

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПАРОКОМПРЕСІЙНОГО ТЕПЛОГО НАСОСУ НА ПРИРОДНИХ РОБОЧИХ ТІЛАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Плигун Е. В., магістрант, e-mail: [duba225@gmail.com](mailto:duba225@gmail.com)  
 Хмельнюк М. Г., д.т.н., проф., e-mail: [hmel\\_m@ukr.net](mailto:hmel_m@ukr.net)  
 Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Теплові насоси є високоефективною технологією використання поновлюваних джерел енергії, яка може використовувати широкий перелік джерел низькопотенційного тепла, таких як повітря, ґрунт, ґрунтові або поверхневі води, в якості джерела тепла при роботі в режимі нагріву. Аналіз ефективності теплового насоса з різними холодоагентами може виявити потенціал для застосування робочих тіл з низьким GWP і визначити можливості для підвищення термодинамічної ефективності.

**Основні матеріали досліджень.** При дослідженні парокомпресійного теплового насоса було проведено аналіз температури нагнітання при роботі на різних холодоагентах (R134a, R404a, R410A, R290, R1270, R600a).

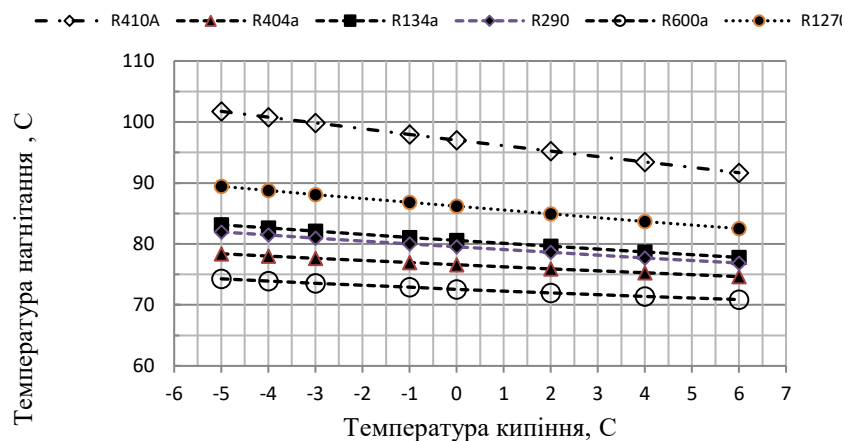


Рисунок 1 – Залежність температури нагнітання компресора від температури кипіння холодоагенту  $t_2=f(t_0)$

Температура на виході з компресора має суттєвий вплив на продуктивність теплового насоса для нагріву проміжного холодоносія (повітря, води або охолоджуючої рідини). Температура пари холодоагенту на виході з компресора визначає максимально можливу межу температури нагріву проміжного середовища при конденсації холодоагенту або відведення теплоти перегріву (пароохолоджувача). Можна відвести приблизно 10-15% тепла конденсації в пароохолоджувачі (форконденсаторі) теплового насоса. Тепловий потік в форконденсаторі дозволяє нагрівати проміжний теплоносіть або воду до 60-70 °C. Максимальна температура на виході з компресора дорівнює 102 °C, який відповідає R410A, найнижча температура нагнітання відповідає R600a 74,5 °C. З точки зору температури нагнітання і оптимальної продуктивності компресора використання R600a більш переважно, ніж R410A. Проте, більш висока температура холодоагенту на виході з компресора дозволяє нагрівати проміжний теплоносіть в теплообмінниках теплового насоса до більш високої температури. Температури нагнітання компресора з R290 і R134 практично рівні при однакових умовах експлуатації ( $T_k$  і  $T_0$ ).

Використання відновлюваних джерел енергії дозволяє розширити можливі режими роботи системи теплового насоса, комбіноване виробництво гарячої води при роботі в режимі кондиціювання, або опалення у випадку ґрунтового насоса та підвищити COP за рахунок зниження енергоспоживання для повітряного теплового насоса.



Рисунок 2 – Загальний вигляд системи повітряного теплового насосу в комбінації з сонячними колекторами.

На рис. 2 показано схематичне зображення повітряного теплового насосу продуктивністю 6 кВт з системою сонячних панелей, налаштованих на спільну роботу для підвищення енергоефективності. Фотоелектричні панелі підключені послідовно, загальна площа 10.5 м<sup>2</sup>.

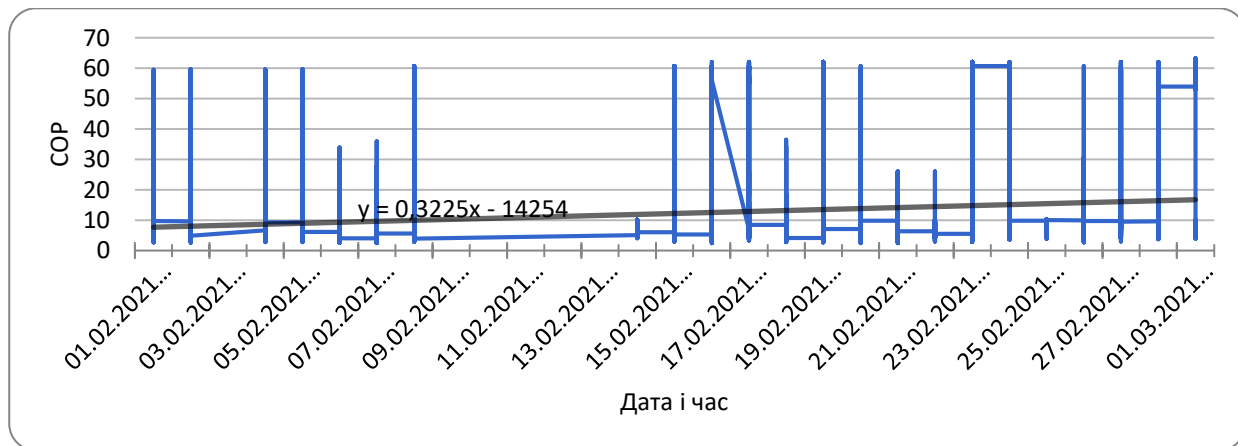


Рисунок 3 – Споживання енергії, Вт тепловим насосом: Лютий 2021.

Характер зміни COP системи опалення на базі теплового насосу можна бачити на рис. 8.4. З графіка видно що для комбінованої системи COP має значення від 4,6 до 18,2 в залежності від температури навколишнього середовища. Лінія тренду вказує на збільшення COP з поступовим збільшенням температури навколишнього середовища.

**Висновки.** Проведене дослідження характеристик теплових насосів дозволило проаналізувати ефективність геотермального теплового насоса на екологічно безпечних холодоагентах. Характеристики теплового насоса на природних холодоагентах вказують на високу продуктивність з низьким впливом на навколишнє середовище (ODP = 0, GWP <2). Аналіз температури на виході показує переваги R410 і R1270 для високотемпературних застосувань (виробництво гарячої води). Аналіз вибору холодоагентів був заснований на їх доступності на ринку і перспектив довгострокового використання, тому природні холодоагенти R290, R600a, R1270 мають перевагу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Rotchana N. Prapainop, K. Suen O. Effects of refrigerant properties on refrigerant performance comparison: A review / *Int. J. of Engineering Research and Applications (IJERA)*// Vol. 2, Issue 4, July-August 2012, pp.486-493
2. O. Ostapenko, P. Stoyanov, O. Yakovleva, M. Khmelniuk. Heat pump technology – potential impact on energy efficiency problem and climate action goals within ukrainian energy sector. *Refrigeration engineering and technology*. 2015 (51), Vol. 6, 38-44.