

ФОРМАЛІЗАЦІЯ, ІЄРАРХІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВУ НА ЕНЕРГО-ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОКРИТТЯ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У тезах розглянуто підхід до формалізації оцінювання параметрів, що впливають на енергоефективність покриття будівель (покрівельних систем), на основі ієрархічної класифікації факторів та апарату нечітких множин. Запропоновано структуру критеріїв, систему показників і функції належності для кількісно-якісної оцінки стану покриття та його впливу на теплові втрати будівлі.

Ключові слова: енергоефективність, покриття будівель, покрівля, формалізація, ієрархічна класифікація, нечіткі множини, функції належності, тепловтрати.

Abstract

The theses consider an approach to formalizing the assessment of parameters that influence the energy efficiency of building coverings (roofing systems), based on a hierarchical classification of factors and the apparatus of fuzzy sets. A structure of criteria, a system of indicators, and membership functions for the quantitative–qualitative evaluation of the covering condition and its impact on building heat losses are proposed.

Keywords: energy efficiency, building coverings, roofing, formalization, hierarchical classification, fuzzy sets, membership functions, heat losses.

Вступ

Покриття будівель є одним із ключових елементів огорожувальної оболонки, через який можуть відбуватися значні теплові втрати. Сучасні вимоги до енергоефективності зумовлюють необхідність комплексної оцінки технічного стану покрівель, їх теплоізоляційних характеристик, експлуатаційних параметрів та умов функціонування [1]. Проте значна частина факторів має невизначений або якісний характер, що ускладнює використання традиційних детермінованих моделей. У зв'язку з цим доцільним є застосування методів формалізації знань із використанням ієрархічних структур та нечіткої логіки.

Мета роботи - розроблення підходу до формалізованої оцінки параметрів впливу на енергоефективність покриття будівель на основі ієрархічної класифікації факторів і функцій належності.

Основна частина

На першому етапі виконано декомпозицію системи «покриття будівлі - енергоефективність» на ієрархічні рівні. На верхньому рівні розглядається інтегральний показник енергоефективності покриття. Другий рівень складають узагальнені групи факторів впливу: теплотехнічні, конструктивні, експлуатаційні та кліматичні [2-6]. Третій рівень включає конкретні параметри, що піддаються вимірюванню або експертній оцінці.

До теплотехнічних факторів віднесено коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції, її товщину, наявність містків холоду, вологісний стан матеріалів. Конструктивні фактори включають тип покрівлі (плоска, скатна), конструкцію несучих елементів, наявність вентиляційних прошарків, герметичність шарів. Експлуатаційні фактори охоплюють ступінь зношення, пошкодження гідроізоляції, накопичення вологи, якість технічного обслуговування. Кліматичні фактори характеризуються температурними коливаннями, вітровими навантаженнями, сонячною радіацією, кількістю опадів.

Для формалізації різнорідних параметрів запропоновано використовувати апарат нечітких множин [7]. Кожному параметру ставиться у відповідність лінгвістична змінна з термами, наприклад: «низький», «середній», «високий» рівень тепловтрат або «добрий», «задовільний», «незадовільний» стан. Функції належності можуть задаватися трикутними або трапецієподібними залежностями на універсальній шкалі [0; 1].

Наприклад, для параметра товщини теплоізоляції функція належності до терму «недостатня» має максимальне значення при малих товщинах і зменшується зі збільшенням шару утеплення. Для терму «достатня» - навпаки, значення зростає до одиниці в діапазоні нормативних значень. Аналогічно формуються функції для ступеня зволоження, герметичності, рівня пошкоджень тощо.

Інтегральна оцінка енергоефективності покриття визначається шляхом агрегування часткових оцінок за ієрархічною схемою. На кожному рівні застосовуються вагові коефіцієнти, що відображають значущість факторів. Ваги можуть встановлюватися експертним методом або на основі аналізу чутливості тепловтрат до зміни параметрів. Остаточний показник отримується методом нечіткого висновку та дефазифікації, наприклад за центром ваги.

Запропонований підхід дозволяє враховувати як кількісні дані вимірювань, так і якісні експертні оцінки, а також невизначеність і неповноту інформації. Ієрархічна структура забезпечує модульність моделі та можливість її адаптації до різних типів будівель і кліматичних умов.

Практичне значення полягає у можливості використання розробленої моделі для енергоаудиту, планування термомодернізації покрівель, вибору оптимальних конструктивних рішень та пріоритетизації ремонтних заходів. Модель може бути інтегрована в системи підтримки прийняття рішень у сфері енергоефективності будівель.

Висновки

Формалізація параметрів впливу на енергоефективність покриття будівель на основі ієрархічної класифікації та функцій належності дозволяє створити універсальний інструмент оцінювання, придатний для роботи в умовах невизначеності. Використання апарату нечітких множин забезпечує адекватне відображення реальних експлуатаційних ситуацій і підвищує обґрунтованість управлінських рішень щодо підвищення енергоефективності покрівельних систем.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на валідацію моделі за результатами натурних обстежень будівель, уточнення вагових коефіцієнтів та розроблення програмної реалізації методики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Опря Є. М., Лялюк О. Г., Дудар І. Н., Лялюк А. О. Оцінка стану організаційно-технологічних рішень у сфері облаштування, експлуатації та термомодернізації покриттів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Вінниця: Універсам-Вінниця, № 2, 2024. С. 181–192. 16 с. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.080>.
2. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. [Чинний від з 2022-09-01] Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 20 с.
3. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від з 2023-03-01]. ДП «УкрНДНЦ», 2022. 156 с.;
4. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від з 2023-03-01]. ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63 с.;
5. ДСТУ – Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від з 2016-01-01] Київ: Мінрегіон України, 2015. 29 с.
6. ДСТУ – Н Б В.2.6-214:2016 Настанова з улаштування та експлуатації дахів будинків, будівель і споруд. [Чинний від з 2017-04-01] ДП «УкрНДНЦ», 2017. 28 с.
7. Мітюшкін Ю.І., Мокін Б.І., Ротштейн О.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2002. 145 с. ISBN 966-

Кафедри будівництва міського господарства та архітектури

Опря Євгеній Михайлович – аспірант, Вінницький національний технічний університет. Eu-genopria@gmasl.com. +380931188544

Лялюк Олена Георгіївна – к. т. н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, науковий керівник. e-mail: Lyalyuk74@gmail.com

Opria Yevgen - post-graduate studen, post-graduate studen, Vinnitsa National Technical University (VNTU)/ Eu-genopria@gmasl.com

Lialiuk Elena - Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture VNTU, e-mail: Lyalyuk74@gmail.com