

## ЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ З ГРУНТОВИМИ ТЕПЛООБМІННИКАМИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Оцінено показники роботи теплового насоса з ґрунтовим теплообмінником для різних температур теплоносія на виході з випарника. Виявлено ефективні режими роботи теплового насоса «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником на основі техніко-економічного аналізу та з використанням методики оцінювання життєвого циклу виробу, реалізованої в програмному продукті Sima Pro.*

**Ключові слова:** тепловий насос «вода-вода», економічна ефективність, оцінка життєвого циклу виробу, ґрунтовий теплообмінник, розчин етиленгліколю.

### *Abstract*

*Estimates of the performance of the heat pump with a ground heat exchanger for different temperatures of the heat carrier at the outlet of the evaporator. The effective modes of operation of the water-water heat pump with ground heat exchanger on the basis of technical and economic analysis and using the method of estimating the life cycle of the product implemented in the Sima Pro software product are revealed.*

Keywords: water-water heat pump, economic efficiency, life cycle assessment of the product, soil heat exchanger, ethylene glycol solution

### Вступ

Використання поновлюваних джерел енергії для теплопостачання в промисловості та житлово-комунальному секторі на даний час стає першочерговою задачею. Використання поновлюваної теплоти ґрунту може бути досягнуто завдяки впровадженню теплонасосних технологій з ґрунтовим низькотемпературними теплообмінниками.

Ґрунт являє собою тепловий акумулятор необмеженої ємності, тепловий режим якого формується під впливом сонячної радіації і потоку радіогенного тепла до глибини 10-20 метрів [1].

Ґрунт поверхневих шарів Землі, в зв'язку з його повсюдною доступністю і досить високим температурним потенціалом, є найбільш перспективним джерелом теплової енергії низької температури для випарників реверсивних чіллерів.

Температурний режим шарів ґрунту, розташованих нижче глибин проникнення тепла сонячної радіації, практично не залежить від сезонних, а тим більше добових змін параметрів зовнішнього клімату. Таким чином, на порівняно невеликій глибині від поверхні є шари ґрунту, температурний потенціал яких в холодну пору року значно вище, ніж у зовнішнього повітря, а в жарку пору року - значно нижче.

При влаштуванні в ґрунті вертикальних або горизонтальних реєстрів труб (систем збору низькотемпературного теплоти ґрунту) з циркулюючим в них теплоносієм, відбувається відбір теплової енергії від ґрунту і відведення споживачеві.

Оскільки ґрунт є досить складною і різноманітною структурою при проектуванні систем збору низькотемпературної теплоти ґрунту слід використовувати раніше розроблені методики [2, 3].

При моделюванні теплового режиму систем необхідно також враховувати хіміко-мінералогічну природу ґрунтового скелета, його механічну структуру, кількісні співвідношення між фазами середовища, що заповнює проміжки між твердими частинками скелета, і їх взаємне розташування в поровому просторі, а також багато інших фізико-хімічних параметрів ґрунтового масиву.

Важливою характеристикою теплового насоса з ґрунтовим теплообмінником є температура теплоносія на виході з випарника. Ця температура впливає не тільки на теплообмінні характеристики ґрун-

тового теплообмінника, але й на перепад тиску на компресорі теплового насоса та на його коефіцієнт перетворення.

Мета роботи – виявлення ефективних режимів роботи теплового насоса «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником для різних значень температури теплоносія на виході з випарника з використанням техніко-економічного аналізу та оцінки життєвого циклу виробу в екологічних показниках.

### Результати дослідження

В даній роботі розглядається вертикальний ґрунтовий теплообмінник, методика розрахунку якого наведена в [3] та реверсивний чіллер «вода-вода» DYNACIAT [4], який працює в режимі теплового насоса.

Різниця температур теплоносія в ґрунтовому теплообміннику прийнята  $2^{\circ}\text{C}$ , розрахункова теплова потужність системи опалення – 100 кВт [5], температура теплоносія на виході з конденсатора реверсивного чіллера –  $45^{\circ}\text{C}$ , термін роботи системи – 15 років.

Нами проведено порівняння результатів за техніко-економічним методом в грошових одиницях та за методом оцінки впливу життєвого циклу системи в методі Impact-2002+, в якому використовується безрозмірна величина Eco-indicator point (Pt). Остання оцінка враховує вплив на навколишнє середовище всіх складових системи протягом всього її життєвого циклу, вона реалізована в програмному комплексі Sima Pro[6].

Результати числових досліджень наведені на рис. 1.

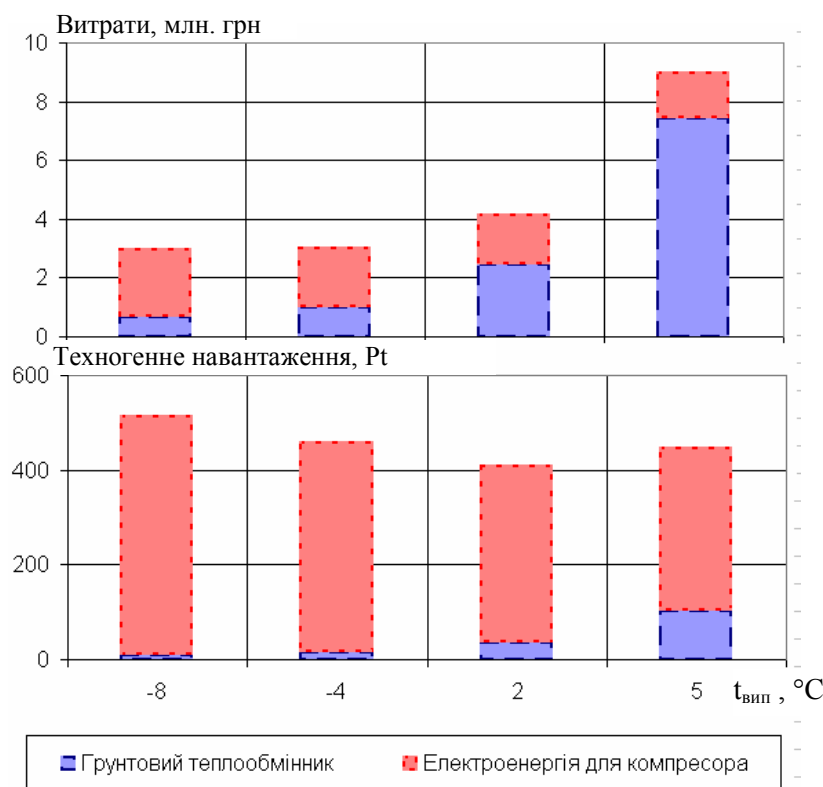


Рисунок 1 – Залежність витрат при роботі теплового насоса «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником від температури теплоносія на виходів з випарника в грошових та екологічних показниках

Як видно з рис. 1, економічно доцільним діапазоном температури теплоносія на виході з випарника є  $-8^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$ , а оцінка за екологічними критеріями дозволяє визначити  $2^{\circ}\text{C}$  як ефективну температуру розчину етиленгліколю на виході з випарника.

Слід зауважити, що для температури теплоносія  $5^{\circ}\text{C}$  є можливість використання очищеної води, а для менших температур – розчину етиленгліколю. Заповнення ґрунтових теплообмінників водою, за орієнтовними розрахунками, дозволить зменшити витрати на створення всієї системи на 1,0...1,5 млн. грн.

Аналіз отриманих результатів показав, що значна частка економічних витрат всієї системи припадає на розробку вертикальних ґрунтових теплообмінників. Натомість екологічні оцінки вказують на суттєвий вплив від виробництва електроенергії для компресора.

Таким чином, не дивлячись на близькі результати по ефективній температурі теплоносія на виході з випарника, слід звернути увагу на значну розбіжність у співвідношенні витрат на систему з тепловим насосом та ґрунтовими теплообмінниками, розрахованих за техніко-економічним методом та методом оцінки впливу життєвого циклу системи в екологічних показниках.

Такі розбіжності, на нашу думку, викликані, з одного боку, недостатнім розвитком технологій створення ґрунтових теплообмінників для теплонасосного обладнання, а з іншого, недостатніми витратами на подолання екологічних наслідків виробництва електроенергії на теплових електростанціях. Отже, оцінка ефективності систем за екологічними показниками є, на нашу думку, більш перспективною.

Не дивлячись на значні капіталовкладення теплонасосні технології з ґрунтовими теплообмінниками мають ряд переваг перед традиційними джерелами енергії: перспективність даних технологій в майбутньому, зменшення шкідливих викидів в місці розташування опалюваного об'єкту, доступність електроенергії, простота та зручність регулювання, високий рівень автоматизації, висока енергоефективність.

### Висновки

В роботі проаналізовано ефективні режими роботи теплонасосного обладнання з ґрунтовими теплообмінниками для відбору поновлюваної геотермальної енергії.

Виявлено вплив температури теплоносія на виході з випарника реверсивного чіллера, виконано оцінку витрат на ґрунтовий теплообмінник та на електроенергію для компресора реверсивного чіллера «вода-вода».

Виявлено, що за економічними показниками раціональні температури теплоносія на виході з випарника знаходяться в межах  $-8...0^{\circ}\text{C}$ . А за екологічними – близько  $2^{\circ}\text{C}$ . Перевагою варіанту з температурою  $5^{\circ}\text{C}$  є можливість заповнення ґрунтових теплообмінників очищеною водою замість водного розчину етиленгліколю.

Два методи оцінки суттєво відрізняються за основним елементом витрат: для економічного аналізу – це витрати на створення теплообмінника; а для екологічної оцінки – техногенне навантаження від виробництва електроенергії. Більш перспективними, на нашу думку, методом оцінювання є метод оцінки впливу життєвого циклу виробу у екологічних показниках.

Не дивлячись на значні капіталовкладення в теплонасосні технології впроваджуючи такі системи можна досягати економії викопного палива; шкідливих викидів в місці виробництва теплоти, зменшення витрат на обслуговування, вирівнювання графіку споживання електроенергії.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплоснабження. // Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. – 2017. – №1. – С. 118-122.

2. Сидорчук Б. П. Про задачу визначення передаточної функції ґрунтового теплообмінника / Б. П. Сидорчук // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2014. – Вип. 3(67). – С. 332-338.

3. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – М.: Москомархитектура. ГУП "НИАЦ", 2001. – 139 с.

4. Технічні характеристики реверсивного чіллера DYNACIAT. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ciat.com>

5. Степанов Д.В. Теплонасосна установка для теплоснабження ДНЗ №10 в м. Жмеринка. / Д. В. Степанов, М. В. Обуховський // Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України 2017», м. Вінниця, 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egcu2017/paper/viewFile/3340/2795>

6. Sima Pro – професійний інструмент для прийняття усталених рішень шляхом оцінки життєвого циклу системи. Режим доступу: <https://simapro.com>

**Степанов Дмито Вікторович** — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Stepanovdv@ukr.net

**Обуховський Максим Васильович** — студент групи ТЕ-17мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 380680426625maks@gmail.com

**Stepanov Dmytro V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Stepanovdv@ukr.net

**Obuhovsky Maksym V.** – student of TE-17mi group, Faculty Building, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 380680426625maks@gmail.com