

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ У СИСТЕМАХ МІКРОКЛІМАТУ ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі виконано аналітичний огляд нормативних вимог до мікроклімату дитячих садків, аналіз сучасних технічних рішень вентиляційних систем із рекуперацією теплоти, а також оцінку можливостей використання теплових насосів і сонячних колекторів для підігріву припливного повітря. Розрахункова оцінка ефекту енергозбереження здійснена на основі літературних даних і типової схеми вентиляції дитсадка.

Ключові слова: енергоефективність, вентиляція, мікроклімат, рекуперація, тепловий насос, дитячий садок.

Abstract

The paper provides an analytical review of regulatory requirements for the microclimate of kindergartens, an analysis of modern technical solutions for ventilation systems with heat recovery, and an assessment of the possibilities of using heat pumps and solar collectors for heating supply air. The calculated assessment of the energy saving effect is based on literature data and a typical kindergarten ventilation scheme.

Keywords: energy efficiency, ventilation, microclimate, recovery, heat pump, kindergarten.

Вступ

Проблема забезпечення нормативного мікроклімату у дошкільних навчальних закладах є актуальною як з позицій здоров'я дітей, так і з точки зору енергоефективності будівель. В умовах зростання вартості енергоресурсів та переходу до концепції сталого розвитку особливого значення набувають системи вентиляції та опалення, що поєднують комфорт, безпечні параметри повітря та мінімальне енергоспоживання.

Відомо, що близько 40% загального енергоспоживання будівель припадає на системи опалення і вентиляції [1]. У дитячих садках ці системи мають додаткові вимоги — безперервне забезпечення свіжим повітрям, підтримання температури 20-22°C і відносної вологості 40-60% [2, 3]. Традиційні вентиляційні установки без рекуперації супроводжуються значними тепловими втратами, тому постає завдання зниження їх енерговитрат.

Обґрунтування енергоефективної концепції системи створення мікроклімату для дошкільного навчального закладу шляхом інтеграції механічної вентиляції з рекуперацією теплоти та використанням альтернативних джерел енергії.

Результати дослідження

Забезпечення стабільного та нормативного мікроклімату в дошкільних навчальних закладах потребує поєднання вимог до якості повітря, теплового комфорту та енергоефективності. Відповідно до чинних норм [2, 3], у групових приміщеннях дитячих садків необхідно підтримувати температуру 20-22°C, відносну вологість у межах 40-60% та забезпечувати постійну подачу свіжого повітря з кратністю не менше одиниці. На практиці це створює значні теплові навантаження на системи опалення, особливо у холодний період року, коли припливне повітря потребує додаткового підігріву. За традиційних схем вентиляції без рекуперації теплоти втрата енергії через вентиляційні канали може становити до 30-40% загальних теплових витрат будівлі.

Сучасні дослідження вказують на суттєве підвищення енергоефективності при застосуванні механічної вентиляції з рекуперацією теплоти припливно-витяжного повітря, тобто MVHR (mechanical ventilation with heat recovery). В таких системах припливне та витяжне повітря проходять через рекуператор, де тепло (а в деяких моделях і волога) передається від теплового витяжного повітря до холодного припливного, що суттєво зменшує тепловтрати будівлі та підвищує

енергоефективність. MVHR є одним із найефективніших типів вентиляційних систем для сучасних енергоощадних будівель, включно з дитячими садками

У статті [1] зазначено, що системи з рекуперацією ефективністю 75-85% дозволяють скоротити первинне енергоспоживання на вентиляцію щонайменше на третину, а у деяких режимах і до 50%. Аналогічні результати отримані у роботах [4, 5], де відзначається також покращення показників якості повітря завдяки стабілізації рівня CO₂ та вологості. Це особливо важливо для дитячих садків, де щільність перебування дітей у групових приміщеннях часто перевищує середні показники житлових будівель, що виходить на перший план в контексті гігієни та профілактики респіраторних захворювань.

Інтеграція рекупераційних систем з тепловими насосами дозволяє не лише компенсувати теплові втрати, але й оптимізувати роботу всієї системи мікроклімату. Тепловий насос «повітря-вода» чи «повітря-повітря», що працює у зв'язці з рекуператором, може використовувати не лише низькопотенційне тепло зовнішнього повітря, а й теплоту витяжного повітря після рекуперації. За даними [4], застосування теплового насоса з коефіцієнтом продуктивності COP $\approx$ 3 у комбінації з MVHR знижує загальне сезонне теплове навантаження вентиляції на 50-60%.

Додатковим елементом можуть виступати сонячні колектори, які ефективно працюють у міжсезоння та забезпечують частковий підігрів теплоносія. Дослідження [6] демонструють, що навіть невеликі сонячні системи (2-4 м² на групу) здатні покривати до 15% теплового навантаження вентиляції в осінній та весняний періоди. Це знижує цикл увімкнення теплового насоса, подовжує ресурс обладнання та сприяє загальному зменшенню експлуатаційних витрат.

У таблиці наведено узагальнену порівняльну оцінку енергоспоживання різних варіантів вентиляційних систем для умов типового групового приміщення площею 50 м² та повітрообміну 200 м³/год (за даними [1, 4, 5, 7]).

Таблиця 1 – Орієнтовне річне енергоспоживання вентиляційних систем дитячого садка

Тип системи вентиляції	Наявність рекуперації	Додаткові джерела	Орієнтовне споживання тепла, МВт·год/сезон	Орієнтовна економія, %
Традиційна припливно-витяжна	—	—	8,5–9,0	—
MVHR ($\eta \approx 75-80\%$)	+	—	4,0–4,5	45–50 %
MVHR + тепловий насос (COP $\approx$ 3)	+	ТН	3,0–3,5	55–60 %
MVHR + ТН + Solar	+	ТН + Сонячні кол.	2,5–3,0	65–70 %

Представлена інтегрована концепція, що поєднує рекуперацію теплоти, тепловий насос та сонячне тепло, дозволяє суттєво підвищити енергоефективність у порівнянні з традиційними рішеннями, одночасно забезпечуючи нормативний мікроклімат та стабільний рівень внутрішнього повітряного середовища. Враховуючи підвищені вимоги до якості повітря та теплового комфорту у дитячих закладах, такі системи доцільно розглядати як базові для нових будівель та модернізації існуючих.

Висновки

Сучасні дошкільні навчальні заклади мають значний потенціал зниження енергоспоживання за рахунок удосконалення систем мікроклімату. Найбільш ефективним є поєднання механічної вентиляції з рекуперацією теплоти, теплового насоса та допоміжного використання сонячної енергії. Орієнтовна економія теплової енергії становить до 60% при збереженні нормативних параметрів мікроклімату. Використання автоматизованого керування дозволяє підвищити стабільність мікроклімату та подовжити ресурс обладнання. Запропонована концепція може бути рекомендована для проектування нових та реконструкції існуючих дитячих садків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ferrari S., Puglisi G., Cardelli R. Heat recovery ventilation in school classrooms — energy impact analysis / *Energies*. 2025,18, 5069. DOI:10.3390/en18195069.[Електрон. ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/395788223_Heat_Recovery_Ventilation_in_School_Classrooms_Within_Mediterranean_Europe_A_Climate-Sensitive_Analysis_of_the_Energy_Impact_Based_on_the_Italian_Building_Stock (дата звернення: 12.11.2025).
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2013-10-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство України, 2013. 144 с.

3. Міністерство охорони здоров'я України. Санітарний регламент для дошкільних навчальних закладів : наказ МОЗ № 234 від 24.03.2016. Київ : МОЗ України, 2016. 28 с.
4. Stabile L., Massimo A., Canale L. [et al.]. Energy and Indoor Air Quality Effects of a Retrofit in a School Building. Building and Environment. 2019. 9 (5): 110 DOI:10.3390/buildings9050110. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/332903699_The_Effect_of_Ventilation_Strategies_on_Indoor_Air_Quality_and_Energy_Consumptions_in_Classrooms (дата звернення: 14.11.2025).
5. Causone F., Moazami A., Carlucci S., Pagliano L., Pietrobon M. Ventilation Strategies for the Deep Energy Retrofit of a Kindergarten. AIVC Conference Proceedings, 2015. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: https://www.aivc.org/sites/default/files/94_0.pdf (дата звернення: 12.11.2025).
6. eCentral. Regional nZEB case studies for reference public buildings : Deliverable D.T1.1.2. Bolzano : EURAC Research, 2018. 51 p. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/DT112.pdf> (дата звернення: 16.11.2025).
7. Сапунов, Анатолій Олександрович. Оцінювання енергоефективності будівлі дошкільного навчального закладу в умовах забезпечення теплового комфорту : дис. ... PhD, КІП ім. І. Сікорського, 2024. 123 С.

Олег Олегович Горюн – доктор філософії, старший викладач кафедри інженерних систем у будівництві, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Україна, м. Вінниця, ORCID: 0000-0001-5678-835X, e-mail: oleggoriun@vntu.edu.ua.

Артем Валерійович Лашченко — здобувач групи ТГ-24м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, ORCID: 0009-0009-7346-5558, e-mail: maluuqq@gmail.com.

Oleh Horiun — PhD, senior lecturer of the department of engineering systems in construction, faculty of construction, civil and environmental engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ORCID: 0000-0001-5678-835X, e-mail : oleggoriun@vntu.edu.ua.

Artem Lashchenko — student of the TG-24m group of the Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ORCID: 0009-0009-7346-5558, e-mail: maluuqq@gmail.com.