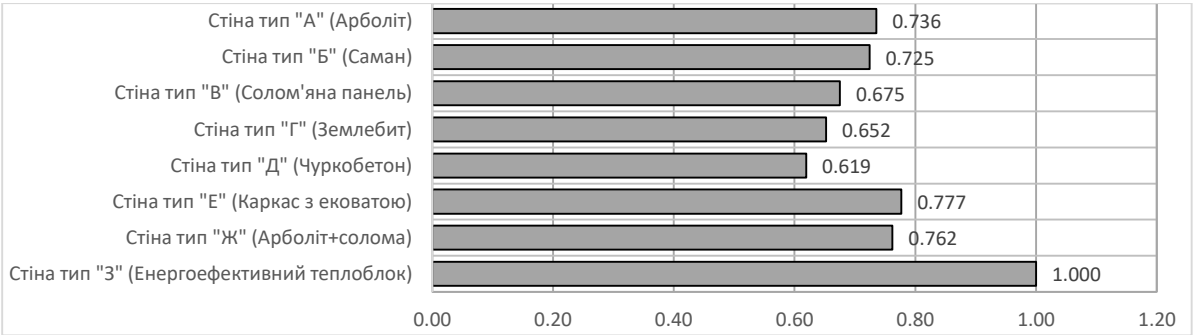

Рисунок 2 – Величина багатокритеріального індексу потенціалу енергоефективності для огороджувальних конструкцій стін будинків за рівновісними вагами критеріїв

Аналіз рис.2 свідчить про те, що найкращим варіантом стінового огородження є стіна з енергоефективного теплоблоку з максимальною оцінкою – 1. Майже однакову величину індексу енергоефективності мають типи стін «А», «Б», «Е» та «Ж» з оцінками 0,736, 0,725, 0,777 та 0,762 відповідно. Найнижчий індекс виявився у стіни з чуркобетону – 0,619.

Отримані дані можуть слугувати для більш об'єктивної оцінки при виборі варіанту влаштування огороджувальної конструкції стіни будинку з природних матеріалів органічного походження.

Висновки

1.Встановлено, що відсутня єдина методика щодо багатокритеріального оцінювання енергоефективності огороджувальних конструкцій стін, що дозволяє самостійно, на розсуд експерта обирати вагомі критерії. Це необхідно виконувати для об'єктивного вибору найраціональнішого з точки зору енергоефективності типу багатошарової огороджуючої конструкції стіни.

2. Найкращим варіантом стінового огородження в контексті запропонованої методики є стіна з енергоефективного теплоблоку з максимальною оцінкою – 1, найгіршим варіантом є стіна з чуркобетону –0,619.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гагарин В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты зданий. Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2009. №2. С. 10–18.
2. Савин В. К. Строительная физика: энергопренос, энергоеффективность, энергосбережение. Москва: Лазурь, 2005. 432 с.
3. Ливчак В. И. Градусо-сутки отопительного периода как инструмент сравнения уровня энергоэффективности зданий в России и в других странах. Энергосбережение. 2015. №6. С. 20–26.
4. ДБН В.2.6-31:2016.Теплова ізоляція будівель. Норми проектування. виготовлення і монтажу: [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінегіонбуд України, 2017. 33 с.
5. Biks Y., Ratyshnyak G., Ratushnyak O. Energy performance assessment of envelopes from organic materials / *Archtecture Civil Engineering Environment.* 2019. №3. P. 55-67.
6. Коршунов О. В., Зуев В. И. Время тепловой инерции термическое сопротивление слоистых стен. *Энергоресурсосбережение и энергоэффективность*. 2011. №4(40). С.23–26.
7. Композиційний будівельний теплоблок: пат. 130276 Україна: МПК (2006): E04B 1/00, E04C 2/16 (2006.01). № u201808845; заявл. 20.08.2018; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22. 8 с

Смашнюк Дмитро Васильович — студент групи Б-18м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bm16ms.smashniuk@gmail.com.

Науковий керівник: ***Бікс Юрій Семенович*** — кандидат техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Smashniuk Dmytro V. — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : bm16ms.smashniuk@gmail.com.

Supervisor: ***Biks Yuriy S.*** — PhD, Assistant Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.