

УДК 662.99

Недбайло Олександр Миколайович

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, ORCID: 0000-0003-1416-9651,
 Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, Київ

Божко Ігор Костянтинович

Молодший науковий співробітник, ORCID: 0000-0001-7458-0835,
 Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, Київ

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ

***Анотація.** Для подальшого підвищення енергетичної ефективності експериментального будинку були проведені натурні експерименти щодо підтримання належного теплового режиму його приміщень при використанні теплового насосу. В роботі представлені результати експериментальних досліджень параметрів роботи теплонасосної системи теплопостачання енергоефективного будинку Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України. Наведений аналіз енергетичної ефективності експлуатації теплового насосу типу «грунт-рідина» у номінальному режимі із максимальним навантаженням показав високе значення коефіцієнту перетворення енергії.*

***Ключові слова:** тепловий насос; енергоефективний будинок; система теплопостачання*

Постановка проблеми

Підвищення енергоефективності систем теплозабезпечення із використанням відновлювальних джерел енергії [1] є пріоритетним напрямком у розвитку сучасного будівництва. Загальна енергетична ефективність будинку нероздільно пов'язана із його інфраструктурним забезпеченням системами підтримання життєдіяльності людини. При цьому, кліматизація приміщень відповідно до належних санітарно-гігієнічних вимог є основною вимогою для можливості довготривалого перебування в них людини.

Аналіз основних досліджень та публікацій

Об'єктом експериментальних досліджень є теплонасосна система теплопостачання енергоефективного будинку [2 - 6], що спрощено складається із ґрунтового і опалювального контурів, а також проміжного контуру, що зв'язує тепловий насос і бак-акумулятор теплоти.

Формулювання мети статті

Основною метою статті є демонстрація можливості впровадження енергоефективної теплонасосної системи теплопостачання на об'єктах нового будівництва та під час термомодернізації вже споруджених будівель різних типів та призначення.

Основна частина

Енергоефективний будинок являє собою триповерхову споруду з цокольним поверхом, що розташована на території Інституту технічної теплофізики НАН України в м. Києві з опалювальною площею 306 м² і розрахунковим питомим енергоспоживанням на опалення і гаряче водопостачання приблизно 14,8 кВт·год/(м²·рік) [7 – 10]. Тепловий насос (ТН) при цьому має номінальну потужність 6,1 кВт.

Ґрунтовий контур складається з горизонтального ґрунтового колектора - групи підключених паралельно багатোধових і змієвикових теплообмінників (ГТО), виконаних з поліетиленових труб 40x3,2 мм і 32x2 мм, що розташовуються поряд із будинком на глибині 2,2 м. Майданчик їх розташування має площу поверхні близько 180 м². Теплоносієм в ґрунтовому контурі є 30% -й водний розчин пропіленгліколя.

Проміжний контур виконаний з поліпропіленової труби 40x6,7 мм із заповненням його обробленою водою. Бак-акумулятор призначений для гідравлічної розв'язки контурів джерел і споживачів теплоти. Він являє собою теплоізольовану циліндричну ємність об'ємом 300 л зі змієвиковими теплообмінниками всередині.

Опалювальний контур складається з сукупності, підключених паралельно, опалювальних систем, що включає в себе водяні теплі підлоги різної конфігурації (серед яких, так звана

капілярна), змійовики в простінках будинку, а також водо-повітряні опалювальні прилади (фанкойли). Теплоносій в них є також підготовлена вода.

Циркуляція теплоносіїв в кожному з вищеописаних контурів здійснюється насосами з можливістю регулювання їх напірно-витратних характеристик. Погодинні вимірювання протягом доби в кожному з контурів кількості теплоти, об'єму теплоносія, а також значень його температури в подавальному і зворотному трубопроводах проводилися тепловими лічильниками Sharky 773

(опціонально кожні 10 хв.). Для подальшого аналізу проводився перерахунок теплової потужності та об'ємної витрати з урахуванням залежності теплофізичних властивостей теплоносія від зміни його температури.

Нижче продемонстровані значення параметрів теплоносія в кожному з контурів в одному з експлуатаційних режимів (номінальне теплове навантаження).

На рис. 1 наведені параметри роботи контуру ґрунтового теплообмінника.

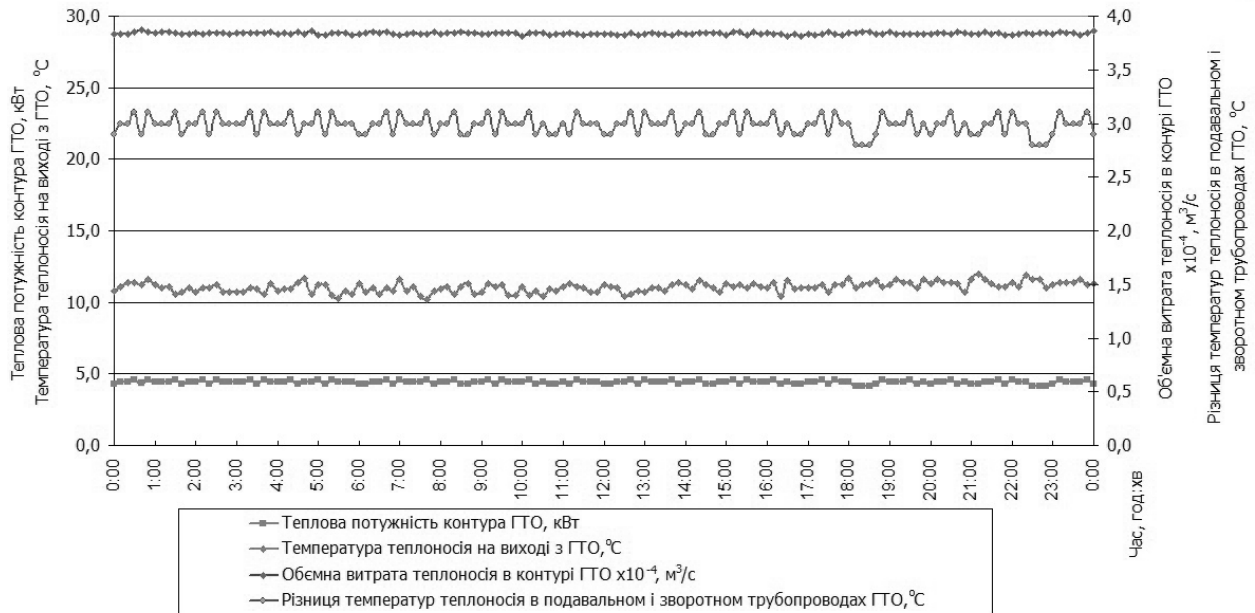


Рисунок 1 – Параметри роботи контуру ґрунтового теплообмінника

На рис. 2 проілюстровані параметри роботи контуру тепловий насос - бак-акумулятор теплоти

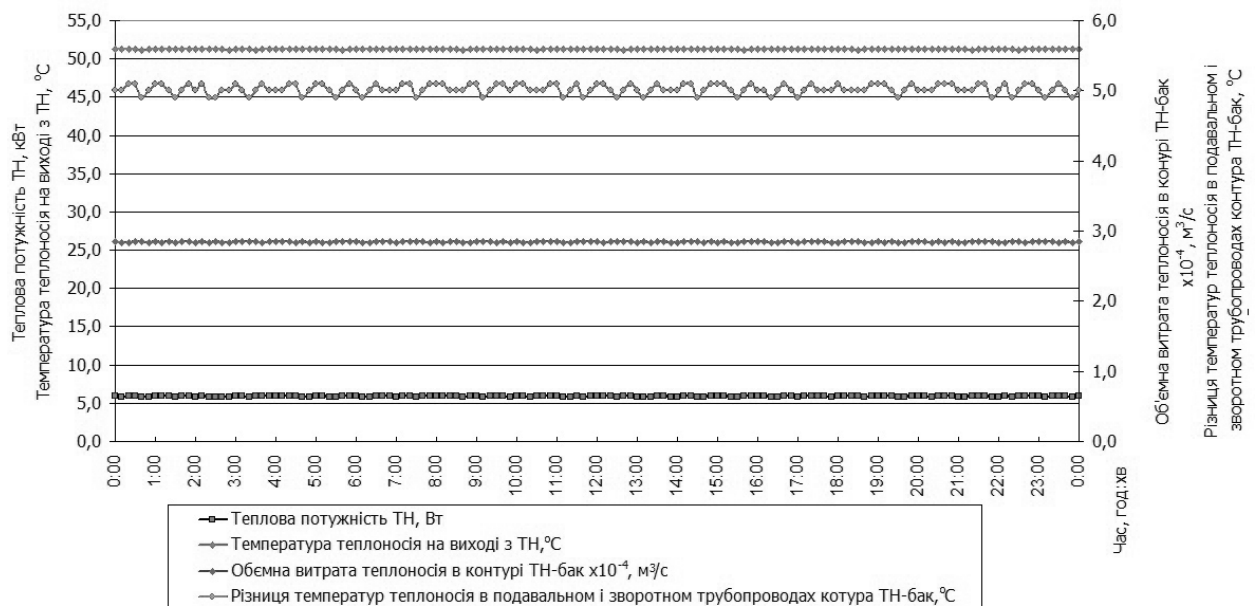


Рисунок 2 – Параметри роботи контуру тепловий насос - бак-акумулятор теплоти

На рис. 3 показані параметри роботи контуру опалення.

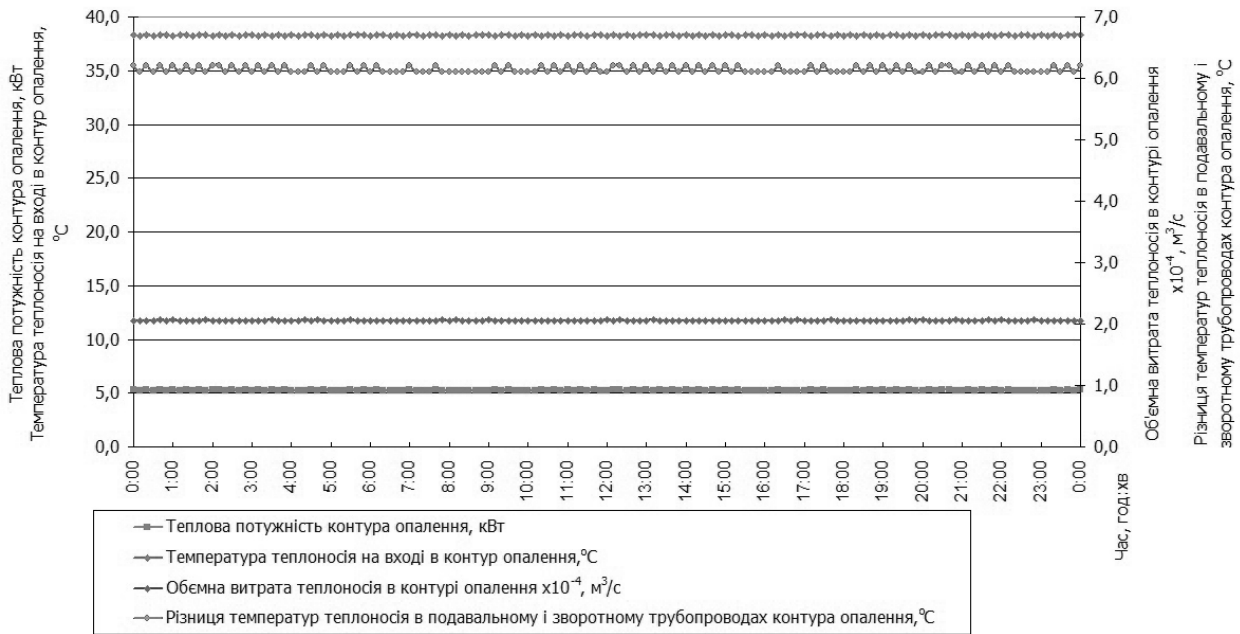


Рисунок 3 – Параметри роботи контуру опалення

Проведений розрахунок коефіцієнта трансформації теплоти для теплового насоса (COP - Coefficient of Performance) в режимі його постійного повного навантаження виходячи з балансу кількості переданої теплоти:

$$COP = Q_1 / (Q_1 - Q_2) = 5,90 / (5,90 - 4,42) = 3,98;$$

де Q_1 - середньодобове значення теплової потужності контуру ТН-бак, кВт;

Q_2 - середньодобове значення теплової потужності контуру ГТО, кВт.

При цьому за визначенням, виходячи із закону збереження енергії:

$$COP = Q_1 / N = 5,90 / 1,66 = 3,55;$$

де N - повна середньодобова електрична потужність, споживана ТН, кВт.

Кількість споживаної тепловим насосом і циркуляційними насосами електроенергії вимірювалося за допомогою електричного інвертора живлення із власним лічильником.

Висновки

Проведений короткий аналіз експлуатації теплового насоса в номінальному режимі показав його високу енергетичну ефективність завдяки використанню як джерело низькопотенційної теплоти ґрунтового масиву, а в якості споживачів - низькотемпературні опалювальні системи.

Література

1. Кучинский О.А. Модели стимулирования развития возобновляемых источников энергии / О.А. Кучинский, С.С. Позняк, Ю. Шенк // *Енергоефективність*. – 2012. – № 8. – С. 14 – 15.
2. Басок Б.И. Технические аспекты системы энергообеспечения пассивного дома / Б.И. Басок, А.Н. Недбайло, И.К. Божко, М.В. Ткаченко // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. – 2016. – Випуск 8. – С. 3 – 9.
3. Божко И.К. Экспериментальные исследования теплонасосной системы теплоснабжения с использованием ґрунтового коллектора / И.К. Божко, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. – 2016. – Випуск 8. – С. 29 – 34.
4. Божко И.К. Комбинированная система теплоснабжения высокоэнергоэффективного дома // И.К. Божко, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко, И.Г. Засецкий // *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. – 2014. – Випуск 6. – С. 14 – 22.
5. Басок Б.И. Поливалентная теплонасосная система теплообеспечения энергоэффективного пассивного дома / Б.И. Басок, В.А. Бородуля, И.К. Божко, М.В. Ткаченко // *Материалы международной научно-технической конференции*

«Энергоэффективность – 2014». – Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. – 2014. – С. 18 – 20.

6. Басок Б.И. Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома на основе возобновляемых источников энергии / Б.И. Басок, И.К. Божко, А.Н. Недбайло, О.Н. Лысенко // *Инженерно-строительный журнал*. – №6, 2015. – С. 32 – 43.

7. Долінський А.А. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії» / А.А. Долінський, Б.І. Басок, О.М. Недбайло, Т.Г. Беляєва, М.А. Хибина, М.В. Ткаченко, М.П. Новицька // *Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник*. – 2013. – Випуск 77. – С. 222 – 228.

8. Basok B. Creating of experimental passive house in the Institute of engineering thermophysics / B. Basok, A. Nedbailo, M. Novitska, M. Khibina, S. Goncharuk // *Proceedings of 8-th International Green Energy Conference*. – Monograph. – NAU, Kiev. – 2013. – P. 234 – 237.

9. Басок Б.И. Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення / Б.И. Басок, О.М. Недбайло, М.В. Ткаченко, І.К. Божко, М.П. Новицька // *Пром. теплотехніка*. – 2013. – Т. 35, №1. – С. 42 – 48.

10. Басок Б.И. Концепция системы теплохолодообеспечения энергоэффективного дома / Б.И. Басок, А.Н. Недбайло, М.В. Ткаченко, И.К. Божко, Е.В. Ряснова // *Аква Терм*. – №8, 2013. – С. 42 – 46.

Стаття надійшла до редколегії 04.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Приймак, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Недбайло Александр Николаевич

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-1416-9651, Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины, Киев

Божко Игорь Константинович

Младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-1416-9651, Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины, Киев

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

Аннотация. Для дальнейшего повышения энергетической эффективности экспериментального дома были проведены натурные эксперименты по поддержанию надлежащего теплового режима его помещений при использовании теплового насоса. В работе представлены результаты экспериментальных исследований параметров работы теплонасосной системы теплоснабжения энергоэффективного здания Института технической теплофизики Национальной академии наук Украины. Приведенный анализ энергетической эффективности эксплуатации теплового насоса типа «грунт-жидкость» в номинальном режиме с максимальной нагрузкой показал высокое значение коэффициента преобразования энергии.

Ключевые слова: тепловой насос; энергоэффективный дом; система теплоснабжения

Nedbailo Alexander

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-1416-9651, Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiyv

Bozhko Igor

Junior Researcher, ORCID: 0000-0003-1416-9651, Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiyv

ANALYSIS OF ENERGY PARAMETERS OF OPERATION OF THE HEAT PUMP SYSTEM OF HEAT SUPPLYING OF THE ENERGY EFFICIENT HOUSE

Abstract. To further increase the energy efficiency of the experimental house, natural experiments were conducted to maintain the proper thermal regime of its premises when using a heat pump. The paper presents the results of experimental studies of the parameters of the heat pump heat supply system of the energy-efficient building of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine. The above analysis of the energy efficiency of operation of the ground-liquid heat pump in the rated mode with the maximum load showed a high value of the energy conversion coefficient.

Keywords: heat pump; energy efficient house; heat supply system