

О.В. Петренко, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

Д.П. Семенюк, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПІДТРИМКИ ТИСКУ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ НА CO₂

Останнім часом холодильні системи на CO₂ одержали широке поширення в системах холодопостачання підприємств ритейлу, холодильної та кліматичної індустрій.

Властивості CO₂ дуже відрізняються від властивостей ГФВ. Основною проблемою для проєктувальників є високий робочий тиск. Але з іншого боку, CO₂ притаманні високі термодинамічні показники та низькі втрати тиску, що дає можливість створення високоефективних холодильних систем.

CO₂ як холодоагент може використовуватися у холодильних системах різних типів, як субкритичних, так і транскритичних. При застосуванні CO₂ як холодоагенту для будь-яких типів холодильних систем необхідно враховувати як потрійну, так і критичну точку. За тиску 5,2 бар і температурі -56,6 °C CO₂ досягає, так званої, потрійної точки. У цій точці всі три фази існують у рівноважному стані. За температури 31,1 °C і тиску 73,6 бар CO₂ досягає своєї критичної точки. У цій точці густина CO₂ у рідинній і паровій фазі однакова. Отже, розходження між двома фазами зникає й CO₂ існує в транскритичній фазі, тобто CO₂ не може конденсуватися при температурі вище 31 °C.

Для більшості холодильних установок, що працюють на традиційних холодоагентах, зупинка не тягне за собою підвищення максимального робочого значення тиску для компонентів системи. Для системи на CO₂ тиск при простой може досягати величини 65–80 бар (що відповідає температурі 25...30 °C). Це перевищує величину максимального робочого тиску більшості компонентів системи та вимагає додаткових заходів для зниження та підтримки тиску, серед найбільш поширених – допоміжна система охолодження ресивера, випускні системи CO₂, а також система з додатковим розширювальним ресивером.

Існують два головних фактори, які визначають тиск CO₂ при простой: температура навколишнього середовища, ступінь заправлення системи.

Поки CO₂ перебуває у вигляді рідини, тиск у системі буде дорівнювати тиску насичення, відповідаючи навколишній температурі

(наприклад, якщо навколишня температура дорівнює 20 °С, то й тиск відповідно буде приблизно 57 бар).

Якщо CO₂ перебуває у вигляді газу, то його тиск є не насиченим і зростає повільніше, хоча величина цього тиску буде вище, ніж у традиційних холодоагентів за тих самих умов. Наприклад, якщо весь холодоагент CO₂ перетвориться в газ при температурі 0 °С, то відповідно його тиск буде дорівнює 34,8 бар. Якщо потім навколишня температура підвищиться до 30 °С, то величина тиску збільшиться тільки до 42,5 бар. Цей принцип може бути використаний для обмеження росту тиску в системі за умови заправлення в систему обмеженої кількості холодоагенту, а для підтримки прийнятного рівня тиску передбачити додатковий окремих розширювальний ресивер для CO₂.

Коли тиск у системі збільшиться, холодоагент CO₂ перепускається в цей ресивер через спеціальний клапан. Головна умова – досить великі розміри розширювального ресивера, щоб прийняти кількість холодоагенту достатню для підтримки постійного тиску в іншій частині системи. При запуску системи газ CO₂ повертається в усмоктувальну лінію через регулятор тиску, на якому встановлений спеціальний регулюючий пристрій.

Найбільш поширеними заходами для підтримання тиску при зупинці транскритичної холодильної установки є допоміжна система охолодження ресивера та часткове стравлювання CO₂ в атмосферу.

У разі збільшення тиску в системі невелика кількість CO₂ може бути видалена в атмосферу перш ніж він досягне гранично допустимої величини, передбаченої проектом. При цьому відбувається охолодження рідкого CO₂, що залишився в ресивері, завдяки закипанню. Цей спосіб може бути економічно ефективний в тому випадку коли тільки невелика кількість CO₂ буде випущена в атмосферу, але на практиці, при спрацьовуванні запобіжних клапанів випуск CO₂ відбувається в набагато більшому обсязі.

Для комерційних холодильних систем (наприклад, систем супермаркетів або гіпермаркетів, розподільних складів і т.д.) при охолодженні ресивера CO₂ використовується компресорно-конденсаторний агрегат невеликої холодопродуктивності. Коли тиск у системі, що простояє, починає зростати, запускається допоміжна холодильна установка для охолодження ресивера з холодоагентом CO₂, тим самим не даючи тиску перевищити максимально допустимий рівень. Звичайно, на кожні 1000 кВт холодопродуктивності системи CO₂ прийнято використовувати 4 кВт холодопродуктивності допоміжної системи охолодження ресивера CO₂ (пропорція 4:1000).