

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ УТЕПЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ІЗ ВРАХУВАННЯМ РИЗИКІВ**

Іванова А.І., Шеховцова В.І.

e-mail: anastasiia.ivanova@nure.ua, viktorii.shekhovtsova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІУС  
м. Харків, Україна

This work is devoted to developing an automated approach to selecting insulation materials, as proper insulation is essential for building durability, energy efficiency, and occupant comfort. Poor material choices can lead to structural damage, heat loss, and increased maintenance costs. The proposed IT system applies multi-criteria analysis to assess risks and rank materials based on key factors such as thermal efficiency, durability, and safety. By automating the decision-making process, the system minimizes errors, optimizes insulation performance, and enhances the reliability of construction projects.

Сучасне будівництво висуває високі вимоги до якості утеплення будівель, оскільки правильний вибір матеріалів безпосередньо впливає на довговічність конструкцій, комфорт мешканців та витрати на обслуговування. Неправильний вибір утеплювачів може призвести до появи тріщин, утворення мостів холоду, конденсації вологи, розвитку плісняви, а також механічних та експлуатаційних пошкоджень. Врахування цих ризиків на етапі вибору матеріалів є критично важливим для забезпечення стабільної роботи будівельних конструкцій [1].

Процес утеплення можна умовно розділити на такі ключові категорії:

- утеплення фундаменту (забезпечує захист від промерзання та ґрунтової вологи);
- утеплення цоколя (впливає на теплоізоляцію нижньої частини будівлі та її стійкість до механічних навантажень);
- утеплення фасаду (визначає естетичні та енергетичні характеристики будівлі, захищає від зовнішніх впливів);
- утеплення перекриттів (зменшує теплові втрати через дах або підлогу міжповерхових приміщень).

Оскільки традиційні методи вибору утеплювачів часто ґрунтуються на загальних рекомендаціях, без глибокого аналізу можливих ризиків, постає необхідність у створенні системного підходу, що враховує багатофакторний вплив матеріалів на будівлю.

Метою даної роботи є розробка методики вибору утеплювачів із врахуванням ризиків шляхом автоматизації процесу прийняття рішень. Це дозволить мінімізувати ймовірність помилок, підвищити ефективність утеплення та покращити довговічність будівельних конструкцій.

Вибір утеплювача повинен базуватися не лише на його теплоізоляційних характеристиках, а й на оцінці потенційних ризиків для

кожного типу будівельних конструкцій. Автоматизований підхід до цього процесу дозволить мінімізувати помилки та зробити вибір більш обґрунтованим. Використання багатокритеріального аналізу дозволяє систематизувати процес прийняття рішень, порівняти альтернативи за кількома критеріями одночасно та обрати оптимальний варіант утеплення для конкретної ситуації. Багатокритеріальний аналіз є ефективним інструментом оцінки та порівняння різних варіантів утеплення.

Методологія аналізу передбачає такі основні етапи:

- формування переліку альтернатив (визначення можливих варіантів утеплення для кожної категорії будівельних конструкцій);

- визначення набору критеріїв (розгляд ключових факторів, що впливають на якість та ефективність утеплення (міцність, паропроникність, стійкість до механічних пошкоджень, пожежна безпека тощо));

- збір та нормалізація даних (оцінка кожного утеплювального матеріалу за обраними критеріями, приведення їх до єдиної шкали);

- вибір методу багатокритеріального аналізу (застосування таких методів, як аналіз ієрархій (АНР), метод TOPSIS, метод аналізу корисності);

- ранжування альтернатив (обчислення підсумкових оцінок для кожного варіанту утеплення та визначення оптимального рішення).

Оскільки кожен критерій має різний рівень важливості, для об'єктивного аналізу необхідно визначити їх вагові коефіцієнти. Це може бути здійснено за допомогою таких методів:

- експертне оцінювання (залучення фахівців для визначення значущості критеріїв на основі їхнього досвіду);

- метод аналізу ієрархій (АНР) (розбиття проблеми на рівні та порівняння критеріїв попарно для визначення їхніх відносних ваг);

- метод ентропії (використання статистичних показників для автоматичного визначення важливості критеріїв на основі зібраних даних).

Для вибору найбільш придатного матеріалу використовується моделювання, що дозволяє враховувати всі фактори та ризики. Основні підходи до моделювання включають:

- метод зваженої суми (WSM) (підсумовування добутоків оцінок альтернатив на вагові коефіцієнти);

- метод ідеального рішення (TOPSIS) (визначення матеріалу, який є найближчим до ідеального варіанту та найдалшим від найгіршого);

- метод ELECTRE (застосування логіки порівняльних переваг для вибору найкращого утеплювача [2]).

В результаті моделювання можна отримати рейтинг матеріалів за ефективністю їх використання в конкретних умовах. Це дозволяє автоматизувати процес прийняття рішень та мінімізувати ризики, пов'язані з помилковим вибором утеплення.

Проектована ІТ-система складається з клієнтської частини (веб-інтерфейс для введення параметрів та отримання рекомендацій), серверної частини (обробка запитів, аналіз ризиків, формування звітів) і бази даних (характеристики утеплювачів, ризики, історія виборів). Система оцінює ризики за допомогою експертного аналізу, багатокритеріального оцінювання та прогнозування. Вона використовує правила експертної системи для виявлення проблем, наприклад, визначає ризик конденсату через низьку паропроникність або можливі пошкодження через недостатню міцність утеплювача.

Крім того, застосовується метод багатокритеріального аналізу, який дозволяє визначати рейтинг матеріалів залежно від різних факторів. Кожному критерію (теплопровідність, пожежна безпека, ризик конденсату, довговічність) присвоюється ваговий коефіцієнт, що визначає його значимість у загальній оцінці. Це дозволяє автоматично розраховувати та пропонувати користувачам найоптимальніший варіант утеплення.

Користувач вводить параметри будівлі, після чого система аналізує утеплювачі, оцінює ризики та пропонує оптимальні варіанти. Вибраний матеріал супроводжується характеристиками та рекомендаціями. Підсумковий звіт можна переглянути або зберегти у PDF.

У ході виконання роботи було досліджено проблему вибору утеплення з урахуванням ризиків та обґрунтовано необхідність автоматизації цього процесу. Запропоновано багатокритеріальний аналіз матеріалів і розроблено концепцію ІТ-системи для оптимального вибору утеплювачів. Використання автоматизованих методів значно підвищує ефективність прийняття рішень та мінімізує ризики експлуатації.

Перспективи розвитку включають впровадження машинного навчання для прогнозування оптимальних рішень та інтеграцію з BIM-технологіями для комплексного аналізу утеплення [3]. Запропонований підхід є актуальним і має практичне значення для будівельної галузі, а подальший розвиток ІТ-рішення сприятиме його широкому застосуванню у професійному середовищі.

#### Список використаних джерел:

1. Передові системи термомодернізації будівель і споруд: навч. посіб. / [Надія Іволжатова та ін. ; ред.: Роман Гребя та ін.]. Київ: Гельветика, 2020. 115 с.

2. Основи системного аналізу і прийняття оптимальних рішень: підручник / О. М. Величко, Т. Б. Гордієнко ; Держ. ун-т телекомунікацій. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 670 с.

3. Lei Cao. Heat insulation and thermal insulation method of passive low energy consumption residential building exterior envelope structure based on BIM. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024009897> (дата звернення: 15.02.2025).