

Оптимізація автоматизованих систем вентиляції з ентальпійним рекуператором для підвищення енергоефективності пасивних будинків

Римма Митяй, здобувач вищої освіти¹(ORCID: 0009-0001-3065-8933), Сергій Іносов, к.т.н., доцент¹ (ORCID: 0000-0001-8305-5514)

¹ Київський національний університет будівництва та архітектури, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

АНОТАЦІЯ

Дослідження присвячене оптимізації автоматизованих систем вентиляції з ентальпійним рекуператором для пасивних будинків. Метою роботи є підвищення енергоефективності будівель і забезпечення комфортних умов проживання за допомогою автоматизованого контролю мікроклімату. Ентальпійні рекуператори утримують тепло і вологу, знижуючи енергоспоживання на 25-30%. Автоматизація систем за допомогою BMS дозволяє оптимізувати роботу вентиляції, підтримуючи стабільний мікроклімат і зменшуючи екологічний вплив будівель.

Ключові слова: автоматизація вентиляції, ентальпійний рекуператор, пасивні будинки, енергоефективність, BMS.

1. ВСТУП

Пасивні будинки є перспективним напрямом сучасного будівництва, що спрямований на мінімізацію енергоспоживання без шкоди для комфорту мешканців. Основні принципи пасивного будинку, розробленого Вольфгангом Файстом у 1980-х роках, включають ефективну теплоізоляцію, герметичність, відсутність теплових містків, високоякісні вікна та вентиляцію з рекуперацією тепла. Завдяки цим технологіям енергоспоживання будинків знижується до 90%.

Для підтримання комфортного мікроклімату застосовують системи вентиляції з рекуперацією тепла, які забезпечують постійний приплив свіжого повітря без втрат тепла, що робить такі будинки ефективними навіть у складних кліматичних умовах.

2. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є оптимізація автоматизованих систем вентиляції з ентальпійним рекуператором для підвищення енергоефективності пасивних будинків і створення комфортних умов проживання. Основними завданнями є: - аналіз роботи ентальпійного рекуператора з точки зору енергозбереження та підтримання рівня вологості;- розробка автоматизованої системи вентиляції, що дозволяє точно контролювати температурні параметри, вологість та рівень CO₂, адаптуючись до змін мікроклімату.

3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставлених цілей використано математичне моделювання процесів теплопередачі та масообміну, зокрема аналіз за допомогою діаграми Мольтє. Модель процесів теплопередачі ґрунтується на дослідженнях [1] Міклоша Кассаї та Ласло Кайтара з Будапештського університету. Вивчено також вплив швидкості повітря на ентальпію, базуючись на роботах Хун ЦзяньХуа [2]. Праці Сьорена Пепера та Вольфганга Файста [3] підтвердили, що використання ентальпійних рекуператорів може знизити енергоспоживання на 40-60%.

4. ВИБІР СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Вибір вентиляційної системи з ентальпійним рекуператором базується на принципах пасивного будинку, що спрямовані на мінімізацію теплових втрат і максимальне енергозбереження. Згідно з міжнародними стандартами, пасивні будинки повинні знижувати енергоспоживання на 40-60% порівняно зі звичайними будівлями. Використання вентиляції з рекуперацією тепла допомагає досягти цих показників і забезпечує комфортний мікроклімат. Дослідження показують, що в реальних умовах такі системи можуть скоротити енергоспоживання на 80-88%, як це підтверджено вимірюваннями в проєктах у Німеччині. Це свідчить про їх високу ефективність у різних кліматичних умовах.

Таким чином, використання вентиляційних систем з ентальпійним рекуператором є доцільним для пасивних будинків, оскільки вони значно зменшують енергоспоживання та забезпечують здоровий мікроклімат.

5. АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженні проаналізовано наукові праці, що висвітлюють ефективність автоматизованих систем вентиляції з ентальпійним рекуператором у пасивних будинках. Важливість таких систем підтверджується експериментальними даними з реальних об'єктів, сертифікованих за стандартами пасивного будинку, що забезпечує високу енергоефективність та комфорт.

Результати показують, що такі системи можуть значно підвищити енергоефективність. Наприклад, у дослідженні будинку на півночі Іспанії, сертифікованого Інститутом пасивного будинку у 2018 році, споживання первинної енергії становило 102,5 кВт·год/м² на рік, що нижче за стандартні 120 кВт·год/м². Температура в приміщенні стабільно підтримувалася на рівні 20-21°C, а ефективність рекуператора досягала 92,8% взимку, що підтверджує високий рівень теплової ефективності системи.

Дослідження, проведені Сьореном Пепером та Вольфгангом Файстом з Інституту пасивного будинку в Дармштадті, показали, що ентальпійні рекуператори знижують енергоспоживання на 30-40% у порівнянні з

традиційними системами вентиляції. Дослідження Хун ЦзяньХуа продемонстрували, що за оптимальних умов ефективність рекуперації тепла може досягати 85%, що є особливо важливим для холодного клімату.

Крім енергозбереження, рекуператори забезпечують комфорт, підтримуючи оптимальну вологість у приміщеннях. У будинку в Іспанії система підтримувала вологість на рівні 45%, що запобігало утворенню конденсату та покращувало мікроклімат.

Загалом, наукові дослідження підтверджують, що автоматизовані системи вентиляції з ентальпійним рекуператором є ключовими для підвищення енергоефективності та забезпечення комфортного середовища в пасивних будинках, допомагаючи досягти високих стандартів сталого розвитку.

6. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Енергетична ефективність

Автоматизація системи вентиляції знижує енергоспоживання на 25-30% порівняно з традиційними системами без рекуперації, завдяки збереженню тепла витяжного повітря і його передачі припливному. Рекуперація не лише зберігає тепло, але й вологу, що покращує комфорт, особливо взимку.

Комфортний мікроклімат

Системи з ентальпійним рекуператором запобігають пересушуванню повітря взимку і надлишковій вологості влітку. Це досягається завдяки оптимальній швидкості припливного та витяжного повітря, моделюванню теплових і вологісних процесів, що забезпечує стабільний мікроклімат.

Інтеграція з BMS

Використання систем BMS дозволяє інтегрувати вентиляцію з іншими енергетичними системами будинку, автоматично регулюючи інтенсивність вентиляції за показниками температури, вологості та CO₂. Це оптимізує енергоспоживання для обігріву та охолодження.

Підвищення якості повітря

Системи з ентальпійним рекуператором підтримують стабільний рівень CO₂ та оптимальну вологість 45-55%, що позитивно впливає на здоров'я та комфорт мешканців.

Приклади впровадження

У проєкті пасивного будинку Wheaton College у Массачусетсі економія енергії досягла 50-80% завдяки ефективним вікнам, вентиляції з рекуперацією та герметичності. Ці рішення є не лише комфортними, але й екологічно та економічно вигідними.

7. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ

Дослідження показують, що пасивні будинки суттєво знижують енергоспоживання. Наприклад, у проєктах у Німеччині було зафіксовано середнє споживання тепла на рівні 13,4 кВт·год/м² на рік у Вісбадені, що на 80% менше, ніж у низькоенергетичних будинках. У Ганновері та Штутгарті ці показники становили 12,8 кВт·год/м², що підтверджує ефективність систем пасивних будинків.

Автоматизовані системи вентиляції з ентальпійним рекуператором є важливою складовою таких будинків. Вони знижують енергоспоживання та забезпечують оптимальний мікроклімат, що підвищує комфорт та якість життя мешканців. Ці висновки підтверджуються реальними

проєктами, які демонструють економію енергії та покращення комфорту.

Таблиця 1: Порівняння енерговитрат у різних проєктах

Проєкт пасивного будинку	Середнє споживання тепла (кВт·год/м ² на рік)	Економія порівняно з низькоенергетичними будинками (%)
Вісбаден	13,4	80%
Ганновер/Кронсберг	12,8	81%
Штутгарт/Фойєрбах	12,8	81%
Gremplstrasse, Франкфурт-на-Майні	12,2	82%

8. ВИСНОВКИ

Автоматизовані системи вентиляції з ентальпійним рекуператором є важливим кроком до підвищення енергоефективності та створення комфортних умов проживання в пасивних будинках. Вони знижують енергоспоживання, підтримують оптимальний мікроклімат і сприяють екологічній стійкості будівель. Ці рішення допомагають досягти цілей сталого розвитку, зокрема зниження викидів CO₂.

Список літератури

- [1] Kassai M. & Kajtár L. Energetic analysis of ventilation system of passive house, *16th Building Services, Mechanical and Building Industry days International Conference*. 2010
- [2] H. J. Hua et al. Effect of Supply and Exhaust Air Velocity on the Enthalpy and Temperature Exchange Efficiency of a Paper Heat Exchanger, *MATEC Web of Conferences*. 2021. Vol. 335. P. 03006. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202133503006>
- [3] Peper S. and Feist W., Energy efficiency of the Passive House Standard: Expectations confirmed by measurements in practice, , *Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist*. 2015. 23 p. URL: https://passiv.de/downloads/05_energy_efficiency_of_the_passive_house_standard.pdf
- [4] Niskanen J., Rohrer H. Passive houses as affiliative objects: Investment calculations, energy modelling, and collaboration strategies of Swedish housing companies. *Energy Research & Social Science*. 2020. Vol. 70. P. 101643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101643>
- [5] Zender-Świercz E. A Review of Heat Recovery in Ventilation. *Energies*. 2021. Vol. 14, no. 6. P. 1759. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14061759>
- [6] Zender-Świercz E. Review of IAQ in Premises Equipped with Façade-Ventilation Systems. *Atmosphere*. 2021. Vol. 12, no. 2. P. 220. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12020220>
- [7] Radomski B., Drojczki L., Mróz T. Integration of a heat exchanger on the supply air with the ground-source heat pump in a passive house – case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 214. P. 012087. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/214/1/012087>