

УДК 621.57

Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса залежно від коливань температури зовнішнього повітря

О. В. Шаповал¹, Н. В. Чепурна², М. А. Кириченко³

¹асп. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, shapoval.o.v@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-4349-4971

²к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, chepurnayanv@ukr.net,
ORCID: 0000-0001-8044-7563

³к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, kirichenko-m@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3651-3153

Анотація. На даний час все більш широко використовуються теплові насоси типу «повітря-вода», які завдяки високому коефіцієнту перетворення теплоти зменшують енергоспоживання та негативний вплив на навколишнє середовище. Робота присвячена вирішенню актуальної задачі визначення ефективності роботи повітряних теплових насосів при низькій температурі зовнішнього повітря взимку. Однією з головних проблем повітряного теплового насоса є зменшення продуктивності при зниженні температури зовнішнього повітря в зимовий період. У даній роботі було проаналізовано ефективність роботи теплового насоса "повітря-вода" LG Thermo V для забезпечення квартири опаленням та гарячим водопостачанням. На базі отриманих результатів побудовано графіки ефективності роботи теплового насоса залежно від температури навколишнього середовища та теплоносія. Найбільш ефективними є низькотемпературні системи опалення в яких температура води не перевищує 45 °С. При температурі зовнішнього повітря не нижче мінус 7 °С тепловий насос залишається ефективним при більшій температурі теплоносія на виході – до 55 °С.

Ключові слова: тепловий насос, енергозбереження, низькотемпературна система опалення, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання, енергоефективність.

Вступ. Вирішення питань підвищення енергоефективності є важливими на даний момент. Використання теплових насосів є одним з перспективних напрямків серед джерел нетрадиційної енергетики завдяки можливості використовувати поновлювану енергію з навколишнього середовища. Використання теплових насосів дозволяє обмежити споживання вичерпних видів палива, зменшити негативний вплив на довкілля та покращити якість теплопостачання [1, 2].

При застосуванні теплового насоса, який використовує низькопотенційну енергію повітря, можна в комплексі забезпечити будинок опаленням, кондиціонуванням повітря та гарячим водопостачанням [3]. За рахунок високого коефіцієнта перетворення теплоти (COP – Coefficient of Performance) досягається максимальна економічність порівняно з традиційними системами опалення.

Перевагами використання теплового насоса є безпечність, екологічність, економічність і зменшує залежність від зростання цін на природні енергоносії [4, 5, 6].

Актуальність дослідження. Ефективність роботи теплових насосів "повітря-вода" суттєво залежить від температури зовнішнього повітря та температури води на виході. Актуальним є питання підвищення ефективності роботи повітряного теплового насоса при від'ємній температурі, °С, взимку. Це дозволить відмови-

тися від резервного джерела теплоти та використовувати повітряний тепловий насос як єдине джерело теплопостачання.

Останні дослідження та публікації. Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів є важливою світовою проблемою на даний момент. Одним із основних шляхів для її вирішення є застосування нових енергозберігаючих технологій, які використовують відновлювані джерела енергії.

Згідно з даними міжнародного енергетичного агентства (IEA) близько 20 млн. теплових насосів було продано за 2019 рік [7]. З кожним роком використання теплових насосів у світі збільшується.

Аналіз сучасного використання різних джерел енергії у 2019 році та перспектив розвитку до 2025 року (рис. 1) показує, що до 2025 року передбачається значне зменшення використання традиційних джерел енергії та збільшення використання теплових насосів на 11 %.

Повітряний тепловий насос є досить ефективним та екологічним засобом використання відновлювальної енергії навколишнього середовища [8].

У роботі розглянуто реверсивний тепловий насос LG Thermo V на 12 кВт (рис. 2), що відбирає розсіяну теплоту з навколишнього середовища та переносить її в опалювальний контур приміщення.

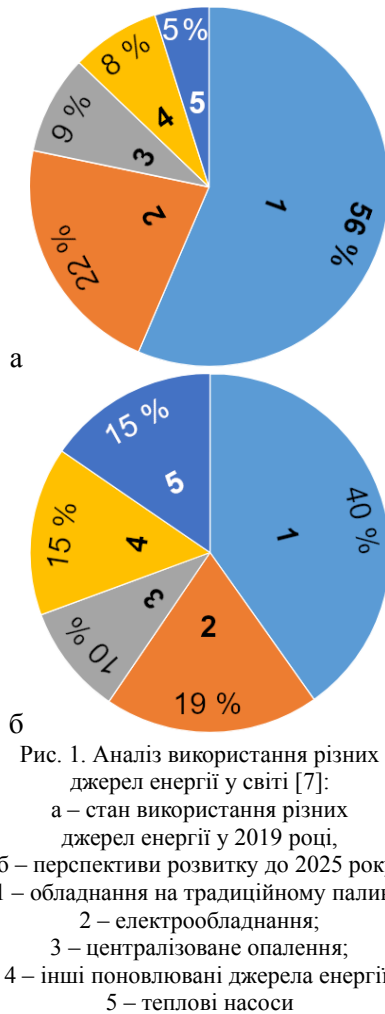


Рис. 1. Аналіз використання різних джерел енергії у світі [7]:
 а – стан використання різних джерел енергії у 2019 році,
 б – перспективи розвитку до 2025 року:
 1 – обладнання на традиційному паливі;
 2 – електрообладнання;
 3 – централізоване опалення;
 4 – інші поновлювані джерела енергії;
 5 – теплові насоси

Спочатку холодоагент R410A в газоподібному стані потрапляє до компресора 18, де збільшується його тиск та температура. Нагрітий холодоагент під високим тиском потрапляє до конденсатора 12 або 13 залежно від режиму роботи. У ньому відбувається передача теплоти, у результаті чого холодоагент охолоджується та конденсується.

Після конденсатора встановлено електронний розширювальний клапан EEV який знижує тиск холодоагента. Далі холодоагент потрапляє до випарника 13 або 12, де він кипить і відбирає теплоту. Режим роботи (напрямок руху теплоносія) вибирається чотириходовим клапаном 16.

Потім цикл роботи теплового насоса повторюється знову. У результаті залежно від положення клапана 16 теплота передається:

- від зовнішнього повітря до теплоносія (режим нагріву);
- від теплоносія до зовнішнього повітря (режим охолодження).

Використання атмосферного повітря як нижнього джерела енергії для теплового насоса є перевагою, тому що воно є безкоштовним і необмеженим джерелом. Воно може за-

стосовуватися на будь-яких об'єктах. Основним недоліком такої системи є втрата потужності та ефективності по мірі зниження температури зовнішнього повітря [1, 9, 10].

Теплові насоси в яких джерелом енергії є повітря дуже залежать від температури зовнішнього повітря в порівнянні з тепловими насосами які черпають енергію з ґрунту чи водойм. Також ефективність теплового насоса залежить від температури до якої потрібно нагріти теплоносії [11].

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є дослідження коефіцієнта ефективності теплового насоса типу «повітря-вода» компанії “LG” та аналіз ефективності його використання залежно від температури зовнішнього повітря, °C, для м. Києва.

Основна частина. LG Therma V на 12 кВт – це спліт-система яка складається з внутрішнього та зовнішнього блоків. Особливістю даної моделі теплового насоса є сучасний компресор R1 та можливість працювати на опалення при низькій температурі – до мінус 25 °C.

Майже 90 % споживаної потужності припадає на компресор. Від споживаної потужності залежить ефективність та продуктивність теплового насоса. Компресори повинні бути енергоефективними і малошумними.

Компресор LG R1 це перша в світі гібридна спіральна конструкція з наскрізним валом яка ефективно поєднує “метод стиснення” спірального компресора і “конструкцію механізму” роторного компресора, усуваючи при цьому недоліки і недосконалість кожного типу [12].

Для виконання досліджень у тепловому насосі встановлено датчики 1 тиску, Па, та датчики 2-5, 9 і 10 температури, °C. Також додано датчик 6 температури, °C, зовнішнього повітря та дистанційний датчик 11 температури внутрішнього повітря, °C. Крім цього, вимірювалась електрична потужність теплового насоса PI , кВт.

З отриманих даних від датчиків залежно від температури зовнішнього повітря t_{ext} , °C, і води на виході t_w , °C, підраховано теплову продуктивність TC , кВт, та коефіцієнт перетворення теплоти COP (табл., рис.3) та зафіксовано споживану потужність PI , кВт (табл., рис. 4).

Отримані дані на рис. 3 показують, що найвигідніше використовувати тепловий насос з системами, де температура теплоносія на виході не перевищує 45 °C [13, 14, 15]. При температурі зовнішнього повітря не нижче мінус 7 °C тепловий насос залишається ефективним при більшій температурі теплоносія на виході – до 55 °C.

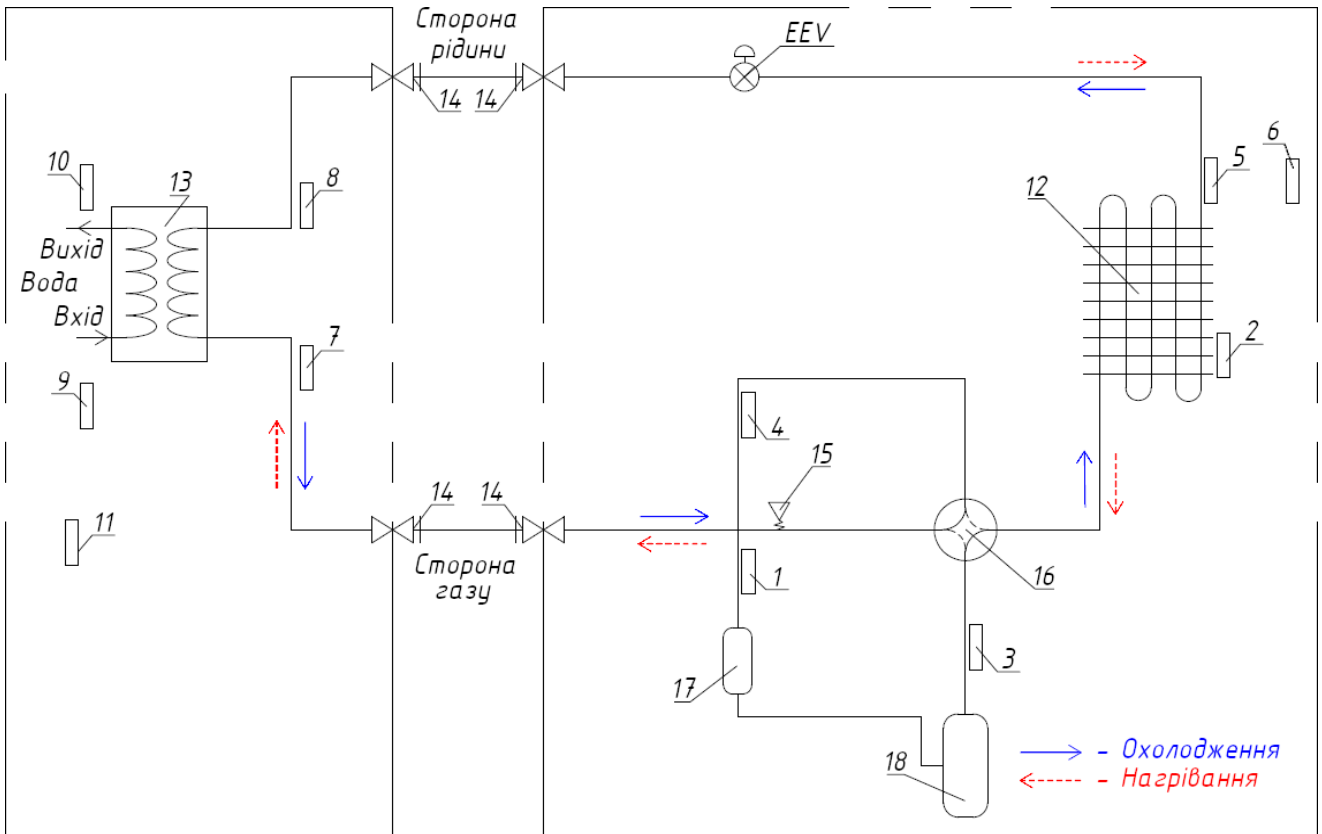


Рис. 2. Принципова схема повітряного теплового насоса LG Therna V:

1 – датчик тиску; 2 – середній датчик температури конденсатора; 3 – датчик температури на виході з компресора; 4 – датчик температури труби всмоктування компресора; 5 – датчик температури конденсатора; 6 – датчик температури зовнішнього повітря; EEV – електронний розширювальний клапан; 7 – датчик температури випарника на виході; 8 – датчик температури випарника на вході; 9 – датчик температури води на вході; 10 – датчик температури води на виході; 11 – дистанційний датчик температури повітря; 12 – теплообмінник зовнішнього боку; 13 – пластинчатий теплообмінник внутрішнього боку; 14 – сервісний триходовий клапан; 15 – датчик тиску; 16 – чотириходовий клапан; 17 – накопичувач; 18 – компресор; EEV – електронний розширювальний клапан

Таблиця

Результати визначення теплової продуктивності TC , кВт, споживаної потужності PI , кВт, та коефіцієнта перетворення теплоти COP теплового насоса LG на 12 кВт залежно від температури, $^{\circ}C$, навколишнього повітря t_{ext} і теплоносія на виході t_w

| $t_{ext}, ^{\circ}C$ | $t_w, ^{\circ}C$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|------------|-------|
| | 30 | | | 35 | | | 40 | | | 45 | | | 50 | | | 55 | | |
| | TC , кВт | PI , кВт | COP | TC , кВт | PI , кВт | COP | TC , кВт | PI , кВт | COP | TC , кВт | PI , кВт | COP | TC , кВт | PI , кВт | COP | TC , кВт | PI , кВт | COP |
| -25 | 11,25 | 4,81 | 2,34 | 10,95 | 4,95 | 2,21 | 10,22 | 4,99 | 2,05 | 9,85 | 5,24 | 1,88 | — | — | — | — | — | — |
| -22 | 11,7 | 4,11 | 2,85 | 11,17 | 4,15 | 2,69 | 10,62 | 4,20 | 2,53 | 10,13 | 4,71 | 2,15 | — | — | — | — | — | — |
| -20 | 12,0 | 3,75 | 3,2 | 11,32 | 3,76 | 3,01 | 10,9 | 3,82 | 2,85 | 10,32 | 4,43 | 2,33 | — | — | — | — | — | — |
| -15 | 12,0 | 3,33 | 3,6 | 11,66 | 3,57 | 3,27 | 11,45 | 3,84 | 2,98 | 11,16 | 4,50 | 2,48 | 11,13 | 5,33 | 2,09 | — | — | — |
| -10 | 12,0 | 3,13 | 3,84 | 11,87 | 3,47 | 3,42 | 11,8 | 3,86 | 3,06 | 11,69 | 4,53 | 2,58 | 11,67 | 5,26 | 2,22 | — | — | — |
| -7 | 12,0 | 3,01 | 3,99 | 12,0 | 3,41 | 3,52 | 12,0 | 3,87 | 3,1 | 12,0 | 4,55 | 2,64 | 12,0 | 5,19 | 2,31 | 11,24 | 5,56 | 2,02 |
| -4 | 12,0 | 2,96 | 4,06 | 12,0 | 3,37 | 3,56 | 12,0 | 3,83 | 3,13 | 12,0 | 4,44 | 2,7 | 12,0 | 5,06 | 2,37 | 11,98 | 5,65 | 2,12 |
| 0 | 12,0 | 2,74 | 4,38 | 12,0 | 3,20 | 3,75 | 12,0 | 3,67 | 3,27 | 12,0 | 4,27 | 2,81 | 12,0 | 4,90 | 2,45 | 12,00 | 5,36 | 2,24 |
| 2 | 12,0 | 2,64 | 4,54 | 12,0 | 3,12 | 3,85 | 12,0 | 3,59 | 3,34 | 12,0 | 4,18 | 2,87 | 12,0 | 4,80 | 2,5 | 12,00 | 5,19 | 2,31 |
| 7 | 12,0 | 1,94 | 6,2 | 12,0 | 2,64 | 4,55 | 12,0 | 2,61 | 4,59 | 12,0 | 3,38 | 3,55 | 12,0 | 3,86 | 3,11 | 12,00 | 4,38 | 2,74 |

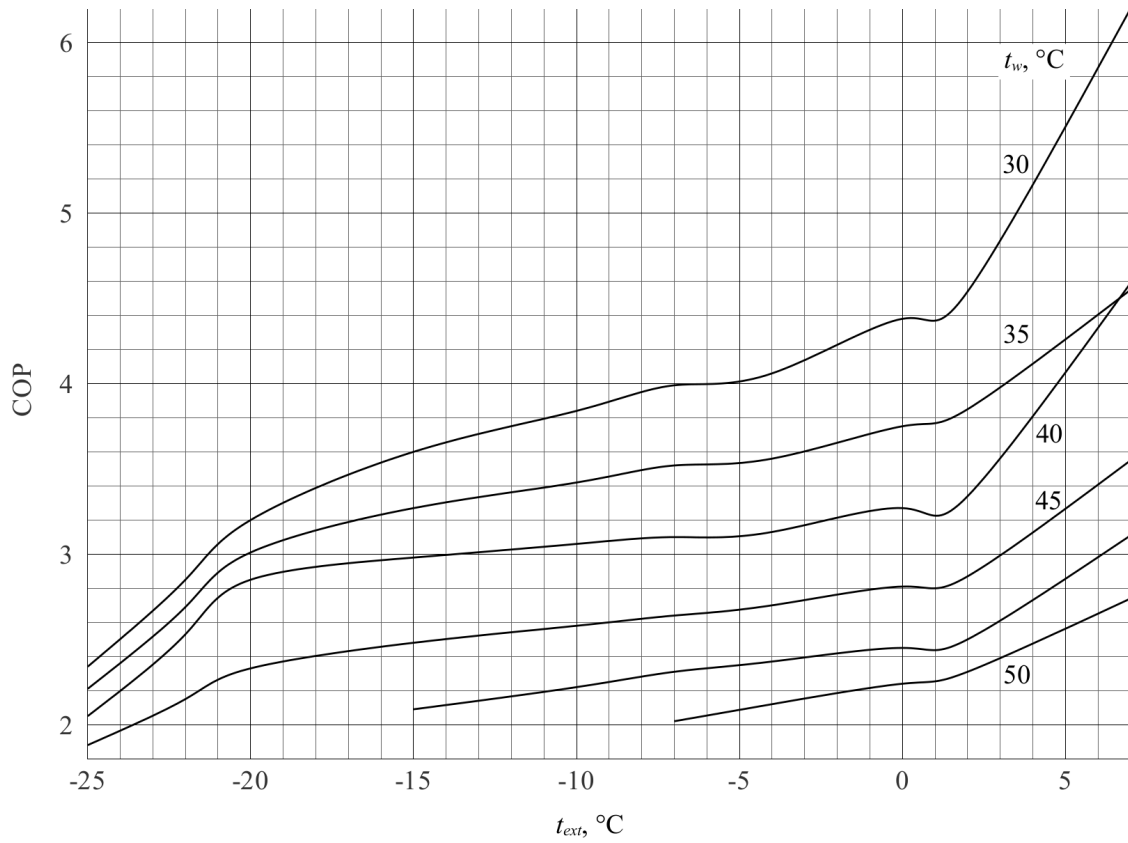


Рис. 3. Залежність коефіцієнт перетворення COP від температури зовнішнього повітря t_{ext} , °C, та температури води на виході, t_w , °C

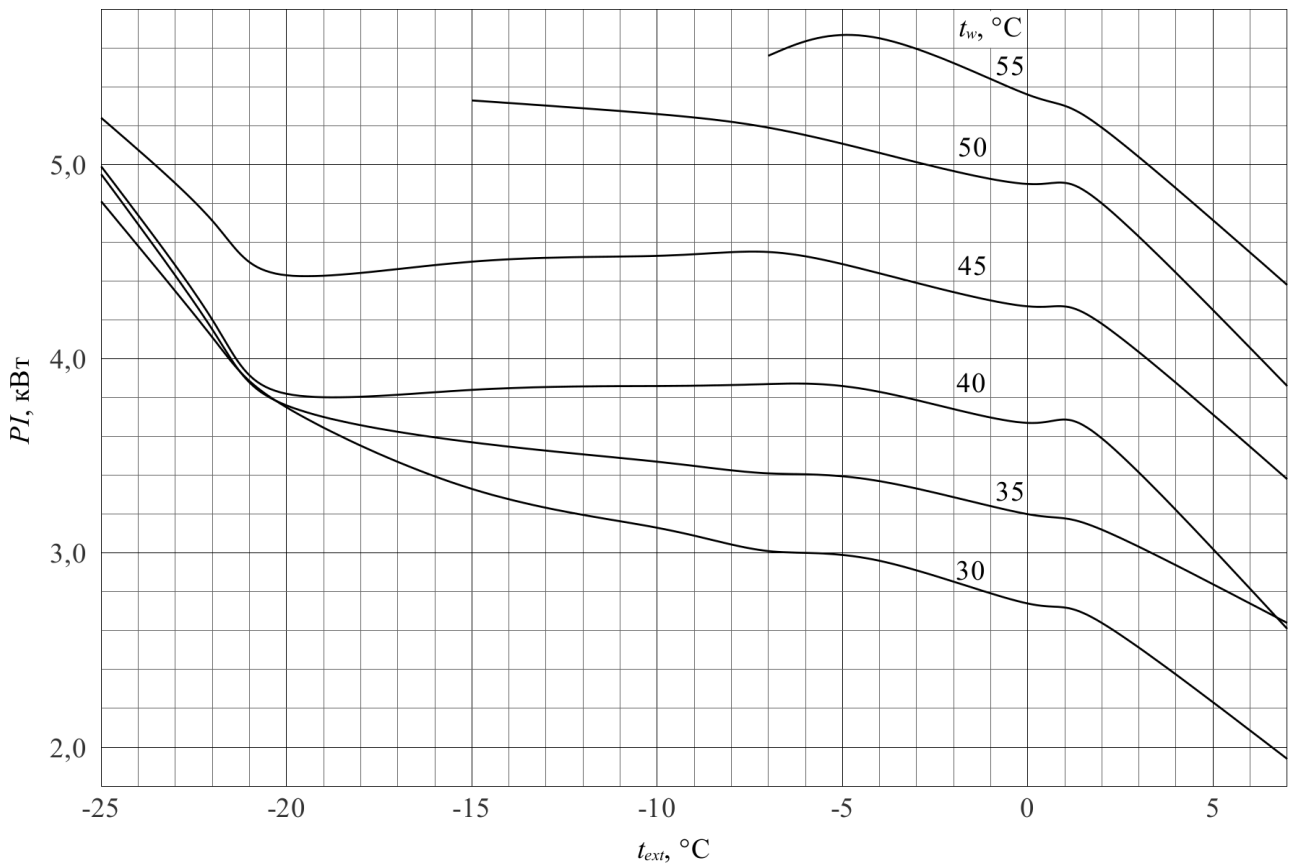


Рис. 4. Залежність споживаної потужності P, кВт, від температури зовнішнього повітря t_{ext} , °C, та температури води на виході t_w , °C

Для безперебійного забезпечення споживача гарячою водою в конструкції теплових насосів передбачено електричний нагрівач потужністю 6 кВт. Він дозволяє догрівати воду до необхідної температури t_w , °C при низькій температурі t_{ext} , °C.

Електронагрівач працює, коли зовнішній блок переходить у режим відтавання. Крім цього, він автоматично вмикається при $t_{ext} < -15$ °C. Останнє гарантує більш надійну роботу системи при цих умовах.

Перспективною і ефективною є робота теплового насоса з низькотемпературними системами опалення [16, 17].

При роботі теплового насоса на "теплу підлогу" температура теплоносія в зоні постійного перебування людей повинна бути не більше + 30 °C. Така температура на виході значно підвищує ефективність використання теплового насоса.

Вибір системи опалення більше впливає на ефективність теплового насоса, ніж температура зовнішнього повітря. При від'ємній температурі t_{ext} , °C, використання теплового насоса з високотемпературними системами опалення неефективне. Натомість при заміні традиційних систем опалення на низькотемпературні ефективність теплових насосів різко зростає. Тому при проектуванні систем опалення з використанням теплового насоса необхідно обов'язково враховувати і цей фактор [18].

Через постійне зростання цін на електроенергію та природний газ завдяки високому коефіцієнту COP використання теплових насосів призведе до підвищення енергоефективності порівняно з традиційними системами опалення. При використанні теплових насосів важливе значення має зменшення втрат енергії у самих машинах, оскільки це суттєво збільшує коефіцієнт перетворення [19].

Висновки. Використання теплових насосів з високим коефіцієнтом перетворення теплоти (COP) дозволяє значно зменшити затрати енергії на опалення. Ефективність теплового насоса суттєво залежить від температури зовнішнього повітря та температури теплоносія. Найбільш ефективними є низькотемпературні системи опалення, у яких температура води не перевищує 45 °C. При температурі зовнішнього повітря не вище мінус 7 °C тепловий насос залишається ефективним при більшій температурі теплоносія на виході – до 55 °C.

Перспективи подальших досліджень. Доцільно провести експериментальні дослідження та математичне моделювання роботи теплового насоса при від'ємних значеннях температури, °C, навколишнього повітря. На базі отриманих результатів слід розробити алгоритм підбору теплових насосів для м. Києва та запропонувати шляхи підвищення ефективності при низькій температурі.

Література

1. Безродний М. К. Ефективність теплонасосних систем опалення з використанням теплоти попередньо підігрітого атмосферного повітря / М. К. Безродний, Н. О. Прутула // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2013. – № 5(8). – С. 24-28.
2. Безродний М. К. Термодинамічна ефективність теплонасосних систем повітряного опалення / М. К. Безродний, М. А. Галан // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2011. – № 6. – С. 30-35.
3. Козак Ф. В. Шляхи заміщення природного газу в системах теплопостачання / Ф. В. Козак, Л. Ю. Козак // Нафтогазова енергетика. – 2014. – № 1. – С. 112-118.
4. Крижанівський Є. І. Зниження обсягів споживання природного газу для теплопостачання шляхом використання теплових насосів. / Є. І. Крижанівський, Ф. В. Козак, Л. Ю. Козак // Нафтогазова енергетика. – 2009. – № 1(10). – С. 88-93.
5. Палійчук У. Ю. Економічні особливості використання енергії відновлюваних джерел в індивідуальних господарствах. / У. Ю. Палійчук // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2013. – Вип. № 2(35). – С. 242-250.
6. Басок Б. І. Аналіз енергетичної ефективності комплексної модернізації типової радіаторної системи теплопостачання будівлі на базі автономного використання теплового насоса типу "повітря-вода" / Б. І. Басок, О. М. Недбайло, О. В. Тутова, М. В. Ткаченко, І. К. Божко // ScienceRise. – 2018. – № 9. – С. 43-48.
7. Heat Pumps [Electronic Resource] / IEA. – Access Mode: <https://www.iea.org/reports/heat-pumps>. – Access Date: 11.03.2021.
8. Басок Б.І. Укрупнена оцінка теплової потужності та обсягів виробництва відновлюваної енергії тепловими насосами в Україні. / Б.І. Басок, С.В. Дубовський // Теплові насоси в Україні. – 2019. – №1. – С. 2-6.
9. Безродний М. К. Аналіз ефективності теплонасосної схеми опалення з використанням теплоти атмосферного повітря і сонячної енергії / М. К. Безродний, Н. О. Прутула, Т. О. Місюра // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2017. – № 4. – С. 47-57.
10. Бугай В. С. Техніко-економічний аналіз режимів відпуску теплової енергії для опалення від гібридного джерела теплоти "котел-тепловий насос" / В. С. Бугай, С. Л. Ліberman // Науковий вісник будівництва. – 2017. – Т. 88, № 2. – С. 207-212.
11. Безродний М. К. Термодинамічна ефективність теплонасосних схем теплопостачання / М. К. Безродний, Н. О. Прутула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – №3. – С. 39-45.
12. LG Electronics. Total HVAC solution provider. Engineering product data book. Therma V. P/No.:

MFL66101118, Seoul, Korea, 2020.

13. Rusev D. Analysis of the operation of airwater heat pump unit in winter mode / D. Rusev, A. Kirov, P. Zlateva, N. Trizlova, D. Genov // Proceedings of the annual symposium with international participation SISOM & ACOUSTICS. – 2012. – P. 203-208.

14. Zlateva P. Experimental study of heat pump type air-water for heating system performance / P. Zlateva, K. Yordanov // E3S Web Conf. TE-RE-RD. – Vol. 112. – 2019 DOI: 10.1051/e3sconf/201911201007

15. Xinhui Zhao. Experimental Study on Heating Performance of Air - source Heat Pump with Water Tank for Thermal Energy Storage / Xinhui Zhao, Enshen Long, Yin Zhang, Qinjian Liu, Zhenghao Jin, Fei Liang // Procedia Engineering 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC 2017, 19-22 October 2017, Jinan, China. – 2017. – Vol. 205. – P. 3027–3034. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.087

16. Босий М. В. Тепловий насос з використанням низькопотенційного джерела теплоти повітря / М. В. Босий // Наукові записи : зб. наук. пр. – Кіровоград : КНТУ, 2014. – Вип. 16. – С. 3-7.

17. Кулінко Є. О. Теплові насоси як джерела низькотемпературного теплопостачання / Є. О. Кулінко, І. Т. Кузицький, О. Г. Погосов // Energy-efficiency in civil engineering and architecture. – 2017. – No. 9. - С. 132-136.

18. Калініченко А.В. Ефективність використання теплового наносу типу "повітря-вода" у системах теплопостачання. / А.В. Калініченко, В.М. Калініченко // Технічні науки, Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – №1. – С. 158-162.

19. Яковчук П. Є. Тепловий насос як елемент енергозбереження / П. Є. Яковчук, В. Б. Цяпа, В. І. Комаров, Б. І. Крохмальний // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – 2008. – № 615. – С. 194-198.

References

1. Bezrodnyi M. K., Prytula N. O. "Efektyvnist teplonasosnykh system opalennia z vykorystanniam teploty poperedno pidihritoho atmosfernoho povitria" *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*, 2013. pp. 24-28.

2. Bezrodnyi M. K., Halan M. A. "Termodynamichna efektyvnist teplonasosnykh system povitrianoho opalennia". *Naukovi visti National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*, 2011. no. 6. pp. 30-35.

3. Kozak F. V., Kozak L. Yu. "Shliakhy zamishchennia pryrodnoho hazu v systemakh teplopostachannia." *Naftohazova enerhetyka*, 2014, no. 1, pp. 112-118.

4. Kryzhanivskiy Ye. I., Kozak F. V., Kozak L. Yu. "Znyzhennia obsiahiv spozhyvannia pryrodnoho hazu dlia teplopostachannia shliakhom vykorystannia teplovykh nasosiv." *Naftohazova enerhetyka*, 2009, no. 1(10), pp. 88-93.

5. Paliichuk U. Yu. "Ekonomichni osoblyvosti vykorystannia enerhii vidnovliuvanykh dzherel v indyvidualnyi hospodarstvakh." *Naukovyi visnyk IFNTUOG*, 2013, no. 2(35), pp. 242-250.

6. Basok B. I., Nedbailo O. M., Tutova O. V., Tkachenko M. V., Bozhko I. K. "Analiz enerhetychnoi efektyvnosti kompleksnoi modernizatsii typovoi radiatornoi systemy teplopostachannia budivli na bazi avtonomnoho vykorystannia teplovoho nasosu typu "povitria-voda". *ScienceRise*, 2018, no. 9, pp. 43-48.

7. Heat Pumps. URL: <https://www.iea.org/reports/heat-pumps>.

8. Basok B.I., Dubovskiy S.V. "Ukrupnena otsinka teplovoi potuzhnosti ta obsiahiv vyrobnytstva vidnovliuvanoi enerhii teplovymy nasosamy v Ukraini." *Teplovi nasosy v Ukraini*, 2019, no. 1. pp. 2-6.

9. Bezrodnyi M. K., Prytula N. O., Misiura T. O. "Analiz efektyvnosti teplonasosnoi skhemy opalennia z vykorystanniam teploty atmosfernoho povitria i soniachnoi enerhii." *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*, 2017, no. 4, pp. 47-57.

10. Buhai V. S., Liberman S. L. "Tekhniko-ekonomichniy analiz rezhymiv vidpusku teplovoi enerhii dlia opalennia vid hibrydnoho dzherela teploty "kotel-teplovyy nasos". " *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 2017, no. 2, pp. 207-212.

11. Bezrodnyi M. K., Prytula N. O. "Termodynamichna efektyvnist teplonasosnykh skhem teplopostachannia." *Visnyk Vinnytsia Polytechnic Institute*, 2013. no. 3, pp. 39-45.

12. LG Electronics. Total HVAC solution provider. Engineering product data book. Therma V. P/No.: MFL66101118, Seoul, Korea, 2020.

13. Rusev D., Kirov A., Zlateva P., Trizlova N., Genov D. "Analysis of the operation of airwater heat pump unit in winter mode". *Proceedings of the annual symposium with international participation SISOM & ACOUSTICS*, 2012. P. 203-208.

14. Zlateva P., Yordanov K. "Experimental study of heat pump type air-water for heating system performance". *E3S Web Conf. TE-RE-RD*. Vol. 112, 2019 DOI: 10.1051/e3sconf/201911201007

15. Xinhui Zhao, Enshen Long, Yin Zhang, Qinjian Liu, Zhenghao Jin, Fei Liang. "Experimental Study on Heating Performance of Air - source Heat Pump with Water Tank for Thermal Energy Storage". *Procedia Engineering 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC 2017, 19-22 October 2017, Jinan, China*. 2017. Vol. 205. P. 3027–3034. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.087

16. Bosyi, M. V. Teplovyi nasos z vykorystanniam nyzkopotentsiinoho dzherela teploty povitria. *Naukovi zapysy : Zbirnyk naukovykh prats, Kirovohrad National Technical University*, Iss. 16, , 2014, pp. 3-7.

17. Kulinko Ye. O., Kuzyt'skyi I. T., Pohosov O. H. "Teplovi nasosy yak dzherela nyzkotemperaturnoho teplopostachannia." *Energy-efficiency in civil engineering and architecture*, 2017, no. 9, pp. 132-136.

18. Kalinichenko A. V., Kalinichenko V. M. "Efektyvnist vykorystannia teplovoho nanosu typu "povitria-voda" u systemakh teplopostachannia." *Tekhnichni nauky, Visnyk Poltava State Agrarian Academy*, 2011, no. 1. pp. 158-162.

19. Yakovchuk P. Ye., Tsiapa V. B., Komarov V. I., Krokhmalnyi B. I. "Teplovyi nasos yak element enerhozberzhennia." *Visnyk Lviv Polytechnic National University*, 2008, no. 615. pp. 194-198.

УДК 621.57

Анализ эффективности работы воздушного теплового насоса в зависимости от колебаний температуры наружного воздуха

А. В. Шаповал¹, Н. В. Чепурная², М. А. Кириченко³

¹асп. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, shapoval.o.v@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-4349-4971

²к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, chepurnayanv@ukr.net,
ORCID: 0000-0001-8044-7563

³к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, kirichenko-m@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3651-3153

Аннотация. В настоящее время всё более широко используются тепловые насосы типа "воздух-вода", которые благодаря высокому коэффициенту преобразования теплоты уменьшают энергопотребление и негативное воздействие на окружающую среду. Работа посвящена решению актуальной задачи повышения эффективности работы воздушных тепловых насосов при низкой температуре наружного воздуха зимой. Одной из главных проблем воздушного теплового насоса является уменьшение производительности при снижении температуры наружного воздуха. В данной работе была проанализирована эффективность работы теплового насоса "воздух-вода" LG Therma V для обеспечения квартиры отоплением и горячим водоснабжением. На базе полученных результатов построены графики эффективности работы теплового насоса в зависимости от температуры наружного воздуха и теплоносителя. Наиболее эффективными являются низкотемпературные системы отопления, в которых температура воды не превышает 45 °С. При температуре наружного воздуха не ниже минус 7 °С тепловой насос остаётся эффективным при большей температуре теплоносителя на выходе – до 55 °С.

Ключевые слова: тепловой насос, энергосбережение, низкотемпературная система отопления, кондиционирование воздуха, горячее водоснабжение, энергоэффективность.

UDC 621.57

An analysis of effectiveness of air heat pump operation dependent on change of external air temperature

O. Shapoval¹, N. Chepurna², M. Kirichenko³

¹Post-graduate student. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, shapoval.o.v@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-4349-4971

²PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, chepurnayanv@ukr.net,
ORCID: 0000-0001-8044-7563

³PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, kirichenko-m@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3651-3153

Abstract. Currently, air-to-water heat pumps are more widely used, which due to the high coefficient of performance reduce energy consumption and negative impact on the environment. They decrease the dependency on costs of energy resources. The work is devoted to solving the urgent problem of improving the efficiency of air heat pumps at low temperature of outdoor air in winter. One of the main problems of an air heat pump is the reduction of productivity when the outdoor air temperature decreases in winter. In this paper, the effectiveness of LG Therma V air-to-water heat pump to provide apartments with heating and hot water supply was analyzed. The heat pump is reversible, which can cool or heat a heat carrier. A four-way valve swithes the coolant flows between air exchangers. On the basis of the obtained results, plots of effectiveness of the heat pump dependent on outdoor air temperature are built. It is shown that the effectiveness of the heat pump significantly depends not only on the outside temperature but also on the water temperature at the outlet of the heat pump. The use of heat pumps with a high coefficient of performance can significantly reduce energy costs. The most effective are low-temperature heating systems, in which the water temperature does not exceed 45 °C. The example is floor heating, which requires very low temperature of the floor surface – up to 30 °C. At outdoor air temperature not less than minus 7 °C the heat pump is effective at higher temperature off heat carrier at output – up to 55 °C. To provide the uninterrupted heat supply, an additional air heater is included. It covers heat load during defrosting and very low outdoor air temperature. On the basis of the conducted researches, the directions of the further experimental and field researches are planned.

Keywords: heat pump, energy saving, low temperature heating system, air conditioning, hot water supply, energy efficiency.

Надійшла до редакції / Received 28.12.2020