

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЕНЕРГЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Проведено аналіз існуючих норм проектування та будівництва теплоізоляційної оболонки житлових будівель. На основі проведеного визначені фактори, що впливають на характеристики енергоефективності теплозахисної оболонки житлових будівель. Запропоновано підхід створення моделі експертної оцінки якості теплоізоляційної оболонки житлових будівель.*

**Ключові слова:** енергоефективність, теплоізоляційної оболонки будівель, нечітка логіка.

### **Abstract**

*The analysis of existing norms of design and construction of a heat-insulating cover of inhabited buildings is carried out. On the basis of the conducted the factors influencing characteristics of energy efficiency of a heat-protective cover of apartment buildings are defined. The approach of creation of model of an expert estimation of quality of a heat-insulating cover of inhabited buildings is offered.*

**Keywords:** energy efficiency, thermal insulation of buildings, fuzzy logic

### **Вступ**

Питання енергозбереження та енергоощадності в житловому секторі не нове, але досі залишається одним із основних питань державного рівня [1, 2].

До основних заходів що сприяють підвищенню енергоефективності будівель (на етапі їх експлуатації) є зміна або заміна: теплоізоляційної оболонки будинку огорожувальних конструкцій (стін, горища, покриття, підвального перекриття), дверних та віконних конструкцій; системи опалення та гарячого водопостачання; системи холодного водопостачання; системи електропостачання і освітлення; джерел енергії, особливо з врахуванням використання нетрадиційних джерел енергії.

Теплоізоляційна оболонка будинку - це система огорожувальних конструкцій будинку, що забезпечує збереження теплоти для опалення та /або охолодження приміщень [3].

Оцінка параметрів теплоізоляційної оболонки будівлі є одним з основних факторів при визначенні енергетичної ефективності будівель. Неефективна теплоізоляційна оболонка будинку часто є головною причиною його високої енерговитратності.

Питання підвищення якості теплоізоляційної оболонки будівель досліджувалось і розглянуто у вітчизняних і зарубіжних в роботах [4,5,7]. Потенціал енергозбереження в результаті реалізації енергоефективних проектів залежить від конструктивного елементу теплоізоляційної оболонки. Так для стін він складає до 25%, для вікон, зовнішніх входні двері 15-20%, горища та горищного перекриття 5-10%, підвального перекриття 5-10%, сумарно маємо до 65% можливого енергозбереження та усереднений термін окупності 8-12 років [6].

### **Результати досліджень**

За результатами аналізу існуючих норм проектування теплоізоляційної оболонки та будівництва і експлуатації житлових будівель [3] та дослідженнями [4,5,7] визначені фактори, що впливають на енергоефективність теплоізоляційної оболонки.

Фактори згруповані в ієрархічну систему (рис.1), за чотирма ознаками: теплозахист стін, теплозахист вікон та входних дверей, теплозахист підвалу, теплозахист горища та перекриття. Наведена класифікація факторів, відрізняється від попередньої, що представлена в роботі [8] тим, що для оцінки енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівлі враховують 15 параметрів, які

визначаються як кількісними так якісні показниками. Така класифікація факторів дозволяє виконати оцінку впливу кожного з цих факторів на якість теплоізоляційної оболонки будівлі, і є основою для розробки моделі прийняття оціночного рішення.



Рис. 1. Ієрархічний взаємозв'язок між факторами впливу на енергоефективність теплоізоляційної оболонки будівлі

Ієрархічний взаємозв'язок між параметрами стану теплоізоляційної оболонки будівлі та оцінкою її технічного стану графічно подається у вигляді дерева логічного висновку.

В якості математичного апарату доречно використовувати теорію нечітких множин, яка передбачає представлення параметрів стану у вигляді лінгвістичних змінних [9]. Теорія нечітких множин набула досить широке застосування в задачах технічного діагностування в будівництві [10,11,12] і добре себе зарекомендувала. Побудова моделі діагностування відбувається у два етапи, які по аналогії з класичними методами можна вважати етапами структурної і параметричної ідентифікації [9].

Оцінка енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівлі представлено через лінгвістичну змінну  $Y$ , а укрупнені показники є факторами впливу на енергоефективність теплоізоляційної оболонки будівлі:  $Y_1$  – теплозахист стін;  $Y_2$  – теплозахист вікон та вхідних дверей;  $Y_3$  – теплозахист підвалу;  $Y_4$  – теплозахист горища та перекриття.

Формалізацію лінгвістичних змінних і відповідно терм-множини, які можуть використовуватися для оцінки технічного стану теплоізоляційної оболонки представлено через нечітку базу знань (таблиця 1), що побудована з використанням експертно-логічних правил “ЯКЩО-ТО”.

Для оцінки параметрів теплоізоляційної оболонки будинку  $Y$  використані системи терм-множини. Систему терм-множин ув'яжемо з класифікацією енергетичної ефективності будівель [13]. Відповідно до даної класифікації енергетична ефективність будівель визначається як «А», «В», «С», «D», «E», «F», «G», (від високого рівня "A" до низького "G").

Оцінку параметрів теплоізоляційної оболонки будинку визначаємо на основі різниці в % розрахункового або фактичного значення тепловитрат конструкції, від нормативного значення, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Оцінка теплоізоляційної оболонки будівлі

Оцінка теплоізоляційної оболонки будівлі		Різниця в % розрахункового або фактичного значення тепловитрат, від нормативного значення
A	відмінно	Мінус 50 та менше
B	добре	Від мінус 49 до мінус 10
C	задовільно	Від мінус 9 до 0
D	незадовільно	Від 1 до 25
E		Від 26 до 50
F		Від 51 до 75
G		76 та більше

Відповідно, маємо формалізацію лінгвістичних змінних і відповідно терм-множини:

$T(Y) = \langle \text{незадовільно, задовільно, добре, відмінно} \rangle$ ;

$T(Y_1) = \langle \text{незадовільно, задовільно, добре, відмінно} \rangle$ ;

$T(Y_2) = \langle \text{незадовільно, задовільно, добре, відмінно} \rangle$ ;

$T(Y_3) = \langle \text{незадовільно, задовільно, добре, відмінно} \rangle$ ;

$T(Y_4) = \langle \text{незадовільно, задовільно, добре, відмінно} \rangle$ .

Нечітка база знань являє аналог етапу структурної ідентифікації, на якому будується груба модель діагностування з параметрами, що надалі підлягають налаштуванню. Фрагмент нечіткої бази знань представлено в таблиці 2

Таблиця 2 - Фрагмент нечіткої бази знань для визначення стану теплоізоляційної оболонки будівлі Y

Y	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
незадовільно	незадовільно	незадовільно	незадовільно	незадовільно
незадовільно	задовільно	незадовільно	незадовільно	задовільно
незадовільно	задовільно	задовільно	незадовільно	незадовільно
незадовільно	задовільно	задовільно	задовільно	незадовільно
задовільно	добре	задовільно	задовільно	задовільно
задовільно	задовільно	задовільно	задовільно	добре
добре	відмінно	відмінно	добре	задовільно
добре	добре	відмінно	добре	добре
відмінно	відмінно	відмінно	відмінно	добре

## Висновки

На основі проведеного аналізу існуючих норм проектування та будівництва та експлуатації житлових будівель визначені фактори, що впливають на характеристики енергоефективності теплозахисної оболонки житлових будівель. Запропоновано підхід, що дозволяє створити модель експертної оцінки якості теплоізоляційної оболонки будівлі, ґрунтуючись на теоретичних засадах теорії нечітких множин та на механізмі нечіткого логічного висновку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII URL Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>
2. Про енергозбереження Закон України від 01.07.1994р № 75/94-ВР від 01.07.9 Оновлення (редакція) від 23.07.2017 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 - [Чинний від 2016-04-01]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
4. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності та теплової надійності огорожувальних конструкцій : монографія. К:Гамма- Принт, 2009 -137с.
5. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 236 с.
6. Лялюк О. Г. Управління факторами, які впливають на вибір фінансового механізму енергозберігаючого проекту /О. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк, А. О. Лялюк, В. В. Панкевич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. -2018. - № 1. - С. 87-94.- Режим доступу [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stmkb\\_2018\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stmkb_2018_1_16).

7. Недбайло О.М. Теплофізичні аспекти підвищення ефективності будівлі при використанні низькотемпературних систем її теплозабезпечення та термомодернізації огорожувальних конструкцій: автореф. дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.14.06 Київ, 2018. 28с.

8. Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Ієрархічна класифікація факторів впливу на підвищення енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівель // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2020. - № 1. - С. 87-94. DOI 10.31649/2311-1429-2019-2-204-209

9. Панкевич О.Д., Штовба С.Д. Діагностування тріщин будівельних конструкцій за допомогою нечітких баз знань. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 108 с. Панкевич\_Штовба

10. Панкевич О. Д., Штовба С. Д. Застосування нечітких моделей для діагностики будівельних конструкцій// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010.- № 4, с. 32-36

11. Панкевич О. Д. Огляд застосування теорії нечітких множин в будівництві [Текст] / О. Д. Панкевич, В. В. Панкевич // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 266-268.

12. Ратушняк Г. С., Ободянська О.І. Модель багатофакторної оцінки технічного стану системи газопостачання // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 1. - С. 125-131.

13. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169 Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н., професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Панкевич Володимир В'ячеславович** – аспірант факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, e-mail: [pankova82@gmail.com](mailto:pankova82@gmail.com).

**Ratushnyak Georgiy**, PhD, Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua)

**Pankevych Volodymyr**, postgraduate Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsa national technical university, Vinnytsa