

УДК 662.61:621

Т.В.Суржик, канд.техн.наук (Ін-т відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Деякі принципи підвищення ефективності використання теплонасосних установок

Проведено аналіз термодинамічних циклів роботи теплонасосної установки та визначено раціональні режими її функціонування.

Проведен анализ термодинамических циклов работы теплонасосной установки и определены рациональные режимы ее функционирования.

З метою підвищення ефективності застосування теплонасосної установки (ТНУ) шляхом визначення раціональних умов функціонування проведено аналіз термодинамічних циклів її роботи.

Розглядається одноступінчаста парокомпресорна ТНУ, в якій у якості джерела теплоти використовується зовнішнє повітря, а конденсація відбувається за рахунок охолодження водою ("повітря – вода"), робоча речовина ТНУ – фреон R_{12} [1].

Аналіз термодинамічних циклів. Прослідкуємо, як впливає зміна тиску у випаровувачі та конденсаторі та, відповідно, температура випаровування і конденсації фреону на характеристику теплового насоса. При зменшенні тиску випаровування і температури випаровування (при постійному тиску конденсації) теплової (холодильної) потужності теплового насоса зменшується у зв'язку з ростом питомого об'єму робочої речовини R_{12} та зменшенням коефіцієнта подачі. При підвищенні температури конденсації t_k шляхом застосування компресора з великою подачею в умовах експлуатації одночасно з ростом температури конденсації знижується температура випаровування (а робота, яка витрачається на адіабатичне стиснення, зростає більш інтенсивно, ніж теплової потужності). При цьому тиск конденсації впливає на параметри теплового насоса у меншій мірі, ніж тиск випаровування. У зв'язку з цим для ефективної роботи теплового насоса необхідно поряд із невисоким тиском конденсації збільшувати тиск випаровування в ТНУ.

Крім того, необхідно також враховувати ті обмеження на режим роботи ТНУ, які вносять умови експлуатації, конструкції ТНУ і характеристика хладону R_{12} . Так, максимально можлива температура конденсації обмежується гранично допустимим тиском у конденсаторі. Для хладону R_{12} при тиску 12,26 бар температура конденсації становить 50°C , а при гранично допустимому тиску (для деяких конструкцій ТНУ) 15 бар – 59°C , що обмежує область використання таких ТНУ. Мінімальна температура конденсації, яка визначається областю застосування ТНУ, повинна становити $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$, що допускає автономну її експлуатацію (без додаткового нагрівання води в системі тепlopостачання).

Температура випаровування фреону у випаровувачі повинна бути нижчою за температуру зовнішнього повітря, яке поступає у випаровувач. При визначенні гранично допустимої температури випаровування фреону слід враховувати ефективність роботи установки в умовах від'ємних температур зовнішнього повітря.

Ефективність роботи ТНУ в області від'ємних температур зовнішнього повітря невисока. Різко знижується потужність ТНУ і коефіцієнт її перетворення. При від'ємних значеннях температури зовнішнього повітря, більших за мінус 10°C , значення коефіцієнта перетворення ТНУ наближається до 1 [2]. У зв'язку з цим експлуатація ТНУ в системі тепlopостачання об'єкта при від'ємних температурах зовнішнього повітря є економічно недоцільною.

Для підвищення ефективності роботи ТНУ в зимовий період необхідно збільшувати температуру теплоносія (зовнішнього повітря) за рахунок попереднього підігріву, наприклад:

1. Використовувати принципи рециркуляції повітря, змішуючи зовнішнє повітря з частиною внутрішнього витяжного повітря приміщень.

2. Підігрівати повітря в пасивних та активних геліосистемах.

3. Застосовувати рекуперативні та інші системи підігрівання повітря з використанням вторинних енергетичних ресурсів або інших джерел енергії.

Підвищенню ефективності роботи ТНУ також сприяє додатковий перегрів парів агента після випаровувача перед компресором (при цьому також відбувається більш глибоке охолодження робочого агента ТНУ перед його подачею через терморегулюючі вентиля камер до випаровувача), що вирішується шляхом використання у схемі ТНУ додаткового теплообмінного апарата – постконденсатора. В даній схемі ТНУ включає в себе таке основне обладнання: 1 – конденсатор; 2 – випаровувач (повітроохолоджувач); 3 – регенеративний теплообмінник (постконденсатор); 4 – компресор.

ТНУ обладнана також фільтром-осушувачем 6, датчиками реле тиску та реле температури, вентилями (мембранним і терморегулюючим) та іншою запірною-регулюючою арматурою.

Принцип роботи ТНУ звичайний для одноступінчастої компресорної машини. Компресор стискує пари холодильного агента до тиску конденсації і нагнітає їх у конденсатор. В конденсаторі гарячі пари холодильного агента охолоджуються і конденсуються. З конденсатора рідкий агент через осушувач-фільтр подається у регенеративний теплообмінник (постконденсатор), де переохолоджується за рахунок теплообміну з парами агента, які відсмоктуються компресором із повітроохолоджувача. З регенеративного теплообмінника агент по рідинній магістралі подається до терморегулюючого вентиля камери. В терморегулюючому вентилі рідкий R_{12} дроселюється від тиску конденсації до тиску кипіння. Холодильний агент поступає у повітроохолоджувач і кипить, відбираючи теплоту з навколишнього середовища, тобто із зовнішнього повітря.

Пари холодоагента, які утворюються у процесі кипіння, відсмоктуються з повітроохолоджувачів через теплообмінник, де перегріваються за рахунок теплообміну з рідким холодоагентом. Сухі перегріті пари агента всмоктуються компресором і далі цикл повторяється.

Визначення параметрів вузлових точок. Параметри вузлових точок визначалися за допомогою T,S -діаграми. На рис. 1 наведено спрощену схему ТНУ та нанесені основні вузлові точки циклів. Цикл представлено в координатах T,S -діаграми (рис. 2). Холодильний агент R_{12} , який поступив у випаровувач (повітроохолоджувач) кипить за рахунок теплоти, що відбирається із зовнішнього повітря, і випаровується. Ступінь сухості парів при цьому зростає. Ізобарно-ізотермічний процес підведення теплоти до холодоагента R_{12} у випаровувачі від повітря відображається в T,S -діаграмі на рис. 2 лінією 1-2. Тиск (P_1) $P_{\text{вип}}$ вибирається таким чином, щоб температура насичення, яка відповідає цьому тискові, була дещо нижчою від температури охолодженого повітря.

З випаровувача пари R_{12} поступають у регенеративний теплообмінник, де перегріваються за рахунок теплообміну з рідким агентом R_{12} , який поступив у регенеративний теплообмінник із конденсатора. Область перегріву парів R_{12} у регенеративному теплообміннику на T,S -діаграмі – це лінія 2-3.

Сухі перегріті пари R_{12} із регенеративного теплообмінника поступають у компресор, де вони адіабатно стискуються від тиску $P_{\text{вип}}$ до тиску P_k , що відповідає температурі конденсації (лінія 3-4). У процесі адіабатного стискування (лінія 3-4) ступінь сухості парів зростає, так що з компресора виходить суха перегріта пара і направляється в конденсатор. У конденсаторі за рахунок віддачі теплоти охолоджуючій воді системи теплопостачання відбувається конденсація пари.

Процес конденсації відбувається по ізобарі-ізотермі 5-6, так що з конденсатора виходить рідкий агент у стані насичення, що відповідає точці 6 на T,S -діаграмі.

У випадку, коли процес відводу проходить по ізотермі, різниця температур парів, що конденсуються, та охолоджувальної води може бути досить малою.

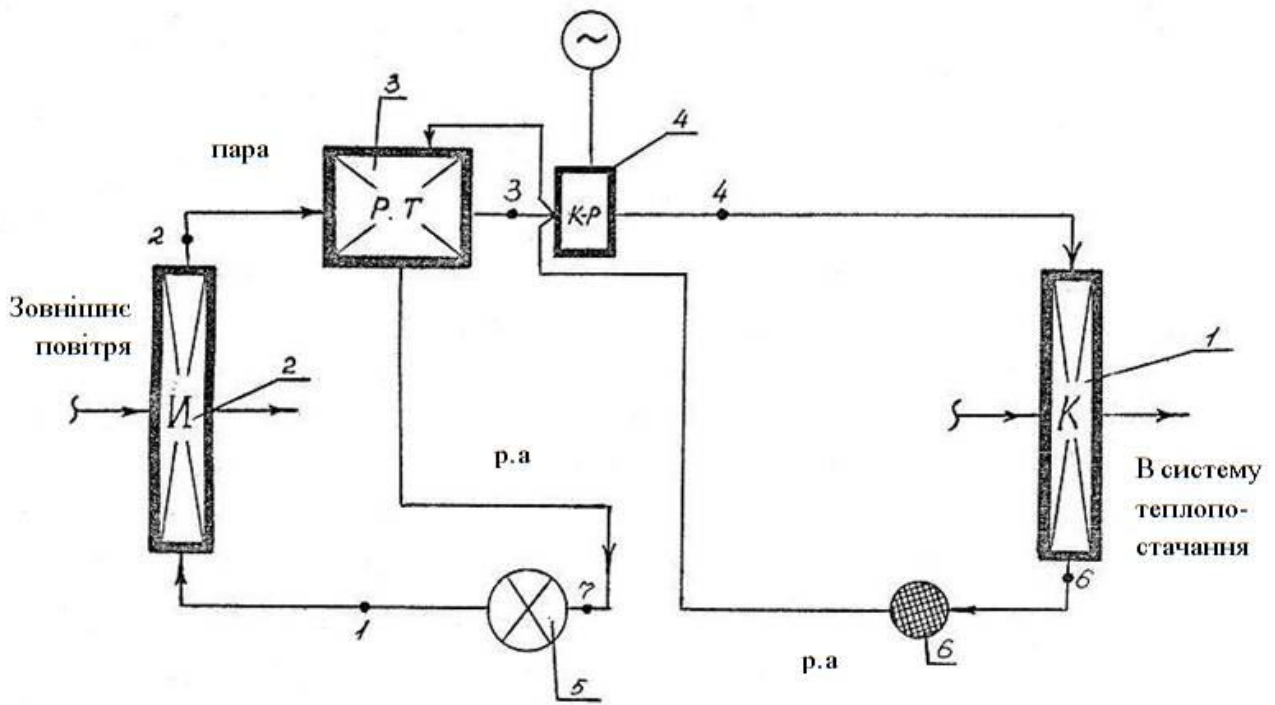


Рис. 1. Р.а. – рідкий агент; 1 – конденсатор; 2 – випаровувач (повітроохолоджувач); 3 – регенераційний теплообмінник (постконденсатор); 4 – компресор; 5 – терморегулюючий вентиль (дросель); 6 – осушувач-фільтр.

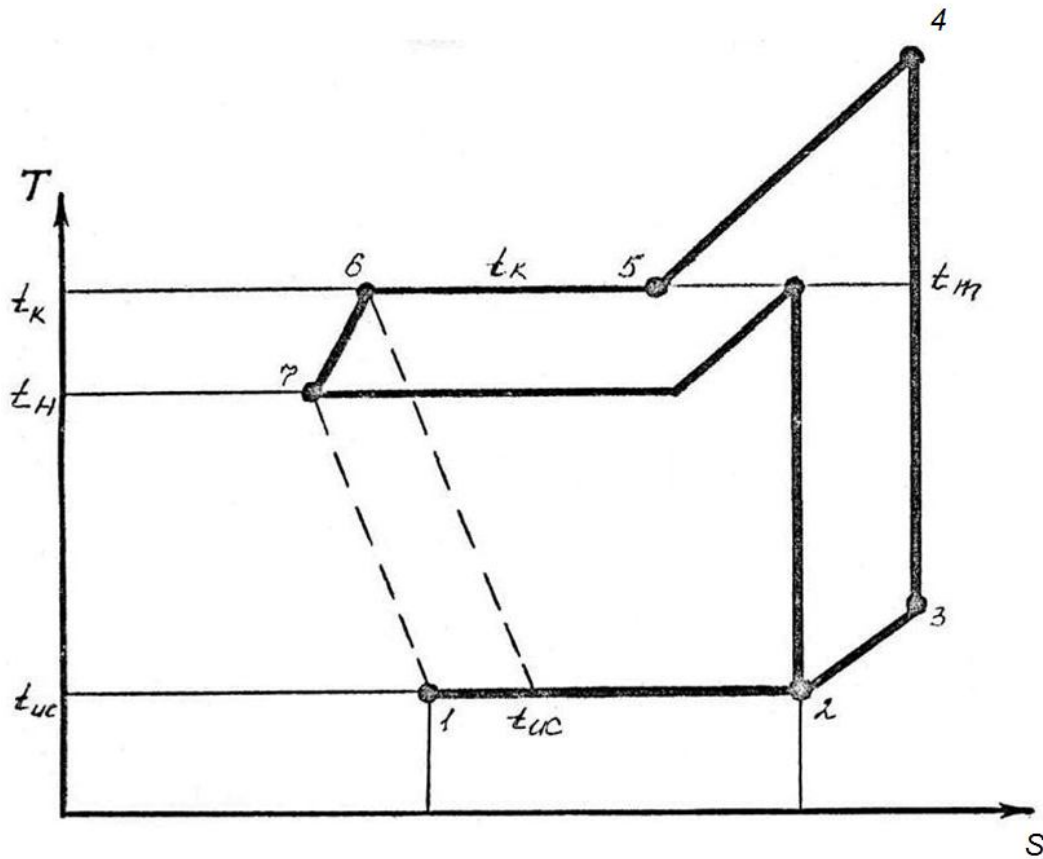


Рис. 2.

З конденсатора рідкий агент через осушувальний фільтр подається у регенеративний теплообмінник (постконденсатор), де переохолоджується за рахунок теплообміну з парами агента, які відсмоктуються компресором із повітроохолоджувача-випаровувача (лінія 6-7 на T,S -діаграмі).

З регенеративного теплообмінника агент по рідинній магістралі подається до терморегулюючих вентилів камер, де він дроселюється від тиску конденсації P_k (P_7) до тиску випаровування $P_{вин}$ (P_1). Дроселювання пари завжди проходить зі зниженням температури. Процес адіабатного дроселювання (лінія 7-1 на T,S -діаграмі) супроводжується зростанням ентропії агента, що дроселюється; ентальпія речовини в результаті адіабатного дроселювання не змінюється.

Процес дроселювання (тобто процес без віддачі зовнішньої роботи) – це незворотній процес. У зв'язку з тим, що незворотні процеси не можуть бути відображені в діаграмах стану, то відображення лінії розширення при дроселюванні в T,S -діаграмі є умовним.

При виході з терморегулюючого вентиля пари R_{12} знову поступають у випаровувач-повітроохолоджувач і цикл повторюється.

Висновки. Для підвищення ефективності роботи теплового насоса "повітря-вода" необхідно:

1. Поряд із невисоким тиском конденсації збільшувати тиск випаровування теплового насоса.

2. У зимовий період (при від'ємних температурах зовнішнього повітря) необхідно підвищувати температуру теплоносія (зовнішнього повітря) за рахунок використання принципу рециркуляції витяжного повітря, сонячної енергії (в геліосистемах), вторинних та інших джерел енергії.

3. Використовувати у схемі ТНУ додатковий теплообмінний апарат – постконденсатор.

1. Суржик Т.В., Никитенко Г.В. Оптимизация параметров режима работы теплонасосной установки // Проблемы создания и использования возобновляемых источников энергии. – 1991. – № 1. – С. 36–42.

2. Данилова Г.Н. и др. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г.Н. Данилова, С.И. Богданов, О.П. Иванова. – Л.: Машиностроение, 1983. – 328 с.