

## АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНО-РЕКУПЕРАТОРНОЇ СХЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ШКІЛЬНІЙ БУДІВЛІ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

### *Анотація*

*Проведено розрахунок теплопостачання реального соціального об'єкту із застосуванням теплонасосно-рекуператорної схеми опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційного і атмосферного повітря в залежності від параметрів навколишнього середовища. Розраховано необхідну кількість повітряних теплових насосів та визначено режими їх роботи. Були проведені розрахунки затрат зовнішньої енергії, необхідної кількості теплових насосів як для базової схеми, тобто без утилізації теплоти вентиляційних викидів, так і для схеми з рекуперацією теплоти вентиляції.*

**Ключові слова:** теплонасосно-рекуператорна схема теплопостачання, повітряний тепловий насос, сумарні питомі затрати зовнішньої енергії.

### *Abstract*

*The calculation of the heat supply of a real social object with the use of heat pump-recuperative scheme of heating and ventilation using the heat of ventilation and atmospheric air, depending on environmental parameters. The required number of air heat pumps has been calculated and their operating modes have been determined. External energy costs, the required amount of heat pumps was calculated both for the basic scheme, without the utilization of ventilation heat, and for the ventilation heat recovery scheme.*

**Keywords:** heat pump and heat recovery scheme, air heat pump, total specific external energy costs.

### **Вступ**

На сьогодні безперервний технологічний прогрес у світі обумовлює закономірне збільшення потреби в енергії, лєвова частка якої отримується шляхом спалювання первинних енергоресурсів. Пропорційно даній закономірності все більш нагальним стає перед людством питання економії корисних копалин, що, як відомо, мають обмежені запаси. Більше третини первинних енергоресурсів у світі витрачається в житлово-комунальному секторі. Проте ефективність використання енергії в ньому загалом є низькою з ексергетичної точки зору, тому її підвищення посідає важливе місце в вирішенні загальної проблеми енергозбереження.

Метою роботи є аналіз енергетичного ефекту від впровадження теплонасосної схеми теплопостачання в громадській будівлі як заходу з енергозбереження.

### **Результати дослідження**

У кліматичних умовах України на забезпечення опалення виробничих, адміністративних і житлових будівель використовуються близько 40 % паливно-енергетичних ресурсів, що споживається в країні [1]. Це свідчить про низьку ефективність та застарілість наявного теплогенеруючого обладнання в житлово-комунальному господарстві України. У часи розвитку альтернативної енергетики очевидним шляхом зменшення енергоємності традиційних теплогенераторів, що застосовуються для цілей теплопостачання, є залучення саме альтернативних низькопотенційних джерел енергії. Серед них теплові насоси (ТН) вже давно набули розповсюдження в світовій практиці, а ТН з використанням теплоти атмосферного повітря є особливо поширеними через низькі капіталовкладення в порівнянні з іншими джерелами енергії, необмеженість та доступність джерела теплоти.

Проте їх значним недоліком є втрата потужності та ефективності зі зниженням температури повітря, що в умовах України ускладнює ефективне використання відповідної теплонасосної системи

для цілей опалення та вентиляції протягом усього холодного періоду року [2]. Тому для забезпечення роботи ТН протягом усього опалювального періоду виникає потреба у розробці та дослідженні комбінованих теплонасосних систем з використанням додаткових джерел теплоти для підвищення ефективності їх роботи. Як показано в [3], ефективність роботи таких систем зростає при їх застосуванні в громадських будівлях (школи, дитсадки, лікарні, торгово-розважальні центри і т. п.) з постійним перебуванням людей, де вимагається досить велика кратність повітрообміну. Витрати теплоти на вентиляцію в приміщеннях таких будівель можуть багаторазово перевищувати витрати теплоти на опалення і тому має місце додаткове джерело теплоти у вигляді вентиляційних викидів, що може бути використано в комбінації з атмосферним повітрям.

У зв'язку з цим приклад теплопостачання реального соціального об'єкта наводиться із застосуванням теплонасосно-рекуператорної схеми опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційного і атмосферного повітря. Принципову схему зображено на рис. 1.

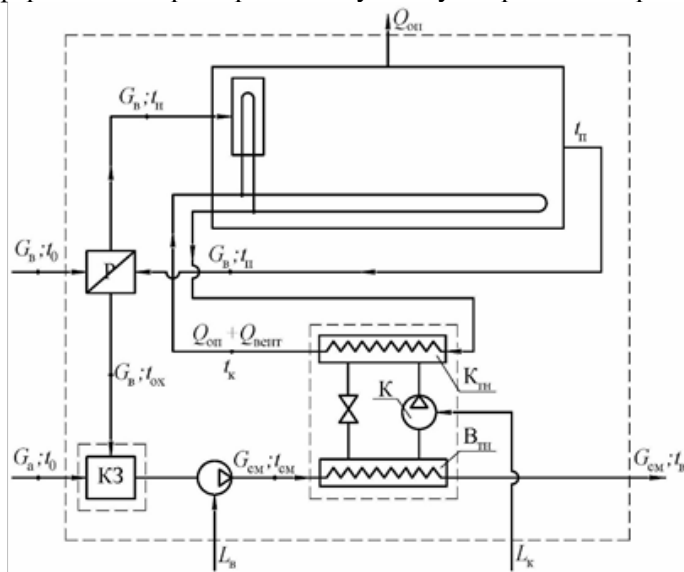


Рис. 1. Принципова теплонасосно-рекуператорна схема опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційного і атмосферного повітря: К<sub>тн</sub> – конденсатор ТН; В<sub>тн</sub> – випарник ТН; К – компресор; В – вентилятор; КЗ – камера змішування; Р – рекуператор.

У [4] наведено методику аналізу ефективності вищезазначеної системи, розроблено її теоретичну модель та виконано числовий аналіз її термодинамічної ефективності. На основі проведених досліджень, виконано аналіз енергетичного ефекту від застосування даної системи теплопостачання у спеціалізованій загальноосвітній школі №12 за адресою: м. Житомир, Старий Бульвар, 4. Школа являє собою чотириповерхову конструкцію загальною площею 3617 м<sup>2</sup>, розмірами стін 55,86×23,98 м та висотою стелі поверхів 3,8 м. У якості джерела теплоти обрано напівпромислову модель ТН SANV-P500YA-NPB типу «повітря-вода» виробництва компанії «Mitsubishi Electric» (Японія) [5]. Обраний ТН виконаний у вигляді моноагрегату зовнішньої установки.

Використовуючи результати розрахунків, побудовано графіки зміни затрат зовнішньої енергії на систему теплопостачання школи в залежності від температури зовнішнього повітря з зображенням на них включення у роботу нових теплових насосів у відповідності зі зниженням температури навколишнього середовища та в залежності від схеми теплопостачання: базової та з рекуперацією теплоти вентиляції (рис. 2). Точками на цих графіках показано кількість увімкнених у роботу ТН.

Як видно з рис. 2, при впровадженні теплонасосно-рекуператорної схеми теплопостачання в даному об'єкті можливе використання одного ТН до температури навколишнього середовища  $t_0 = 0$  °С. У той час базова схема дає можливість використовувати один апарат тільки до температури  $t_0 = 10$  °С. Також під час виконання роботи було зібрано інформацію стосовно кліматичного стану у м. Житомирі за опалювальний період. Було виявлено, що за час опалювального сезону температура зовнішнього повітря вище 0 °С мала місце протягом 98 повних днів. Тобто близько 53 % усього часу теплопостачання школи можливо здійснювати за допомогою лише одного ТН із застосуванням теплонасосно-рекуператорної схеми теплопостачання.

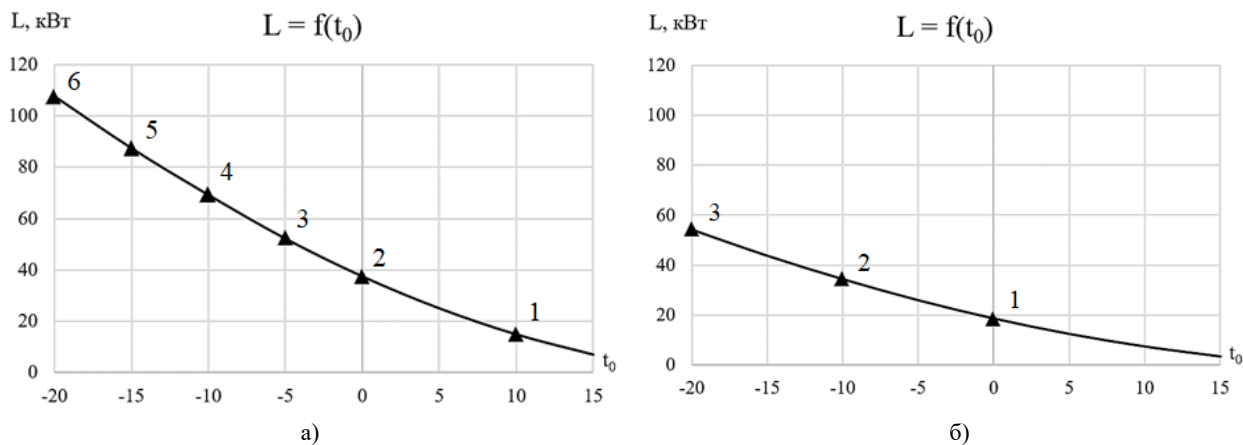


Рис. 2. Графік зміни затрат зовнішньої енергії та кількість увімкнених у роботу ТН в залежності від температури навколишнього повітря та схеми теплопостачання: а) базова схема; б) схема з рекуперацією теплоти вентиляції.

## Висновки

Встановлено, що використання підігрітого за рахунок утилізації теплоти вентиляційних викидів атмосферного повітря дозволяє забезпечити більш сприятливі температурні умови роботи ТН в холодний період року, підвищуючи температуру повітря на вході та виході з випарника. Застосування теплонасосної установки в даному об'єкті дозволить більш гнучко регулювати власні потреби на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання у порівнянні з централізованим теплопостачанням, наприклад, уночі система опалення може працювати не в повну потужність, що призведе до ще більшої економії комунальних витрат протягом опалювального періоду.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. П. П. Куделя, *Низькоексергетичні опалювальні системи*. Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2015, 153 с.
2. В. Ф. Гершкович, *Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами*. Киев, Украина: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009, 60 с.
3. Yu-Yuan Hsieh, Yi-Hung Chuang, Tung-Fu Hou, Bin-Juine Huang, “A study of heat-pump fresh air exchanger”, *Applied Thermal Engineering*, vol. 132, no. 5., pp. 708–718, 2018.
4. М. К. Безродний, Т. О. Місюра, «Ефективність теплонасосно-рекуператорної схеми опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційного і атмосферного повітря», *Наукові вісті НТУУ КПІ*, №6, с. 22-29, 2018.
5. Офіційний веб-сайт підприємства: <http://www.mitsubishielectric.com.ua/>.

**Безродний Михайло Костянтинович** — д-р. техн. наук, проф., професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, [m.bezrodny@kpi.ua](mailto:m.bezrodny@kpi.ua).

**Місюра Тимофій Олексійович** — аспірант, теплоенергетичний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, [Sconosciuto.T@gmail.com](mailto:Sconosciuto.T@gmail.com).

Науковий керівник: **Безродний Михайло Костянтинович** — д-р. техн. наук, проф., професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

**Bezrodny Mykhailo K.** — doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: [m.bezrodny@kpi.ua](mailto:m.bezrodny@kpi.ua)

**Misiura Tymofii O.** — postgraduate, Faculty of Heat and Power Engineering, Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: [Sconosciuto.T@gmail.com](mailto:Sconosciuto.T@gmail.com).

Supervisor: ***Bezrodny Mykhailo K.*** — doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv