

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Проведено дослідження по удосконаленню теплонасосних систем, що використовують низькопотенційну теплоту потоку, виявлені можливі способи підвищення техніко-економічних показників даних систем теплопостачання, відповідно до них запропонований ряд рішень.

**Ключові слова:** тепловий насос, теплообмінник, теплоносії, теплопередача, колектор, поліетиленові труби, водне середовище, тепловіддача.

### Annotation

A study was conducted on the improvement of heat pump systems, which low-potential flow heat is used, possible methods are identified increasing the technical and economic indicators of these heat supply systems, a number of solutions are proposed in accordance with them.

**Key words:** heat pump, heat exchanger, coolant, heat transfer, collector, polyethylene pipes, water environment, heat transfer.

### Вступ

При дослідженні по удосконаленню теплонасосних систем за основу було взято відому схему ТНУ із замкнутим контуром відбору НПТ, по якому циркулює низькозамерзаючий теплоносії (рис. 1.1). Метод розподілу виробленої теплоти в контексті роботи не має значення, тому за базовий варіант взято схему з безпосереднім нагрівом повітря в теплообміннику-конденсаторі ТН.

### Основна частина

Виходячи з огляду застосовуваних схем вилучення низькопотенційної теплоти (НПТ) з водного середовища, за основу для подальшого розгляду була взята схема ТНУ (тепло насосної установки) нетоксичної паливної системи з замкнутим контуром відбору НПТ, по якій циркулює низькозамерзаючий теплоносії (рис.1.1). Такий спосіб відбору НПТ з водного середовища можна назвати найбільш універсальним. Спосіб розподілу виділяемого тепла в контексті експлуатації не має значення, тому за базову схему взято схему з безпосереднім нагріванням повітря в теплообміннику-конденсаторі ТН (теплогового насоса).

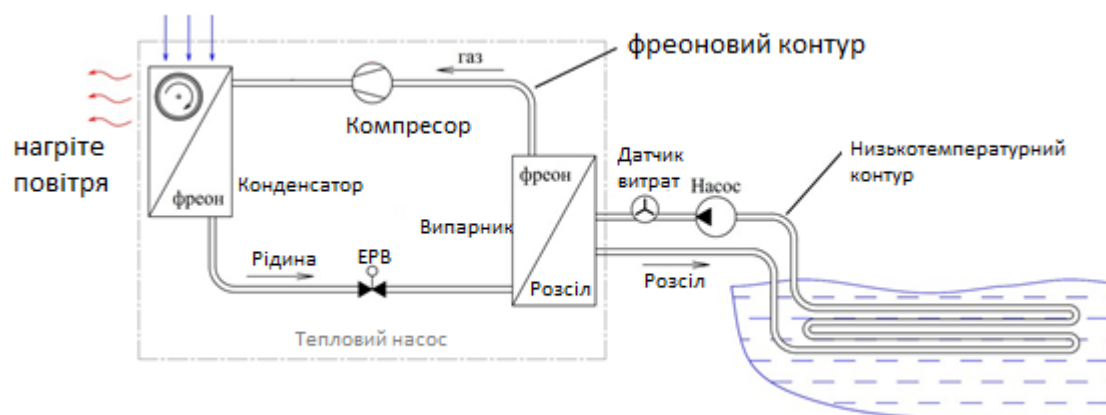


Рисунок 1 - Схема теплонасосної установки з контуром відбору НПТ з водотоку

Якщо говорити про теплообмінну конструкцію, в якій теплоносії безпосередньо нагрівається за

рахунок теплоти водного середовища, то для даної схеми можливі різні її варіанти. Для вилучення тепла з водного середовища, як правило, використовується укладання на дно матів із поліетиленових труб, через які закачується теплоносій на основі гліколю. За аналогією з ґрунтовими колекторами цей варіант можна назвати донним колектором. Незважаючи на простоту конструкції і низьку вартість поліетиленових труб, такий спосіб відбору тепла не завжди є найбільш раціональним.

В результаті аналізу були визначені умови, при яких описаний метод може бути доцільним, і виявлені його недоліки та можливі області оптимізації у випадку відбору тепла з водного середовища, ґрунту.

У разі відбору тепла з водного середовища картина змінюється. Стаціонарну водну масу в непроточній водоймі, особливо в районі дна, не можна назвати середовищем з великою тепловіддачею, але виникаючі конвективні потоки дозволяють використовувати схеми з більшою щільністю теплового потоку і меншою поверхнею теплообміну. Таким чином, в ряді ситуацій конкуренцію донним колекторам з поліетиленових труб можуть скласти більш компактні занурюючі теплообмінники. Але на сьогоднішній день спостерігається брак наявних даних і відсутність будь-яких порівняльних досліджень, які б дозволили точно визначити оптимальні рішення в кожному конкретному випадку відбору тепла з водного об'єкта [1].

У свою чергу, водотік, навіть при невеликій швидкості течії, можна назвати середовищем з високою тепловіддачею, і цю особливість доцільно використовувати для досягнення найкращих техніко-економічних показників ТН, який використовує тепло водотоку. Можна припустити, що використання традиційної схеми з донними матами в даному випадку стає нераціональним через низьку інтенсивність теплообміну між водним середовищем і трубою, що тягне за собою такі наслідки:

- підвищена витрата матеріалу через необхідність використання труби більшої довжини і, в деяких випадках, виготовлення для неї рами більшого розміру або декількох рам, а також значної кількості теплоносія, необхідного для заповнення труби;
- необхідність достатнього розміру дна, доступного для розміщення конструкції;
- підвищені енерговитрати на перекачування теплоносія через значну довжину труби;
- підвищена невідповідність між температурою теплоносія на виході з труби і середньою температурою водотоку, що особливо проявляється при наявності на дні шару мулових відкладень, які обмежують конвективний теплообмін і збільшують температурний градієнт між зануреною трубою в мул і основною масою води у верхній частині водотоку.

Останній показник має велике значення, так як максимальне наближення температури теплоносія до температури джерела НТП дозволяє досягти найвищих показників продуктивності і ефективності теплового насоса [3]. Ступінь наближення температури теплоносія до температури джерела НТП визначається градієнтом температури в теплообмінному пристрої, який при заданій площі теплообміну обернено пропорційний коефіцієнту теплопередачі. З теорії тепломасообміну [4] відомо, що при одній і тій же швидкості потоку теплопередача більш інтенсивна при поперечному обтіканні труб, ніж при поздовжньому обтіканні або при обтіканні під деяким проміжним гострим кутом. Якщо бути більш точним, то вирази для критерію Нуссельта для випадку поперечного обтікання труб дають більші значення при тих же числах Рейнольдса, ніж вирази для інших випадків обтікання, і виходячи з цього набувають найбільші значення коефіцієнта теплопередачі на межі розділу вода-стінка.

Звідси випливає, що максимальної інтенсифікації теплообміну за рахунок природного руху води необхідно по можливості орієнтувати у воді якомога більшу частину занурювальних труб перпендикулярно течії, а також розміщувати їх в зоні найбільшої швидкості потоку.

Все це недосягається в схемах з донними матами або іншими занурювальними конструкціями.

Для переважного перпендикулярного перебігу розміщення труб необхідні конструкції у вигляді трубних ґратів, у яких основна довжина теплообмінного трубопроводу представлена прямими, паралельними один одному ділянками труб.

Окремим випадком трубчастої ґратки можна назвати плоский змієвик. У той же час раціональним варіантом теплообмінника є гладкі неребристі трубки круглого перерізу, що значно знижують ймовірність його засмічення водоростями і сміттям, а також спрощує його виготовлення [2].

Крім того, з перерахованих недоліків відомої схеми з донними матами або подібними конструкціями одним з найбільш суттєвих є необхідність використання значної кількості теплоносія - антифризу, необхідний обсяг якого вимірюється сотнями і тисячами літрів. В даний час в якості теплоносія зазвичай використовується водний розчин етиленгліколю або пропіленгліколю. У той же час етиленгліколь є токсичною речовиною і становить небезпеку для людини і навколишнього

середовища, а пропіленгліколь хоч і безпечний, але більш в'язкий і має більш високу вартість, що позначається на вартості всієї установки. Наприклад, вартість теплоносія на основі пропіленгліколю, необхідного для заповнення описуваних конструкцій з поліетиленових труб, значно перевищує вартість самих поліетиленових труб та інших комплектуючих. Таким чином, використання застосовуваних теплоносіїв, як мінімум, значно збільшує вартість системи [3].

Виходячи з вищевикладеного, можна сформулювати такі основні заходи, яких слід дотримуватися для досягнення поставлених цілей:

– використання переваг рухомого середовища у водотоку шляхом розміщення пристрою для відбору тепла у вигляді трубчастої ґратки в зоні активної течії з розміщенням труб поперечно течії, замість традиційного випадкового розміщення на дні;

– оптимізація параметрів низькотемпературного контуру, в першу чергу геометричних параметрів теплообмінного пристрою, гідравлічного опору контура і витрати теплоносія.

### Висновок

В результаті проведеного аналізу було визначено основні недоліки існуючих схем та виявлено можливості для оптимізації техніко-економічних параметрів теплонасосних систем тепlopостачання, що використовують НПТ поверхневих водотоків. Позначено такі основні заходи, яких слід дотримуватися для досягнення поставлених цілей:

- використання переваги навколишнього середовища у водотоці шляхом розміщення пристрою відбору теплоти у вигляді трубної ґратки в зоні активної течії з розташуванням труб поперечно течії;

- оптимізація параметрів низькотемпературного контуру, насамперед геометричних параметрів теплообмінного пристрою, гідравлічного опору контуру та витрати теплоносія.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами: ДСТУ Б В.2.5-44:2010. – [Чинний від 2010-09-01]. – К., 2010. – 46 с. – (Національний стандарт України).
2. Безродний М. К. Термодинамічна ефективність теплонасосних систем повітряного опалення / М. К. Безродний, М. А. Галан // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2011. – №6. – С. 30 - 36.
3. Редько О. Ф. Комбіновані системи тепlopостачання з відновлювальними джерелами тепла / О. Ф. Редько, О. М. Тарадай, В. В. Чернокрилюк, Є. С. Єсін // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – №10 (129). – С. 42 – 46.
4. Співак О.Ю. Тепломасообмін / О.Ю.Співак, Н.В.Резидент // Вінниця: ВНТУ, 2021 -113с.

**Слободян Наталія Михайлівна** – доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, email: [NSlobodian61@gmail.com](mailto:NSlobodian61@gmail.com).

**Гончарук Віктор Олександрович** – аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, email: [sanderlend@ukr.net](mailto:sanderlend@ukr.net)

**Slobodian Natalia** – lecturer of department of engineering systems in construction Vinnitsia National Technical University, email: [NSlobodian61@gmail.com](mailto:NSlobodian61@gmail.com).

**Goncharuk Viktor Oleksandrovych** – graduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsia National Technical University, email: [sanderlend@ukr.net](mailto:sanderlend@ukr.net)