



ЕНЕРГОВИРОБНИЦТВО (ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЮ)

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-2-1>

УДК 006.91

В. Б. Гулевський, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0003-1434-9724

Ю. О. Постол, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-0749-3771

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: yulia.postol@tsatu.edu.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

Анотація. Роботу присвячено питанням удосконалення інженерних систем вентиляції під час проектування систем опалення та вентиляції для житлових і комерційних будівель.

Під час проектування систем опалення та вентиляції для житлових і комерційних будівель важливо забезпечити їх високу енергоефективність та економічність. Для підтримки комфортних умов мікроклімату в приміщеннях витрачається до 60% витрачених енергоресурсів. До основних споживачів теплової енергії в таких будівлях належать системи вентиляції та кондиціонування повітря.

Важливим напрямом використання низькопотенційної теплової енергії є утилізація теплоти витяжного повітря для підігріву зовнішнього припливного повітря.

Відпрацьоване тепло – це стійка енергія, одержувана в результаті неефективного використання палива в різних процесах, що становить від 20% до 50% загального обсягу споживаної енергії [1; 2]. І саме тут стане в нагоді рекуперація тепла в системах вентиляції, тобто з поверненням тепла назад до будівлі разом із чистим свіжим повітрям.

Такий підхід до проектування інженерних систем забезпечення мікроклімату приміщень дає змогу знизити витрати на нагрівання припливного повітря та підвищити теплову ефективність систем.

Усе вищезазначене зумовлює актуальність удосконалення інженерних систем вентиляції, що дасть змогу зменшити як витрати на споживання електроенергії, так і вплив шкідливих викидів в атмосферу на навколишнє середовище.

Ключові слова: рекуперація, тепла енергія, проектування, вентиляція.

Постановка проблеми. Припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла можуть забезпечити значну економію кінцевої та первинної енергії. Ефективність рекуперації відпрацьованого тепла залежить від сфери застосування, будівельного матеріалу, а також хімічних та фізичних умов двох потоків, де відбувається теплообмін [3; 4]. Кожен тип рекуператора тепла має свої переваги, недоліки і відповідні сфери застосування.

Характеристики будівлі визначають тип обладнання для рекуперації тепла, яке буде встановлено. Вентиляційні рекуператори включають обертові теплові колеса, пластинчасті теплообмінники, теплові трубки, циркуляційні системи та теплові насоси.

Кожна інвестиція у рекуперацію тепла залежить від рентабельності, будівельних норм і обсягу реконструкції. На основі досліджень [5–8] було зроблено висновок, що поєднання модернізації, що складається з герметизації огорожувальних конструкцій будівлі та використання вентиляції з рекуперацією тепла, дає змогу зменшити загальну кількість енергії для опалення приміщень на 78% і скоротити викиди парникових газів на 83%.



Однак конструкція систем рекуперації тепла має ключове значення для того, щоб система теплообмінника працювала настільки ефективно, як очікується. Без належного проєктування таких систем теплові труби не здатні транспортувати достатньо тепла і можуть діяти як дуже поганий теплопровідник у системах.

Аналіз останніх досліджень. Припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла працює за принципом теплообміну: нагріте повітря в приміщенні проходить через теплообмінник, нагріваючи його елементи з високою теплопровідністю, такі як мідь, алюміній або оцинкована сталь. З іншого боку теплообмінника подається холодне повітря з вулиці, яке нагрівається нагрітими елементами теплообмінника.

Автоматичний контроль підтримує задані параметри температури. У разі великої різниці температур усередині та зовні будівлі система може бути додатково оснащена незалежними опалювальними установками, такими як теплові насоси, електрообігрівачі тощо [9].

Особливостями таких систем є:

- повітряний потік циркулює по замкнутому контуру, не змішуючись із зовнішнім повітрям, що забезпечує чисте повітря в приміщенні;
- передбачена додаткова фільтрація повітря для захисту обладнання від забруднень, включаючи пил, бруд, дрібних комах;
- відпрацьоване повітря також очищається від шкідливих домішок, біологічних компонентів і неприємних запахів;
- ізоляція припливної установки сприяє стабілізації температури повітря, що поступає, і знижує рівень шуму в приміщенні. Використання звукоізоляційних корпусів робить систему практично безшумною.

Однією з основних характеристик рекуператорів тепла є коефіцієнт тепловіддачі, який відображає здатність приладу передавати тепло між повітряними потоками. Чим вищий коефіцієнт теплопередачі, тим ефективніше працює рекуператор, зменшуючи витрати енергії на опалення та кондиціонування.

В останні роки технологія теплової труби все частіше використовується у сфері обслуговування будівель для підвищення економії енергії та теплових характеристик теплообмінників у комерційних системах [7; 8; 10].

Використання системи рекуперації відпрацьованого тепла з тепловою трубою є іншим методом економії енергії та зниження наслідків глобального потепління [4; 5].

Теплова трубка – дуже ефективний пасивний пристрій, який використовується для передачі тепла. Теплові трубки забезпечують передачу тепла по висоті на великому просторі з мінімальними перепадами температур, простою конструкцією та легким керуванням, а також відсутністю необхідності перекачування [6; 7].

Існує три поширені типи теплових труб: звичайна теплова труба, термосифонна та осцилююча теплова труба. Кожен тип містить три секції: випарник, адіабатичну та конденсаторну.

У теплових трубках використовується багатофазний процес передачі тепла від потоку повітря до іншого [7; 8]. Теплова трубка являє собою трубку, що містить гнільну структуру, частково заповнену рідиною в насиченому стані, яка вистелена на внутрішній поверхні та поділена на три секції, як показано на рис. 1.

Частина випарника, де додається тепло і рідка фаза переходить у парову фазу, область конденсатора на іншому кінці, де тепло розсіюється і відбувається процес конденсації, і адіабатична (ізольована) зона між ними, де тепло не надходить і не виходить в цій секції теплової труби, і дві фази робочої рідини (рідина і пар).

Термосифон – це проста двофазна закрита теплова труба, але ефективний пристрій для передачі тепла. Це без гнітлива теплова труба з невеликою кількістю резервуару рідини в нижній частині.

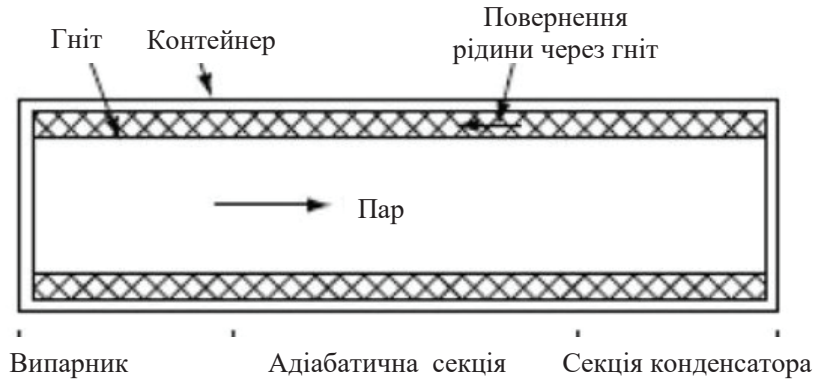


Рис. 1. Схема роботи звичайної теплової трубки

На рис. 2 показано роботу з термосифона. Тепло, що надходить через секцію випарника, перетворює рідину на пар. Пара піднімається і переміщається через адіабатичну область у секцію конденсатора. Пара конденсується і віддає своє приховане тепло у секції конденсатора. Потім рідина була змушена повернутися до секції випарника у вигляді рідкої плівки під дією сили тяжіння [10].

Термосифон є безгнітовою тепловою трубкою, тому гравітація є основною рушійною силою для повернення конденсату у випарну секцію, і капілярна межа, як правило, не має значення під час роботи термосифона.

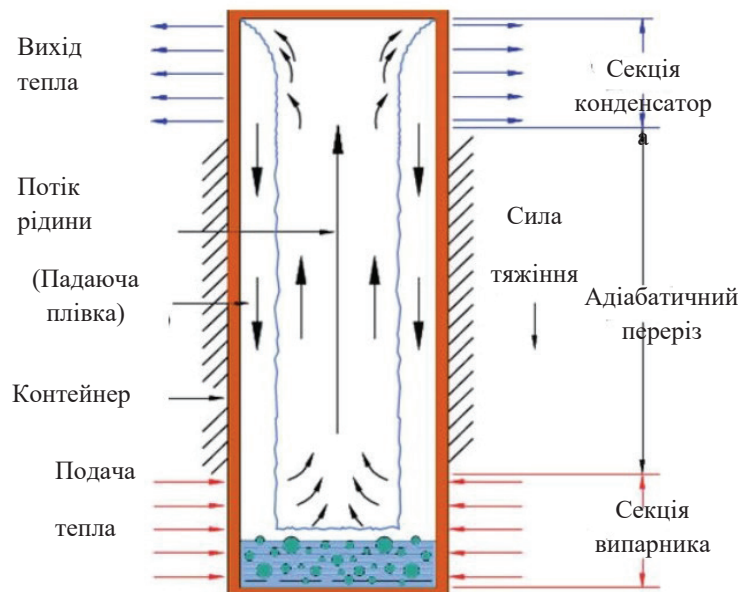


Рис. 2. Схема роботи термосифонної теплової труби

Теплова труба як надійне та недороге рішення була досліджена та експериментально використана багатьма авторами для відновлення втраченої енергії у багатьох інженерних додатках [6–8; 10; 11].

Формулювання цілей статті. Ураховуючи тенденції та перспективи використання технології теплових труб, існує потреба в удосконаленні інженерних систем під час проєктування систем опалення та вентиляції для житлових та комерційних будівель для підвищення рівня енергозбереження.

Основна частина. Технічно конструкція вентиляційно-нагрівального пристрою з тепловими трубами містить стіни 1, канал для витяжного повітря 2, вентилятор 3, канал для припливного повітря 4, між каналами 2 і 4 витяжного та припливного повітря встановлено теплові труби 5, конденсаційні зони 6 яких розміщено у каналі для припливного повітря 4, а випарні зони 7 – у каналі для витяжного повітря 2 з вентилятором 3 (рис. 3) [12].

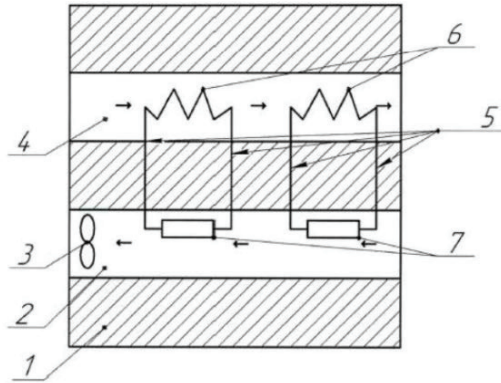


Рис. 3. Вентиляційно-нагрівальний пристрій

Пристрій працює так. Теплова енергія приміщення, яке вентилюється через канал для витяжного повітря 2 у стіні 1 завдяки вентилятору 3 потрапляє до випарних зон 7 теплових труб 5, де здійснюється процес випаровування робочої рідини. Пори робочої рідини теплових труб 5, підіймаючись до конденсаційної зони 6, конденсуються завдяки холодному повітрю оточуючого середовища, яке потрапляє у канал для припливного повітря 4. При цьому припливне повітря підігрівається практично до температури витяжного повітря. Далі під дією гравітаційних сил конденсат надходить у випарну зону 7 у рідкому вигляді, де він знову закипає, відбирає теплоту з приміщення, яке охолоджується. Далі цикл повторюється.

Вентиляційно-нагрівальний пристрій містить стіни, канал для витяжного повітря, вентилятор, канал для припливного повітря, який відрізняється тим, що між каналами витяжного і припливного повітря встановлені теплові труби, конденсаційні зони яких розміщено у каналі для припливного повітря, а випарні зони – у каналі для витяжного повітря з вентилятором.

У технічних характеристиках рекуперативних вентиляційних установок, як правило, вказуються два значення коефіцієнта рекуперації – коефіцієнт ефективності теплообміну, розрахований з урахуванням температури повітря, і коефіцієнт ефективності регенерації тепла, розрахований з урахуванням ентальпії (кількість енергії, яку можна перетворити на теплоту).

Визначення коефіцієнта рекуперації наведено в багатьох довідкових посібниках [11]. Оцінити ефективність рекупераційної установки, основним завданням якої є передача теплової енергії від витяжного повітря до припливного, можна з використанням двох простих і важливих показників: температури зовнішнього повітря, що надходить перед рекуператором, і температури повітря, що видаляється з приміщення після рекуператора:

$$k = T_1 - T_2, \quad (1)$$

де T_1 – температура повітря, що видаляється після рекуператора, °K; T_2 – температура зовнішнього повітря (припливного повітря), °K.

Коефіцієнт рекуперації теоретично може змінюватися від 0 до 100%, але в практиці – часто від 25% до 95%. Можна припустити, що високий коефіцієнт рекуперації, як і здатність передачі великої потужності, передбачає високі споживчі якості устаткування. Однак

насправді такого прямого зв'язку не спостерігається, усе залежить від умов використання теплообміну.

Якщо теплоносії, від якого відбирається тепло або холод, використовується одноразово, тобто не за циклюється, а відразу після використання безповоротно скидається в зовнішнє середовище, для ефективного використання цього тепла бажано використовувати пристрій із високим коефіцієнтом рекуперації. Для повітряно-повітряних теплообмінників це використання тепла витяжного повітря, яке відразу після теплообміну йде в зовнішнє середовище.

Висновки. Аналіз літературних досліджень показав, що одним із методів удосконалення інженерних систем вентиляції під час проєктування систем опалення та вентиляції для житлових та комерційних будівель є використання технології теплових труб. Застосування вентиляційно-нагрівального пристрою запропонованої конструкції дає змогу підвищити ефективність теплопередачі та рекуперації теплової енергії завдяки встановленню теплових труб між каналами витяжного і припливного повітря так, що конденсаційні зони їх розміщено у каналі для припливного повітря, а випарні зони – у каналі для витяжного повітря з вентилятором.

Список використаних джерел

1. Постол Ю.О., Стручаєв М.І., Гулевський В.Б. Сучасні способи модернізації існуючих систем теплопостачання. *Меліорація та водовикористання. З нагоди 90-річчя навчального закладу «Від технікуму до фахового коледжу» (присвячено 90-річчю ВСП «Мелітопольський фаховий коледж ТДАТУ»)* : матеріали XIV науково-практичної Інтернет-конференції, м. Мелітополь, 22–29 жовтня 2021 р. Мелітополь, 2021. С. 14–20.
2. K.S. Ong, 'Review of Heat Pipe Heat Exchangers for Enhanced Dehumidification and Cooling in Air Conditioning Systems', *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 11, pp. 416–423, 2016.
3. Yau Y.H., 2007, Application of a heat pipe heat exchanger to dehumidification enhancement in a HVAC system for tropical climates a baseline performance characteristics study, *International Journal of Thermal Sciences*, Vol. 46 (2007), pp. 164–1714.
4. Постол Ю., Гулевський В. Застосування теплонасосних установок для утилізації теплоти вторинних енергетичних ресурсів. *Вплив виробництва, передачі, розподілу та використання електроенергії на навколишнє середовище*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., м. Івано-Франківськ, 24–25 листопада 2022 р. / за заг. ред. проф. Я.О. Адаменка. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2022. С. 132–136.
5. Barrak, A. (2021). Heat Pipes Heat Exchanger for HVAC Applications. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.95530
6. Zender-Świercz, E. (2021). A Review of Heat Recovery in Ventilation. *Energies*, 14(6), 1759. <https://doi.org/10.3390/en14061759>
7. Lin, S., Broadbent, J., McGlen, R. Numerical study of heat pipe application in heat recovery systems. *Appl. Therm. Eng.* 2005, 25, 127–133. [Google Scholar] [CrossRef]
8. W. Srimuang, and P. Amatachaya, 'A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery', *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, pp. 4303–4315, 2012.
9. Гулевський В.Б., Кузнецов И.А. Современные тенденции в автоматизации технологических процессов. *Науковий вісник ТДАТУ*. Вип. 9.Т. 1. doi: 10.31388/2220-8674-2019-1-49
10. Reay, D., McGlen, R., Kew, P. *Heat Pipes: Theory, Design and Applications*; Elsevier: Oxford, UK, 2014. [Google Scholar]
11. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів : навчальний посібник / уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська. Київ : НТУУ «КПІ», 2011. 68 с.
12. Вентиляційно-нагрівальний пристрій : пат. 146457 Україна : (19)UA (11)146457 (13)U (51) МПК F24F 7/06 (2006.01) (21) № у 2020 05317 ; заявл. 17.08.2020 ; опубл. 24.02.2021 Бюл. № 8. 4 с.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2025



V. Hulevskyi, Y. Postol

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

IMPROVEMENT OF HEATING AND VENTILATION SYSTEMS

Summary

The work is devoted to the issues of improving engineering ventilation systems when designing heating and ventilation systems for residential and commercial buildings.

When designing heating and ventilation systems for residential and commercial buildings, it is important to ensure their high energy efficiency and cost-effectiveness. Up to 60% of energy resources are spent to maintain comfortable microclimate conditions in premises. The main consumers of thermal energy in such buildings include ventilation and air conditioning systems.

An important area of use of low-potential thermal energy is the utilization of exhaust air heat for heating external supply air.

Waste heat is a sustainable energy resulting from the inefficient use of fuel in various processes, accounting for 20% to 50% of total energy consumption. This is where heat recovery in ventilation systems comes in handy, i.e. returning heat back into the building, along with clean fresh air.

This approach to the design of engineering systems for ensuring the microclimate of the application allows you to reduce the costs of heating the supply air and increase the thermal efficiency of the system. All of the above increases the relevance of improving engineering ventilation systems, which reduces both the costs of electricity consumption and the impact of harmful emissions into the atmosphere on the environment.

Keywords: recovery, thermal energy, design, ventilation.