

ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТІВ КОМБІНОВАНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Анотація: Проведено аналіз трьох варіантів комбінованого енергозабезпечення на потреби гарячого водопостачання та опалення багатоквартирної будівлі з використанням теплового насосу. Виконано порівняльний аналіз економічних та технічних показників. Враховано період стояння температури зовнішнього повітря, фактичне споживання гарячої води споживачами багатоквартирних будівель, зміну COP і визначено необхідні інвестиції та експлуатаційні витрати. При виборі сценарію основним завданням було максимальна завантаженість теплового насосу. Наприкінці статті сформульовано напрямки подальших науково-практичних досліджень в рамках магістерської дисертації.

Ключові слова: будівля, енергоспоживання, тепловий насос, теплопостачання, гаряче водопостачання, енергозбереження.

Вступ. Енергетична залежність України та постійне зростання тарифів на паливо обумовлює актуальність завдання підвищення енергетичної ефективності в комунальному господарстві. Законом України «Про теплопостачання» [1] передбачено використання альтернативних, нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії як пріоритетний напрямок державної політики щодо розвитку систем теплопостачання. Недоліком таких джерел енергії є високі капітальні витрати, тому доцільним є створення комбінованих систем, які включають пікові джерела та базові елементи. Для підтримки таких проєктів в Україні існують державні та міжнародні програми [2], тому сектор житлово-комунального господарства зацікавлений у реалізації подібних заходів.

Проблеми використання теплових насосів для багатоквартирних будівель вивчалися в роботах [3-5]. В [3] сформульовано задачу вибору оптимальної встановленої потужності базового та пікового теплового джерела, в якості критерію оптимізації використано величину сумарних витрат (капітальних та експлуатаційних) за весь період експлуатації обладнання. В [4] розглядалося застосування повітряних теплових насосів для систем гарячого водопостачання (ГВП) при роботі в комплексі з когенераційною установкою. В [5] розроблено оптимізаційну модель тригенерації з використанням теплових насосів в громадській будівлі.

Для житлових багатоквартирних будівель існує можливість утилізації теплоти вентиляційних викидів та використання теплоти для теплових насосів. Зважаючи на достатньо високу вартість інвестиційних витрат на проєкти із тепловими насосами для мешканців будівель постає питання щодо вибору потужності основного обладнання. Таким чином, аналіз технічних та економічних показників при виборі сценаріїв комбінованої роботи теплового насосу та централізованого енергозабезпечення є актуальною задачею на сьогоднішній день.

Мета та завдання. Головною метою цієї роботи є виконання техніко-економічних розрахунків та порівняльний аналіз варіантів забезпечення тепловою енергією житлового багатоквартирного будинку від повітряного теплового насосу в комбінації з централізованим теплопостачанням.

Загальна характеристика об'єкту досліджень

Об'єктом дослідження є багатоквартирний житловий будинок загальною площею 9387,4 м² на 172 квартири у місті Костопіль (рис.1). Розрахункова тепла потужність на опалення – 0,46 Гкал/год. Фактичне річне споживання на потреби опалення – 780 Гкал/рік. Розрахунки споживання гарячого водопостачання проводилися із кількості 430 проживаючих людей в будинку. Зважаючи, що фактичне споживання гарячої води значно нижче проєктних показників, що наведено в ДБН «Внутрішній водопровід і каналізація» [6], під час розрахунків за розрахункову величину витрат води обиралася соціальна норма 1,6 м³/особу, що підтверджується багаторічними спостереженнями за допомогою

автоматизованої системи автомоніторингу енергоресурсів [7], що використовується у житлових будівлях в Україні. Система опалення будинку підключена за незалежною схемою.



Рисунок 1 – Об'єкт дослідження

Підігрів теплоносія для опалення здійснюється в котельній, розташованій за тою ж адресою, що і будинок. Також в котельній наявне обладнання для постачання ГВП по незалежній схемі, що сприятливо для включення теплового насосу в систему підготовки ГВП, проте на даний момент ГВП не надається. Використання теплових насосів є ефективним доповненням для централізованого теплопостачання; його можна застосовувати для опалення, охолодження та ГВП. Як і в багатьох країнах, в нашій державі існують різні джерела фінансової підтримки для встановлення теплових насосів в житловому секторі, що може знизити вартість їх встановлення та зробити їх більш доступними для власників будинків. Теплові насоси мають довгий термін служби і не вимагають частої технічної підтримки або ремонту.

Пропозиції по модернізації теплопостачання

Пропонується встановити тепловий насос (ТН) типу повітря-вода для виробництва теплової енергії. Передбачається використання теплової енергії повітря з вентиляційних шахт будинку в якості джерела тепла для покриття частини енергопотреб ГВП і опалення. Також передбачається відновлення централізованого постачання гарячої води, що доцільно для оптимальної ефективності роботи теплового насосу.

Розглядається три сценарії впровадження теплового насосу для потреб теплопостачання будинку.

Сценарій 1: тепловий насос використовується тільки для підготовки ГВП

Даний сценарій передбачає повне забезпечення потреб гарячого водопостачання енергією, що виробляється ТН влітку і 2/3 забезпечення потреби в енергії на ГВП при піковому водорозборі в опалювальний сезон, температура подавальної води споживачам приймається 55°C. Проблема полягає в тому, що тепла енергія з витяжної вентиляції взимку не повністю покриває енергопотребу ГВП, а COP роботи теплового насосу не буде оптимальним при низьких температурах зовнішнього повітря.

Сценарій 2: тепловий насос використовується для підігріву води для ГВП, а також для підігріву поворотної мережної води системи опалення перед теплообмінником системи опалення будівлі для зменшення витрат на централізоване теплопостачання.

Передбачається встановлення акумуляторного баку, в якому безпосередньо нагрівається холодна вода, що призначена для підготовки ГВП. При цьому пропонується наступна робота обладнання: тепловий насос гріє воду на потреби ГВП в теплоакумуючому баці, і коли температура в ньому досягає температури в зворотному трубопроводі системи опалення +1 градус, робота теплового насосу переключається на підігрів води зворотного трубопроводу системи опалення. Це дозволяє забезпечити оптимальний COP роботи теплового насосу і суттєво знизити використання теплової енергії на опалення в перехідні періоди. Об'єм теплоакумуючого баку розраховується таким чином, щоб в літній і перехідні періоди тепловий насос повністю забезпечував потребу в ГВП.

Сценарій 3: ідентичний сценарію 2, але потужність теплового насосу вибирається таким чином, що його робота повністю забезпечує і проектну потребу в ГВП, і 50% потреби будівлі в опаленні при температурі зовнішнього повітря 0 градусів, період стояння (рис.2) якої за опалювальний період (ОП) є значним [8].

Зважаючи, що після комплексної термомодернізації будівель енергоспоживання на опалення існуючих серійних будівель може зменшитися вдвічі, в майбутньому тепловий насос зможе забезпечувати енергопостачання протягом значного періоду часу в опалювальний сезон, підключення котлів в роботу передбачається лише при настанні температур зовнішнього повітря нижче 0 градусів С.

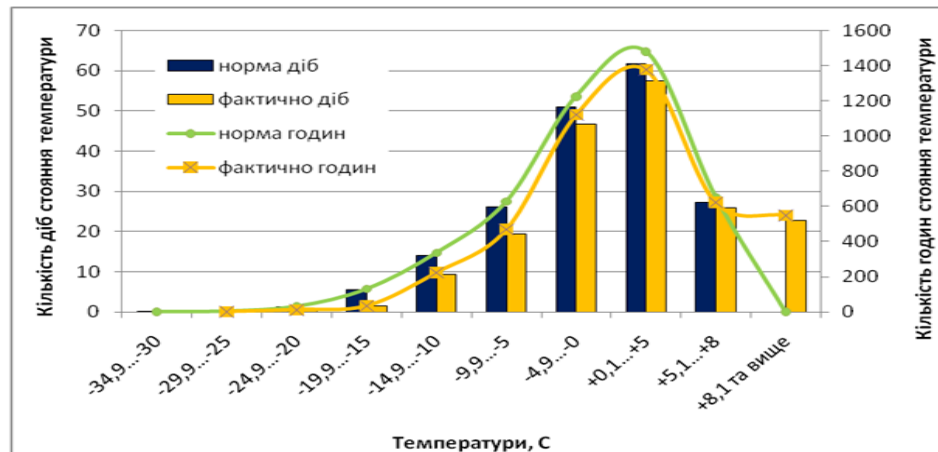


Рисунок 2 – Період стояння нормативних і фактичних температур зовнішнього повітря за ОП

Додаткові технічні вимоги, які потрібно передбачити при проектуванні:

- необхідно прокласти канали, що об'єднують виходи із кожної вентиляційної шахти в будинку в один вентканал, перед виходом з якого й буде встановлено теплообмінник "зовнішнього блоку" теплового насосу та передбачити створення додаткової тяги.

- передбачити можливість забору зовнішнього повітря на теплообмінник, у випадках, коли температура зовнішнього повітря вище, ніж температура в вентканалі.

У випадку проведення комплексної термомодернізації будівлі доцільно модернізувати систему опалення, замінивши чавунні радіатори на сталеві, з розрахунку на покриття потреби на опалення при температурі до 0...-5 градусів з температурою теплоносія 45 градусів, щоб збільшити COP роботи ТН.

Опис результатів досліджень

Приймаємо, що середньодобова температура літку складатиме 24 °С, а взимку – 18°С, тоді середня кількість тепла, яку можна відбирати з вентиляційного повітря теплообмінником становить 35,1 кВт·год (при температурі повітря на виході 6 °С). В першому сценарії передбачається, що єдиним джерелом тепла для теплового насосу буде тепла енергія з вентиляції, в двох інших – з вентиляції і з зовнішнього повітря.

Передбачається встановлення баків-акумуляторів сумарним об'ємом 10 000 л, вода в яких буде підігріватися тепловим насосом на протязі доби, а при пікових водорозборах ГВП додатково підігріватися мережною водою через існуючий теплообмінник котельної. Даний об'єм баку дозволяє ефективно працювати вночі з використанням електричної енергії за нічним тарифом.

Порівняльні характеристики встановленої теплової потужності: сценарій 1 – 35 кВт, сценарій 2 – 75 кВт, сценарій 3 – 120 кВт. Як правило, виробники теплових насосів зазначають теплову потужність при певних параметрах, так як ця величина є змінною і залежить від співвідношення температури середовища, з якого ТН забирає теплову енергію, і середовища, куди він її віддає. В даному випадку вказана теплова потужність при COP=3,5 і різниці температур – 40 °С. В залежності від моделі теплового насосу, графік залежності COP від температур буде різним, і буде необхідний уточнюючий розрахунок.

Для кожного сценарію були проведені розрахунки покриття потреби будівлі в опаленні та гарячому водопостачанні для усіх запропонованих варіантів, в якості прикладу наведемо результати для сценарію 2 (див.рис.3).

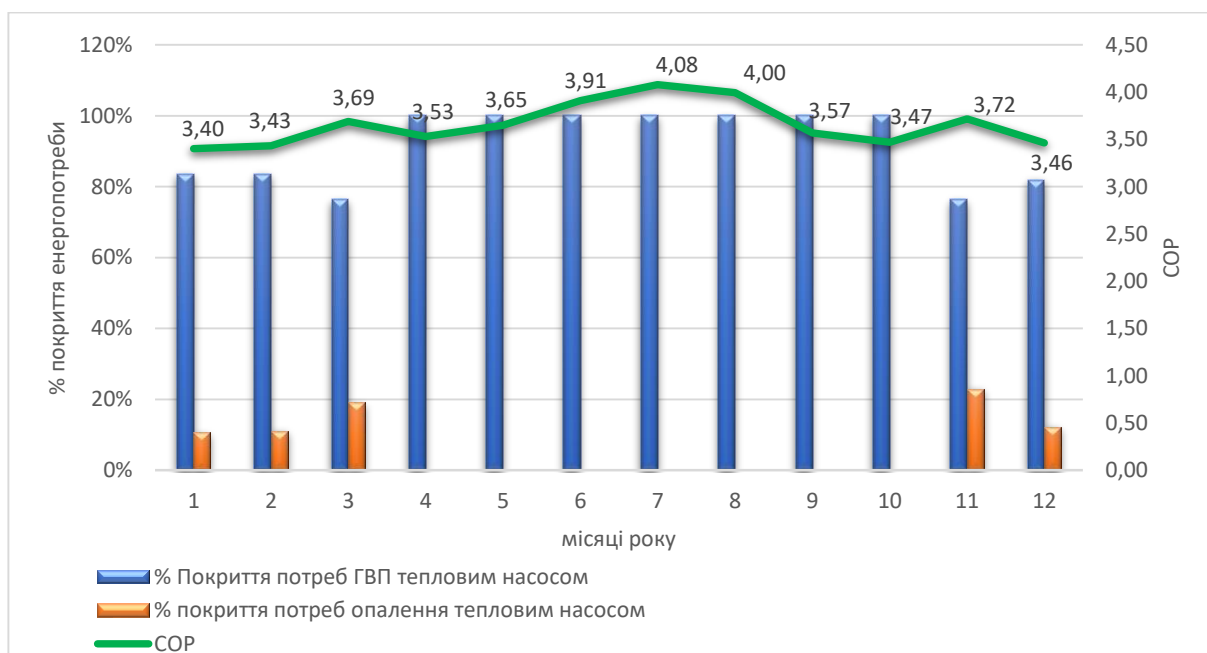


Рисунок 3 – Результати розрахунків покриття потреби в енергії на опалення та гаряче водопостачання за допомогою повітряного теплового насосу (за сценарієм 2)

Були визначені економічні показники за трьома різними варіантами, результати розрахунків наведено у таблиці 1. Інвестиції враховуються: вартість теплового насосу встановленої теплової потужності, вартість додаткового обладнання, необхідного для функціонування системи підігріву ГВП і зворотної мережної води в системі опалення будівлі, вартість проектних та монтажних робіт. Вартість встановленої потужності теплового насосу прийнято 1500 долл/кВт.

Таблиця 1 — Фінансово-економічні показники простів модернізації

Найменування	Сценарій 1	Сценарій 2	Сценарій 3
Інвестиції, грн	2 400 000	4 800 000	7 500 000
Річна витрата електричної енергії, кВт·год	87 600	148 291	196 134
Річна економія теплової енергії, Гкал	337 787	511 670	649 695
Економія коштів, грн/рік	711 822	998 702	1 228 121
Проста окупність, років	3,37	4,81	6,11

В розрахунках прийнято: вартість теплової енергії – 3,43 грн/кВт·год; вартість електричної енергії – 6,12 грн/кВт·год (для категорії «інші споживачі»).

Дані розрахунки потребують уточнень, зокрема: потрібно враховувати зміни погодинних потреб на ГВП з урахуванням пікового водорозбору в вечірні години; варто проаналізувати детальніше технічні характеристики конкретної моделі теплового насосу і уточнити дані щодо теплової енергії, яку можна отримати за рахунок вентиляційного повітря. Також підлягають уточненню експлуатаційні витрати, зокрема додаткові витрати на забезпечення роботи витяжного вентилятора, сумарні інвестиції та ін. характеристики, що буде метою подальших науково-практичних досліджень в рамках магістерської дисертації.

Висновки

Виконано техніко-економічні розрахунки варіантів енергозабезпечення існуючої багатоквартирної будівлі на потреби опалення та гарячого водопостачання за рахунок теплового насосу.

Пропонується до реалізації варіант установки обладнання за сценарієм 2: тепловий насос використовується для підігріву води для гарячого водопостачання, а також для підігріву поворотної мережної води системи опалення перед теплообмінником системи опалення будівлі для зменшення витрат на централізоване тепlopостачання. Для отримання найбільшого ефекту рекомендується

виконати комплексну термомодернізацію будівлі із зниженням теплового навантаження та виконувати комплексний проєкт по підвищенню теплозахисних властивостей зовнішніх огорожень та модернізації інженерних мереж.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про теплопостачання» № 2633-IV, ред. від 31.03.2023, 2849-IX. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
2. М.М. Шовкалюк. Співпраця України з міжнародними фінансовими організаціями у сфері підвищення енергоефективності ЖКГ // Збірник праць XIV Всеукр. наук.-практ.конф. «Міжнародне науково-технічне співробітництво: принципи, механізми, ефективність» - [Київ, КПІ, 15-16 березня 2018 р.], - с.34-37.
3. Nikitin E. Technical and Economic Efficiency of Air Thermal Pumps with Drive from Gas and Piston Cogeneration Installations of Hot Water Supply Systems / Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2011, №4. С.19-24.
4. Никитин Е.Е. Оптимальное распределение установленной мощности в системах отопления с базовым и пиковым источником тепловой энергии / Промислова теплотехніка, 2010, т. 32, №3. с.64-72.
5. A mixed integer programming model for optimal design of trigeneration in a hospital complex. P. Arcuri, G. Florio, P. Fragiaco / Energy 32 (2007). P. 1430–1447.
6. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ Будівництво – К.:Мінрегіонбуд, 2018. 113 с.
7. Офіційний сайт: Автоматизована система енергомоніторингу. Режим доступу: <https://asem.com.ua/>
8. Шовкалюк М.М., Войналович О.О. Розрахункові параметри зовнішнього повітря для систем теплопостачання / Тези X Всеукр. наук. конф. «Сучасні проблеми екології та геотехнологій» [10-12 квітня 2013 р.] – Житомир: ЖДТУ, 2013, с. 220.

K. Kononenko¹, master student

¹**National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”**

ECONOMIC INDICATORS OF PROJECTS OF COMBINED ENERGY SUPPLY OF AN APARTMENT BUILDING USING A HEAT PUMP AND CENTRALIZED HEAT SUPPLY

Abstract: *An analysis of three options of combined energy supply for the needs of hot water supply and heating of an apartment building with the use of a heat pump was carried out. A comparative analysis of economic and technical indicators was performed. The period of standing of the outside air temperature, the actual consumption of hot water by the consumers of multi-apartment buildings, the change of SOR, and the necessary investments and operating costs are taken into account. When choosing the scenario, the main task was the maximum load of the heat pump. At the end of the article, directions for further scientific and practical research within the framework of the master's thesis are formulated.*

Keywords: *building, energy consumption, heat pump, heat supply, hot water supply, energy saving.*