

УДК 621.58:697.1

EFFICIENCY OF HEAT PUMP APPLICATIONS FOR ENHANCING THE ENERGY PERFORMANCE OF RESIDENTIAL HEATING SYSTEMS

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Hlushchenko O.L. / Глущенко О.Л.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9230-9958

*Dniprovsky State Technical University,**Kamianske, Dneprostroievskaiia 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет,**Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918***Mazhulis F.E./ Мажуліс Ф.Є.***master's degree /магістр**Dniprovsky State Technical University,**Kamianske, Dneprostroievskaiia 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет,**Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918*

Анотація. У статті розглянуто питання підвищення енергоефективності систем теплопостачання житлових будинків шляхом застосування теплонасосних установок. Проведено аналіз переваг використання теплових насосів як альтернативних джерел теплозабезпечення, визначено їхній енергетичний та екологічний потенціал. Виконано термодинамічні розрахунки для теплового насоса IDM SW MAX 50 H, зокрема визначено коефіцієнт трансформації, ексергетичний ККД та основні теплотехнічних параметрів. Результати підтверджують доцільність впровадження теплонасосних систем у житловому секторі як енергоощадної та екологічно безпечної альтернативи традиційним котельним установкам.

Ключові слова: тепловий насос, енергоефективність, теплозабезпечення, низькопотенційне тепло, ексергетичний ККД, коефіцієнт трансформації, теплотехнічний розрахунок.

Abstract. The article investigates the enhancement of energy performance in residential heating systems through the application of heat pump technologies. The advantages of heat pumps as alternative sources of thermal energy are analyzed, emphasizing their environmental and economic benefits. Thermodynamic calculations for the IDM SW MAX 50 H heat pump were carried out, including the determination of the coefficient of performance, exergetic efficiency, and key thermal parameters. The findings confirm the feasibility and efficiency of integrating heat pump systems into residential heating structures as an energy-saving and environmentally safe alternative to traditional boiler-based systems.

Keywords: heat pump, energy efficiency, residential heating systems, low-grade heat, exergetic efficiency, coefficient of performance, thermal calculation.

Вступ.

Споживання енергії неухильно зростає і насамперед для теплозабезпечення будівель та споруд. Основними серед теплових витрат на комунально-побутові

потреби в будинках (опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, гарячого водопостачання) є витрати, пов'язані із опаленням та гарячим водопостачанням. Це пояснюється умовою експлуатації будівель у холодну пору року, коли тепловтрати через огорожувальні конструкції будівель значно перевищують внутрішні тепловиділення, тому використовують опалювальні прилади для підтримки необхідної температури.

Наразі питанням використання відновлюваних джерел енергії приділяється велика увага. Ці джерела енергії розглядаються як істотне доповнення до традиційних. На тлі зростання собівартості органічного палива, загострення екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища установками, що використовують паливо, можливості використання екологічно чистої, доступної відновлюваної енергії сонячного випромінювання, теплонасосних установок привертають все більшу увагу. Відповідно до прогнозів уже протягом найближчих 15-20 років відновлювані джерела енергії повинні зайняти помітне місце у світовому енергетичному балансі, забезпечуючи заміщення запасів органічного палива, що використовуються, та екологічне оздоровлення навколишнього середовища.

Постановка задачі. Теплонасосні системи теплопостачання перспективні як екологічно чисті та енергоефективні теплоджерела для децентралізованих споживачів теплової енергії. Вони використовують в якості джерела теплової енергії – низькопотенційну енергію: теплоту ґрунту, ґрунтових вод, зворотну воду систем централізованого теплопостачання. Є багато можливостей для їх ефективного застосування, в основному для часткової заміни котелень на органічному паливі, а також з використанням скидного тепла, геотермального або сонячного тепла.

Застосування теплового насоса доцільно:

- як система автономного обігріву та гарячого водопостачання житлових та виробничих приміщень, для теплопостачання та гарячого водопостачання індивідуального житла;
- для гарячого водопостачання (або як побічний ефект опалювальної

функції, або як основна функція);

- для охолодження приміщень будь-якого роду: для охолодження та кондиціонування заміських будинків, для охолодження комор, сховищ, льохів, охолодження виробничих приміщень та технологічного обладнання підприємств;

- для вентиляції котеджу, сільського будинку, заміського будинку, вентиляції промислових приміщень. Йдеться про так звану контрольовану вентиляцію: тепловий насос регенерує тепло повітря, що виводиться з будівлі та нагріває свіже повітря;

- для видалення зайвої вологості. Ця функція може бути корисною в області зберігання продуктів харчування, для зберігання зерна, фруктів, овочів, для зберігання деревини – скрізь, де необхідне збереження певного рівня вологості.

Результати роботи. Переваги використання опалювальних систем на базі теплових насосів полягають у наступному:

- ❖ висока ефективність перетворення електроенергії у порівнянні з електронагрівальними приладами;

- ❖ екологічно чиста технологія;

- ❖ відсутність викидів в атмосферу шкідливих речовин та вуглекислоти;

- ❖ використовується озонобезпечний вид фреону;

- ❖ надійна автоматична робота установки, яка не потребує постійної присутності людини;

- ❖ мінімальні експлуатаційні витрати у порівнянні з іншими опалювальними системами;

- ❖ тривалий термін служби без капітального ремонту;

- ❖ малі габарити та вага;

- ❖ в якості джерела низькопотенційної теплоти можуть використовуватися ґрунт, вода, навколишнє повітря.

Основною перевагою теплового насоса є його висока ефективність у порівнянні з усіма видами котелень. Враховуючи ККД вироблення

електроенергії на ТЕЦ, очевидно, що застосування теплового насоса в 1,2 - 2,5 рази вигідніше за найефективніші (газові) котельні. Тепловий насос є виключно енергоефективною установкою: впровадження теплових насосів дозволить заощаджувати до 268 кг вугілля, 84 кг мазуту, 58 м³ газу на кожну вироблену Гкал тепла.

Отже, переведення будівель комунального сектора на часткове або повне теплозабезпечення (опалення, вентиляція та гаряче водопостачання) за допомогою відновлювальних джерел енергії є питанням актуальним та економічно доцільним, яке і розглядається в даній роботі.

Вибираємо для встановлення тепловий насос IDM SW MAX 50 Н. Його технічні характеристики та загальний вигляд представлені в [1].

Вихідні дані для теплового розрахунку теплового насосу представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для теплового розрахунку теплового насосу

Назва показника	Одиниці виміру	Значення величини
1	2	3
1. Теплопродуктивність теплового насосу, Q_B	кВт	150
2. Температура конденсату на вході до випарника, t_{H1}	°C	70
3. Температура конденсату на виході з випарника, t_{H2}	°C	36
4. Температура теплоприймача на вході в конденсатор, t_{B1}	°C	49
5. Температура теплоприймача на виході з конденсатора, t_{B2}	°C	90
6. Різниця температур між середовищами, що гріє та нагрівається у випарнику, Δt_g	°C	2
7. Різниця температур між середовищами, що гріє та нагрівається в конденсаторі, Δt_k	°C	5
8. Різниця температур між середовищами, що гріє та нагрівається в охолоджувачі, $\Delta t_{охол.}$	°C	10

Принципова схема теплового насоса з проміжним теплообмінником та охолоджувачем представлена на рисунку 1.

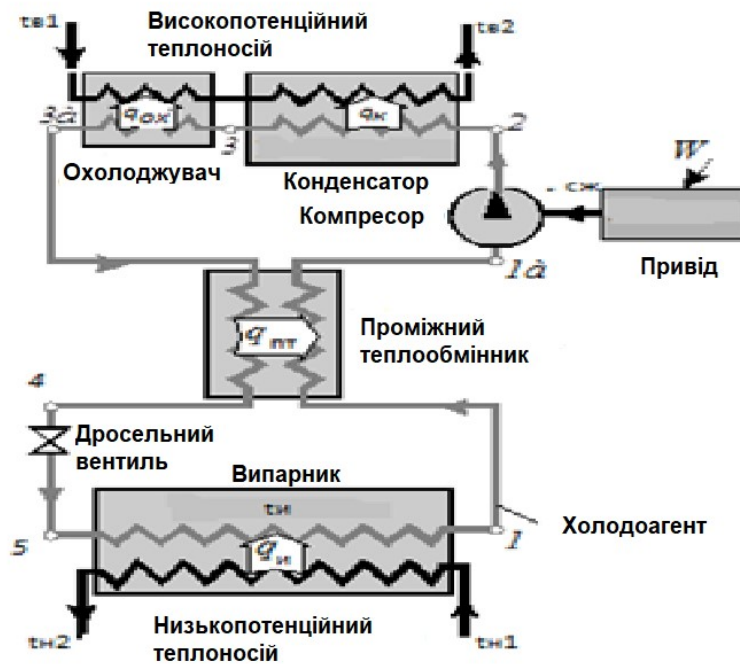


Рисунок 1 – Принципова схема теплового насоса з проміжним теплообмінником та охолоджувачем

$t_{в1}$, $t_{в2}$, $t_{н1}$, $t_{н2}$ - температури високотенційного та низькотенційного теплоносія на вході та виході.

Термодинамічний розрахунок теплового насоса представлений в таблиці 2.

Для повноцінного теплозабезпечення та функціонування системи в роботі проведений комплексний аналіз, розрахунок та підбір відповідного встаткування: випарника, конденсатора, охолоджувача, проміжного теплообмінного апарату, компресора.

Висновки.

1. Проведене дослідження підтвердило високу енергоефективність теплових насосів як альтернативного джерела теплозабезпечення житлових будинків. Застосування теплового насоса IDM SW MAX 50 Н забезпечує коефіцієнт трансформації дорівнює 4,9, що значно перевищує ефективність традиційних

Таблиця 2 – Термодинамічний розрахунок теплового насосу

Розрахункова величина	Одиниці виміру	Розрахункова формула	Значення величини
1. Температура випаровування	°С	$t_o = t_{H2} - \Delta t_e$	340
2. Температура конденсації	°С	$t_K = t_{B1} + \Delta t_K$	950
3. ККД компресора		$\eta_i = \frac{T_o}{T_K}$	0,83
4. Питома холодопродуктивність	кДж/кг	$q_o = h_1 - h_5$	136
5. Тепло, яке відводиться від конденсатора	кДж/кг	$q_K = h_2 - h_3$	102
6. Тепло, яке відводиться від охолоджувача	кДж/кг	$q_{OxI} = h_3 - h_4$	65
7. Масова витрата робочого агенту	кг/с	$G = \frac{Q_B}{q_K + q_{OxI}}$	57,6
8. Об'ємна продуктивність компресора	м ³ /с	$V_K = v_1 \cdot G$	1,44
9. Розрахункове теплове навантаження випарника	кВт	$Q_o = q_o \cdot G$	122
9. Розрахункове теплове навантаження охолодника	кВт	$Q_{OxI} = q_{OxI} \cdot G$	59
11. Питома робота компресора	кДж/кг	$l = \frac{l_K}{\eta_{EM}}$	34
12. Питома витрата електричної енергії на одиницю тепла, що виробляється	кг/кДж	$\mathcal{E}_{TH} = \frac{l}{q_K + q_{OxI}}$	0,204
13. Електрична потужність компресора	кВт	$N_K = \mathcal{E}_{TH} \cdot Q_B$	50
14. Коефіцієнт трансформації	-	$\mu = \frac{1}{\mathcal{E}_{TH}}$	4,9
15. Середня температура низькотемпературного тепловіддавача	К	$T_H^{CP} = \frac{T_{H1} + T_{H2}}{2}$	326
16. Середня температура отриманого тепла	К	$T_B^{CP} = \frac{T_{B1} + T_{B2}}{2}$	348
17. Коефіцієнт працездатності тепла	-	$\tau_{qK} = \mathcal{E}_B = 1 - \frac{T_{OC}}{T_B^{CP}}$	0,158
18. Ексергетичний ККД установки	-	$\eta_{e,H} = \mathcal{E}_B \cdot \mu$	0,775

систем теплопостачання. Використання такого обладнання дозволяє зменшити витрати первинної енергії та щорічно економити до 268 кг вугілля, 84 кг мазуту або 58 м³ природного газу на кожну вироблену Гкал тепла.

2. Термодинамічний аналіз підтвердив доцільність повної або часткової

заміни котелень на органічному паливі теплонасосними установками. Розрахункові параметри (теплопродуктивність 150 кВт, електрична потужність компресора 50 кВт, ексергетичний ККД 0,775) доводять стабільність та надійність роботи системи за рахунок використання низькопотенційних джерел тепла. Інтеграція теплового насоса у систему теплопостачання дозволяє підвищити енергоощадність житлових будинків та зменшити негативний екологічний вплив.

3. Комплексний підбір обладнання (випарника, конденсатора, охолоджувача, проміжного теплообмінника та компресора) забезпечив формування оптимальної теплової схеми, здатної ефективно працювати в умовах реального експлуатаційного навантаження. Це свідчить про технічну доцільність впровадження теплонасосних систем у житловому секторі та підтверджує їхній потенціал як ключового елементу модернізації сучасних систем теплопостачання.

4. Отримані результати демонструють економічну та екологічну вигоду від впровадження теплонасосних технологій. Відсутність викидів шкідливих речовин, зменшення споживання викопного палива, мінімальні експлуатаційні витрати та висока автоматизація роботи підкреслюють перспективність застосування таких систем у рамках розвитку відновлюваної енергетики та енергоощадних технологій.

Література:

1. IDM Energiesysteme GmbH. Terra SW MAX 50 H [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://idm.ua/product-idm-terra-sw-max-50-h/> (дата звернення: 10.11.2025р.)

Стаття відправлена: 22.11.2025р.

© Глущенко О.Л.