

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ НА ПРИКЛАДІ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено комплексну оцінку енергоефективності систем вентиляції та кондиціювання адміністративної будівлі на основі аналізу теплотехнічних характеристик, аеродинамічного опору мережі, режимів роботи обладнання та можливостей впровадження рекуперації теплоти. Розглянуто чинні нормативні вимоги до мікроклімату та енергоспоживання будівель, а також сучасні енергозберігаючі технології. Сформовано пропозиції щодо підвищення енергоефективності, включаючи впровадження систем автоматичного керування, високоефективних теплоутилізаторів та модернізацію кондиціонерного обладнання.

Ключові слова: вентиляція, кондиціювання, енергоефективність, рекуперація теплоти, мікроклімат, адміністративна будівля, енергозбереження.

Abstract

A comprehensive evaluation of the energy efficiency of ventilation and air-conditioning systems in an administrative building was conducted. The study includes an analysis of thermal characteristics, aerodynamic resistance, equipment operation modes, and the potential for heat recovery. Current regulations on indoor climate and building energy consumption, as well as advanced energy-saving technologies, are reviewed. Recommendations for improving energy efficiency are developed, involving automation, high-performance heat exchangers, and modernization of air-conditioning systems.

Keywords: ventilation, air conditioning, energy efficiency, heat recovery, indoor climate, administrative building, energy saving.

Вступ

Раціональне використання енергетичних ресурсів у будівлях адміністративного призначення є одним із основних завдань сучасного проектування та експлуатації інженерних систем. У структурі енергоспоживання адміністративних об'єктів значну частку - до 40–45 % - становлять витрати на вентиляцію та кондиціювання, що робить ці системи одним із ключових об'єктів для підвищення енергетичної ефективності. Зростання вартості енергоносіїв, підвищення навантаження на енергетичний сектор та необхідність скорочення експлуатаційних витрат зумовлюють потребу у впровадженні технологій, здатних забезпечити нормативний мікроклімат при мінімальних енерговитратах.

Актуальність дослідження зумовлена зростаючими вимогами до енергоефективності будівель та необхідністю оптимізації роботи інженерних систем, що забезпечують мікроклімат. Основними документами, що визначають підхід до проектування енергоефективних систем вентиляції та кондиціювання адміністративних будівель є Закон України «Про енергозбереження» [1], ДБН [2-4], а також ДСН [5]. Нормативи визначають необхідність забезпечення повітрообміну з дотриманням норм щодо температури, вологості, швидкості руху повітря та концентрації шкідливих речовин, але одночасно акцентують на обов'язковому скороченні тепловтрат і підвищенні ефективності використання первинних енергоресурсів.

Виконання нормативних вимог щодо мікроклімату приміщень у поєднанні з мінімізацією енергетичних витрат є складною інженерною задачею, оскільки робота систем вентиляції та кондиціювання включає значні затрати енергії на підігрів або охолодження та транспортування повітря. Саме тому важливим напрямом дослідження в сучасній практиці є оцінка енергоефективності систем, виявлення основних втрат та обґрунтування ефективних технічних рішень, таких як рекуперація теплоти, аеродинамічна оптимізація та автоматизоване керування режимами роботи.

Основна частина

Системи вентиляції та кондиціювання адміністративних будівель характеризуються складною структурою теплотехнічних та аеродинамічних процесів, які визначають загальне енергоспоживання. Для забезпечення нормативного мікроклімату адміністративних будівель відповідно до чинних норм ДБН [2-4] та ДСН [5] необхідно підтримувати стабільні параметри повітряного середовища за різних умов експлуатації. Одним із головних джерел енергетичних втрат є видалення з приміщень значних обсягів повітря, яке має температуру, близьку до внутрішнього мікроклімату. У традиційних вентиляційних системах це тепло втрачається безповоротно, що зумовлює збільшення навантаження на системи опалення та охолодження. Така ситуація є особливо критичною для адміністративних будівель з тривалим режимом роботи, де повітрообмін здійснюється постійно або з високою інтенсивністю. У разі відсутності рекуперації система змушена компенсувати тепловтрати виключно за рахунок енергоресурсів, тоді як впровадження теплоутилізаторів дозволяє повернути до 30–60 % теплоти відпрацьованого повітря [6].

Тепловтрати суттєво зростають при нераціональній конфігурації повітропроводів, зокрема за наявності надлишкових поворотів, нерівномірності повітророзподілу або недостатнього діаметра каналів, що збільшує аеродинамічний опір. Зростання опору вентиляційної мережі навіть на 100 Па призводить до збільшення споживання електроенергії на 7–12 % [7], що в масштабах адміністративної будівлі формує істотні зайві витрати. Крім цього, відсутність або недостатність теплоізоляції повітропроводів, які проходять через холодні або технічні приміщення, спричиняє додаткові неконтрольовані втрати теплоти, що підвищує навантаження на обладнання.

Суттєву частину енергоспоживання формують вентилятори та кондиціонери. Більшість адміністративних будівель обладнані відцентровими вентиляторами з ККД 50–60 %, тоді як сучасні ЕС-вентилятори демонструють ефективність понад 85 % [8]. Подібна ситуація спостерігається і в кондиціюванні: інверторні компресори забезпечують економію 25–35 % електроенергії порівняно з традиційними системами постійної частоти. Проте в багатьох будівлях вони відсутні, а кондиціонери працюють у режимах, не адаптованих до зовнішніх змін температури.

Аналіз нормативної документації, результатів енергетичного обстеження адміністративних будівель та сучасних досліджень [6, 9-11] свідчить, що найбільші потенціали економії енергоресурсів зосереджені у енергозбереженні зосереджені у вдосконаленні роботи систем вентиляції та кондиціювання. Передусім це стосується правильної організації повітрообміну, упровадження рекуперації теплоти, зниження аеродинамічних втрат у повітропроводах та підвищення рівня автоматизації управління інженерним обладнанням. Використання теплоутилізаторів зі ступенем ефективності 0,65 - 0,80 дає змогу скоротити витрати теплоти на підігрів зовнішнього повітря на 40–55 %. Застосування більш раціональної конфігурації повітропроводів і сучасних вентиляторів дозволяє зменшити споживання електроенергії ще на 15–20 %. Упровадження систем автоматичного регулювання повітрообміну залежно від концентрації CO₂ та присутності людей забезпечує додаткове зниження витрат на 20–30 %, оскільки система працює не постійно, а відповідно до реального навантаження на приміщення.

У результаті комплексної модернізації, що охоплює теплоутилізацію, аеродинамічну оптимізацію, утеплення повітропроводів, встановлення інверторних кондиціонерів та автоматизованого управління, загальне енергоспоживання систем вентиляції та кондиціювання може бути зменшене на 30–45 %, що підтверджується сучасними експериментальними даними [6].

Висновок

Проведений аналіз показав, що найбільший потенціал підвищення енергоефективності систем вентиляції та кондиціювання адміністративної будівлі полягає у впровадженні рекуператорів теплоти, модернізації вентиляторного та кондиціонерного обладнання, зменшенні аеродинамічного опору мережі повітропроводів та інтеграції автоматизованих систем керування параметрами повітря. Реалізація цих заходів дозволяє комплексно зменшити теплові втрати, скоротити витрати електроенергії та забезпечити підвищення комфорту в приміщеннях при одночасному зниженні експлуатаційних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1994 № 75/94-ВР.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіонбуд України, 2021.

3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.
4. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення
5. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
6. Xie D., Yu L., Jiang T., Zou Y. Distributed Energy Optimization for HVAC Systems in University Campus Buildings. IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 59141–59151.
7. Ратушняк Г. С., Попова Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем тепlopостачання. Вінниця : Універсум, 2004.
8. Панкевич О. Д., Слободян Н. М., Ободянська О. І. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції. Вінниця : ВНТУ, 2017.
9. Eurovent Energy Efficiency Standards for Ventilation Units. Eurovent Certified Performance, 2020.
10. Брич В. Я., Джеджула В. В., Дзядикевич Ю. В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження. Тернопіль : ТНЕУ, 2018.
11. Панкевич О. Д., Патлатий А. О. Заходи з енергозбереження в системах опалення та вентиляції громадських будівель/ Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, 22 червня 2023 р.

Брицький Андрій Андрійович – студент, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. zhuzula@gmail.com

Панкевич Ольга Дмитрівна – т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua

Brytskyi Andriy – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. zhuzula@gmail.com

Olga Pankevych – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pankevich@vntu.edu.ua