

МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ
ТА ОБСЯГУ РЕСИВЕРА ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ

Петренко О. В., к.т.н., доц., e-mail: petrenkoolena23@gmail.com

Державний біотехнологічний університет

Білецький Е. В., д.т.н., проф., e-mail: bileckyj.e@gmail.com

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Актуальність дослідження. Традиційні інженерні розрахунки кількості холодоагенту, що наводяться у технічній літературі, часто є лише приблизними. Ключовим їхнім недоліком є ігнорування міграції холодоагенту по холодильному контуру в періоди простою холодильної системи. Це призводить до неточного визначення робочих параметрів та, зокрема, до помилкового визначення розмірів ресивера. Як наслідок, виникає високий ризик потенційних збоїв у роботі холодильної системи, що спричиняє фінансові втрати та необхідність позапланового обслуговування.

Мета дослідження полягає у систематизації та обґрунтуванні методології розрахунку обсягу ресивера та кількості холодоагенту в холодильних системах з урахуванням їх конструктивних особливостей та практичних умов експлуатації.

Основні матеріали досліджень. Для коректного визначення необхідної кількості холодоагенту необхідно враховувати коефіцієнт заповнення φ — відношення обсягу секції, заповненої рідиною V_F , до загального обсягу цієї секції V .

$$\varphi = \frac{V_F}{V}. \quad (1)$$

Загальна кількість циркулюючого в системі холодоагенту дорівнює M

$$M = \sum_{i=1}^n V_i (\varphi_i \cdot \rho_p + (1 - \varphi_i) \cdot \rho_n), \quad (2)$$

де V_i — внутрішній обсяг секції установки, м³; i — порядковий номер n секції в системі; ρ_p — густина рідини, кг/м³; ρ_n — густина пари, кг/м³.

Значення густини холодоагенту беруться з таблиць властивостей пари або діаграм властивостей, з урахуванням температури і тиску на відповідній ділянці холодильної системи [1]. Оскільки випарник та конденсатор містять як пару, так і рідину, для них використовуються дослідні коефіцієнти заповнення, які залежать від конструкції та рівня навантаження. Кількість холодоагенту спершу розраховується без урахування ресивера, оскільки його розміри суттєво залежать від схеми холодильного контуру.

Ресивер є ключовим елементом для запобігання неполадок у роботі холодильної системи, які можуть виникнути внаслідок штатних ситуацій та змін умов навколишнього середовища. Тому необхідно заздалегідь чітко визначити його функціональне призначення. Це може бути повний обсяг, призначений для прийому всього обсягу холодоагенту (наприклад, на час ремонтних робіт), або компенсаційний обсяг, який використовується для компенсації витрати холодоагенту через змінні умови експлуатації, як-от часткове навантаження чи коливання температури навколишнього середовища. Слід прагнути до використання найменшого можливого за обсягом ресивера, оскільки це дозволяє скоротити загальну кількість холодоагенту в системі, знижуючи витрати на його закупівлю та мінімізуючи потенційну екологічну шкоду у разі аварії. Хоча занадто великий ресивер не створить додаткових труднощів, він матиме високу вартість, тоді як невиправдано малий ресивер, навпаки, може стати причиною виходу установки з експлуатації.

Після обчислення необхідної кількості холодоагенту та всіх залежних від неї термодинамічних параметрів, а також детермінації функціонального призначення ресивера, що підлягає інсталяції, розраховують його робочий обсяг враховуючі конструктивні особливості холодильних систем.

$$\Delta V = \sum_{i=1}^n \frac{V_i \cdot \varphi_i \cdot (\rho_{F_{\max}} - \rho_{F_{\min}}) |_{i}}{\rho_{F_{\text{розр}}}} \cdot 10^3. \quad (3)$$

Для забезпечення необхідних допусків заповнення, обсяг компенсаційного ресивера розраховується як подвійна величина від встановленої різниці обсягів.

$$V_{\text{компенс}} = 2 \cdot \Delta V. \quad (4)$$

Для розрахунку ресивера з залишковим заповненням, що не призначений для прийому всього обсягу холодоагенту

$$V_{\text{треб}} = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{0,9 \cdot \rho_{F_{\text{розр}}}} \cdot 10^3. \quad (5)$$

Висновок. Належний розрахунок обсягу ресивера є визначальним для встановлення коректної кількості холодоагенту в системі, причому фінальна заправна маса може бути обчислена лише після врахування внутрішнього обсягу обраного ресивера.

Для компактних холодильних установок (з теплообмінниками повітряного або водяного охолодження), де основні компоненти (випарник, розширювальний клапан, компресор і конденсатор) змонтовані в єдиному корпусі, достатньо застосування малого компенсаційного ресивера для поглинання холодоагенту, після розширення.

Натомість, у холодильних системах із зовнішнім конденсатором (переважно повітряного охолодження) необхідно обов'язково враховувати можливу міграцію холодоагенту у зовнішні ділянки контуру під час зупинки компресора. Якщо розрахункова потреба в холодоагенті при простоті перевищує потребу в робочому режимі, слід передбачити ресивер для вміщення цього надлишку.

Особливі вимоги стосуються холодильних систем, оснащених регуляторами тиску в конденсаторі: їхній ресивер має бути спроектований таким чином, щоб у ньому завжди залишалася мінімально необхідна кількість холодоагенту, навіть у разі його відходу під час простою.

З точки зору безпеки, якщо ресивер може бути ізольований за допомогою запірної арматури на вході та виході, необхідно забезпечити скидання надлишкового тиску рідини. Це досягається встановленням запобіжного пристрою, наприклад, автономного клапана, що перепускає холодоагент із надлишковим тиском на бік всмоктування для запобігання перевищенню допустимого робочого тиску.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хмельнюк, М. Г. Холодильні установки спеціального призначення: підручник / Хмельнюк М.Г., Подмазко О.С.; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Херсон : Вид. Грінв Д. С., 2013. - 488 с.