

## ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ШТУЧНОГО ХОЛОДУ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проведено огляд інженерних рішень холодильних систем, які найчастіше використовуються при проектуванні систем холодопостачання промислових об'єктів. Розглянуто переваги та недоліки а також шляхи підвищення ефективності систем холодопостачання.*

**Ключові слова:** безпосереднє кипіння; насосна подача; проміжний холодоносій; система холодопостачання; холодоагент.

### Abstract

*A review of the engineering solutions of refrigeration systems, which are most often used in the design of cooling systems for industrial objects. The advantages and disadvantages as well as ways to improve the efficiency of cooling systems are considered.*

**Keywords:** intermediate coolant, direct boiling, pump feeding, cooling system, engineering solutions, refrigerant.

### Вступ

Системи з виробництва холоду є одними з найбільших енергоспоживачів в енергетичному балансі підприємств. Тому постійним завданням для холодильної індустрії є підвищення енергоефективності та продуктивності елементів, що входять до складу холодильних установок.

Розробники холодильних компонентів постійно вдосконалюють техніку, створюючи надійні та ефективні компресори, теплообмінне обладнання, автоматику. На сьогодні накопичено великий досвід створення надійних холодильних установок різних схем і призначень, у яких робота всіх компонентів оптимізована та ефективна[1; 2]. Розроблюються та впроваджуються зручні комп'ютерні програми, що дозволяють не тільки підбирати та розраховувати холодильну техніку, але й моделювати її роботу залежно від різних режимів експлуатації. Однак при всьому різноманітті сучасної техніки та технічної підтримки дуже важливим моментом під час впровадження холодильних систем є кінцеве інженерне рішення, за якого треба правильно використовувати знання техніки та творчо застосовувати наукові принципи проектування. Прикладом необхідності застосування правильного інженерного підходу є проектування об'єктів із великою кількістю споживачів штучного холоду. Як правило, для таких об'єктів проектується централізована система холодопостачання, де ключовим моментом є вибір схеми, за якою до споживачів буде подаватися холодоносій[2].

### Результати досліджень

Розглянемо схему безпосереднього кипіння холодоагента у випарниках охолоджувальних пристроїв кожного зі споживачів, яка найчастіше застосовується в схемних рішеннях систем централізованого холодопостачання. У цьому випадку циркуляція холодоагента системою трубопроводів здійснюється компресорами. Головний недолік такого технічного рішення – великі магістральні втрати тиску, що знижують ККД системи та проблеми з віднесенням і заляганням мастила, що пов'язані з великою довжиною магістралей холодоносія[3]. Знизити магістральні втрати можливо шляхом збільшення діаметрів трубопроводів, але це у свою чергу спричинить подорожчання системи. Залягання мастила призводить до більш серйозних проблем: по-перше, знижується ефективність роботи теплообмінного обладнання; по-друге, віднесення мастила з компресорів викликає їхню періодичну аварійну зупинку по (відсутність мастила) і призводить до серйозних пошкоджень внутрішніх елементів тертя. Таким чином, ці холодильні системи повинні оснащуватися складними системами контролю та повернення мастила в компресори. Традиційними рішеннями – включення в схему контролерів рівня мастила, мастиловіддільників, мастильних ресиверів, мастилопідійомних петель а також правильно розрахованою додатковою заправкою мастила в систему.

Альтернативною системам із безпосереднім кипінням холодоагента, особливо за великої довжини магістралей (більше 127 100 м), є системи холодопостачання з насосною подачею холодоагента. У цьому випадку вирішується проблема втрат тиску у магістральних трубопроводах і зниження ККД холодильної установки.

Під час проектування цієї холодильної системи варто враховувати такі особливості:

– фреон у рідкій фазі завдяки насосам постійно циркулює через теплообмінники – охолоджувачі та ресивер. Випаровування у теплообмінниках відбувається лише частково, тому температурний перепад становить 1...2° К. Це головна перевага насосної подачі перед схемами з безпосереднім кипінням холодоагента, у яких температурний перепад становить 6...10 °К. Для створення такого перепаду в теплообмінниках систем із безпосереднім кипінням певна ділянка теплообмінника працює як перегрівник холодоагента, тим самим знижуючи ефективну площу теплообміну;

– у циркуляційному ресивері постійно перебувають рідкий холодоагент і насичена пара, що знаходиться з рідиною в рівноважному стані. Компресори усмоктують із циркуляційного ресивера насичену пару, тобто існує постійна аварійна ситуація за «вологим ходом». Для запобігання аварійної ситуації на усмоктувальній магістралі повинна бути передбачена захисна автоматика (сепаратори рідини, регенеративні теплообмінники та ін.);

– у циркуляційний ресивер разом із фреоном попадає мастило. Необхідно передбачити систему повернення мастила в компресори. Це може бути система, що випаровує частину фреону (який містить в собі мастило) на рідинній магістралі й повертає перегріту пару й мастило назад у компресор. Також можлива система сепарації мастила залежно від рівня рідкого холодоагента в ресивері[3].

На наш погляд, більш простим рішенням (особливо для середньотемпературних систем) є застосування систем із насосною подачею проміжного холодоносія, що виключає втрату продуктивності компресорів. Як джерело холоду в цьому випадку варто використовувати моноблочні чіллери повної заводської готовності. Охолоджений холодоносієм, як правило, водяний розчин гліколів, циркулює завдяки насосам системою сталевих або пластикових трубопроводів між чіллером і внутрішніми приладами охолодження (фанкойлами).

Використання гліколевих розчинів має умовно обмежене застосування за температурним діапазоном. Чим нижча температура в охолоджуваному об'єкті, тим вища повинна бути концентрація гліколю, щоб уникнути замерзання. Збільшення концентрації вимагає більш потужних насосів і більшої теплообмінної поверхні охолоджувальних пристроїв. Тому на сьогоднішній пошук та розробка оптимальних та ефективних холодоносіїв є актуальним завданням. Як перспективні холодоносії для промислових систем холодопостачання розглядаються 129 бінарний лід і вуглекислота. Маючи сприятливі для навколишнього середовища характеристики, низьку токсичність, привабливі фізико-хімічні властивості у випадку «докритичного» функціонування, вуглекислота усе більше цікавить розробників як кращий холодоносієм для вторинного контуру, а також як холодоагент для низькотемпературних каскадних систем[4].

## Висновок

Основна тенденція сучасного проектування промислових холодильних систем: вибір високоєфективного холодоагента та оптимального холодоносія, проектування системи з мінімальним обсягом заправлення холодоагентом, транспортування холодоносія до споживачів насосами. Завдяки цьому завжди можна прогнозувати отримання істотної економії як капітальних витрат, так і експлуатаційних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Холодильні установки / [І. Г. Чумак, В. П. Чепурненко, С. Ю. Лар'яновський та ін.] ; за ред. І. Г. Чумака. – [6-те вид., перероб. Та доп.]. – Одеса : Пальміра, 2006. – 552 с.
2. Брайдерт Г. Й. Проектирование холодильных установок. Расчёты, параметры, примеры / Г. Й. Брайдерт. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
3. Выбор схемы централизованного холодоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kriofor.com.ua/stati/26-vybor-skhemysentralizovannogo-kholodosnabzheniya.html>
4. CO2 переживает второе открытие / [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.guentner.ru/nou-khau/innovacii-i-tekhnologii/khladagent-co2->

*Мандибуря Василь Володимирович — студент групи ТТ-17мі, кафедра інженерних систем у будівництві, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vasulmandubura@gmail.com*

**Ратушняк Георгій Сергійович** — кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com)

**Mandybura Vasyl V.** — student of group TG-17mi, Systems Engineering in construction Department, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: [vasulmandubyra@mail.ru](mailto:vasulmandubyra@mail.ru)

**Ratushnyak Georgiy S.** — PhD, professor of Systems Engineering in construction Department, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com)