

МОНІТОРИНГ ЙМОВІРНОСТІ ТЕПЛОВОЇ ВІДМОВИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано існуючі методи моніторингу ймовірності теплової відмови огороджувальних конструкцій будівель. Відзначено, що результати експериментальних досліджень теплової відмови за допомогою теплові зорів не завжди дозволяють прогнозувати сценарій розвитку ризиків окремих чи сукупності визначальних чинників впливу на ймовірність теплової відмови огороджувальних конструкцій. Розрахунок ймовірності теплової відмови з використанням математичних моделей дозволяє визначити ризики відмов на всіх етапах життєвого циклу огороджувальних конструкцій. Використання експериментальних структурно-алгоритмічних моделей, що розробляються на базі математичного апарату нечіткої логіки та лінгвістичних змінних, дозволяє здійснювати моніторинг теплової відмови з врахуванням кількісних та якісних чинників впливу на стан теплоізоляційних параметрів огороджувальних конструктивних будівель.

Ключові слова: моніторинг, ймовірність, тепла відмова, нечітка логіка, огороджувальні конструкції.

Abstract

The existing methods of monitoring the probability of thermal failure of the enclosing structures of buildings are analyzed. It is noted that the results of experimental studies of thermal failure with the help of thermal imaging do not always allow predicting the scenario of the development of individual risks or a set of determining factors affecting the probability of thermal failure of enclosing structures. Calculation of the probability of thermal failure using mathematical models allows to determine the risks of failures at all stages of the life cycle of the enclosing structures. The use of experimental structural-algorithmic models, which are developed on the basis of the mathematical apparatus of fuzzy logic and linguistic variables, allows monitoring of thermal failure, taking into account quantitative and qualitative factors of influence on the state of thermal insulation parameters of enclosing structural buildings.

Keywords: monitoring, probability, thermal failure, fuzzy logic, enclosure structures.

Вступ

Реалізація чинного законодавства України стосовно енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності будівель [1,2] передбачає вдосконалення огороджувальних конструкцій будівель, які виконують функцію теплоізоляційної оболонки [3]. Проектування нових та енергоаудит існуючих огороджувальних конструкцій будівель передбачають оцінювання ймовірності теплової відмови теплоізоляційної оболонки [4,5,6] на протязі життєвого циклу будівлі.

Теплова відмова є однією із причин збільшення витрат енергоносіїв на забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів приміщень та зменшення енергоефективності будівель в цілому. Існуючі експериментальні та аналітичні методи визначення ризиків теплової відмови теплоізоляційної оболонки [7,8] потребують подальшого удосконалення.

Метою роботи є аналіз існуючих підходів до моніторингу ймовірності теплової відмови огороджувальних конструкцій та обґрунтування можливості й доцільності використання математичного апарату нечіткої логіки та лінгвістичних змінних для врахування кількісних та якісних факторів впливу на величину ймовірності ризику теплової відмови.

Результати досліджень

Одним із основних параметрів, що визначають надійність будівлі, є здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом життєвого циклу, включаючи вимоги до санітарно-гігієнічних режимів в приміщеннях, а саме температура, вологість, повітрообмін, освітлення тощо. Чисельно надійність характеризується показником ймовірності відмови роботи окремих елементів будівлі чи їх сукупності. Дотримання вимог до температурного режиму в приміщеннях забезпечується шляхом

узгодження робочих параметрів систем опалення і вентиляції з теплоізоляційними властивостями огорожувальних конструкцій. Ці властивості є визначальними при встановленні енергетичної ефективності будівель [9,10].

Кількісні та якісні значення факторів, що впливають на ймовірність теплової відмови, з певною достовірністю визначаються експериментальним шляхом та за результатами математичного моделювання [11]. Експериментальні тепловізійні обстеження дозволяють визначити місця та величини тепловтрат окремих конструктивних елементів будівель. Недоліком тепловізійних обстежень є те, що вони не дозволяють прогнозувати сценарій розвитку ризиків окремих чи сукупності визначальних чинників впливу на ймовірність теплової відмови огорожувальних конструкцій будівель.

Істотний внесок у розвиток теорії та практики математичного моделювання з визначення ймовірності теплової відмови огорожувальних конструкцій зроблено зарубіжними і вітчизняними фахівцями [12,13,14], які у своїх дослідженнях використовувати методи будівельної теплофізики та теорії надійності. Узагальнюючи існуючі теоретичні підходи та практику математичного моделювання з визначення ймовірності теплової відмови огорожувальних конструкцій, необхідно відзначити необхідність удосконалення цих методів з врахуванням використання сучасного математичного апарату моделювання та розвитку інформаційних технологій.

Реалізація проекту комплексного управління моніторингом ймовірності теплової відмови огорожувальних конструкцій можлива з використанням структурно-алгоритмічних моделей [15]. Така модель повинна враховувати кількісні та якісні чинники динамічного оточення проекту, що включають проектно-конструкторські, технологічно-монтажні, організаційні та експлуатаційні рішення щодо оптимізації теплоізоляційних параметрів огорожувальних конструкцій.

Ймовірність теплової відмови огорожувальних конструкцій будівель може бути визначена за допомогою логіко-ймовірнісної моделі, розробленої з використанням методу із ідентифікації складних нелінійних закономірностей, коли вихідними даними є експертні нечіткі бази знань. Використання нечіткої інформації про параметри впливу на стан теплоізоляційної оболонки будівлі дозволяє формалізувати експертну оцінку, яка може бути представлена у вигляді лінгвістичних змінних. Для визначення параметра, що характеризує ймовірність теплової відмови, доцільно використовувати функції належності вхідних змінних. Ймовірність теплової відмови огорожувальних конструкцій описується деревом відмов, що характеризує причинно-наслідкові зв'язки між нечіткою базою знань про чинники впливу. Ієрархічний зв'язок між чинниками впливу виявляється за результатами класифікації вхідних лінгвістичних змінних. Ймовірність для головної події в дереві відмов, якою є тепла відмова огорожувальних конструкцій, визначається за відповідними формулами розрахунку. Перевагою розглянутого методу є те, що він надає можливість на кожному стані життєвого циклу будівлі здійснювати моніторинг ймовірності виникнення ризиків теплової відмови огорожувальних конструкцій.

Висновки

Аналітичні методи моніторингу стосовно ймовірності теплової відмови теплоізоляційної оболонки будівлі дозволяють оцінити найбільший ризик із сукупності кількісних та якісних факторів впливу. Для характеристики сукупності кількісних та якісних факторів впливу та ймовірність теплової відмови доцільно використовувати математичний апарат теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних.

За відомою величиною максимального ризику на кожному ієрархічному рівні чинників впливу можна визначити сценарій за яким відбувається вплив кожного із них на ймовірність теплової відмови огорожувальних конструкцій будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.94 р. № **74/94-ВР**. Дата оновлення: 23.07.2017. URL: <https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр> (Дата звернення: 23.02.2019).
2. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № **2118-VIII**. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2118-19> (Дата звернення: 23.02.2019).
3. ДБН В.6 – 31:2016. Теплова ізоляція будівель.[Чинний від 2017-05-01]. Вид. Офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 33 с. (Державні будівельні норми).

4. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. ДБН В.1.2-14:2018.
5. Ратушняк Г.С., Бікс Ю.С., Лялюк О.Г., Лялюк А.О. Алгоритм реалізації проекту управління ймовірністю теплової відмови теплоізоляційної оболонки будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. №1. с. 140-146, 2019.
6. Ратушняк Г.С., Горюн О.Ю., Лялюк А.О. Аналіз впливу факторів на надійність забезпечення енергоефективності огорожувальних конструкцій у вузлах примикання з використанням лінгвістичних змінних. Наук.-техн. зб. «Вентиляція, освітлення та тепlopостачання». К.: КНУБА, 2022. Вип. 40. с. 28-36.
7. Фаренюк Г. П. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій: монографія. Київ: Гамма-Принт, 2009. 137 с.
8. Філоненко О.І. Динамічні теплові характеристики огорожувальних конструкцій будівель: автореф. дис. докт. техн. наук. Полтава, 2021.
9. Недбайло О.М. Теплофізичні аспекти підвищення ефективності будівлі при використанні низькотемпературних систем її теплозабезпечення та термомодернізації огорожувальних конструкцій: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.06 / Київ, 2018. 28 с.
10. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Національний ун-т «Львів. Політехніка», 2013. 236 с.
11. Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії: монографія / В.П. Бабак, В.С. Берещук та ін. / К.: Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2016. 298 с.
12. Максимов А.О. Організаційні підходи до термомодернізації будівель на підставі оптимізації вибору конструктивно-технологічних рішень: автореф. дис. канд. техн. наук, Одеса, 2021.
13. Бікс Ю.С., Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г., Ратушняк О.Г. Потенціал енергоефективності огорожувальних конструкцій із біосферосумісних матеріалів. Вінниця, ВНТУ. 2022, 132 с.
14. Семко В.О. Методика визначення ймовірності теплової відмови огорожувальних конструкцій із сталевих холодноформованих елементів за теплотехнічними показниками. Строительство, материаловедение, машиностроение. Вип. 91. 2016. с. 140-146.
15. Перехрест А.Л. Методи та засоби створення високоефективних комп'ютеризованих систем автоматичного контролю параметрів теплового комфорту в будівлях: автореф. дис. д-ра техн. наук. Покровск, 2020.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, завідувач кафедри Інженерних систем у будівництві Вінницького національного технічного університету, e-mail: ratusnakg@gmail.com. ORCID 0000-0001-9656-5150

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: biksuriy@gmail.com. ORCID 0000-0002-5775-2014

Лялюк Андрій Олександрович – аспірант, Вінницький національний технічний університет. ORCID 0000-0002-4803-1629

Ratushniak Georgy Serhiyovych - Ph.D., professor, head of the Department of Engineering Systems in Construction at the Vinnytsia National Technical University, e-mail: ratusnakg@gmail.com. ORCID 0000-0001-9656-5150

Biks Yuriy Semenovych - Ph.D., associate professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: biksuriy@gmail.com. ORCID 0000-0002-5775-2014

Lyaluk Andriy Oleksandrovich – graduate student, Vinnytsia National Technical University. ORCID 0000-0002-4803-1629