

# Кондиціонування повітря на великих об'єктах

Сьогодні споживачеві пропонується широкий спектр системних рішень для кондиціонування повітря у великих спорудах. У статті наводиться стислий огляд доступних на ринку виробів і технологій, а також тенденцій у цьому сегменті ринку

## Чилери

Холодильна потужність чилерів, які використовуються для кондиціонування повітря у будівлях, коливається в межах приблизно від 30 кВт (в окремих випадках, наприклад для операційних, від 5 кВт) до 30 МВт або навіть більше. У системах може застосовуватися повітряне чи водяне охолодження.

Водяні чилери використовуються для охолодження води чи іншого холодоносія; охолодження відбувається через розподільний контур. Чилери розрізняються за своєю холодоильною потужністю чи типом компресора. У чилерах холодоильною потужністю від 700 кВт та більше частіше використовуються турбокомпресори. З іншого боку, щоб досягти дуже великих холодоильних потужностей, можна використовувати багатоблочні чилери з гвинтовими компресорами.

З точки зору витрат енергії перевагу слід віддавати водяному охолодженню завдяки його меншому (а в окремих випадках набагато меншому) споживанню енергії.

### Чилери на гідрофторвуглець

Чилери промислового виготовлення холодоильною потужністю близько 100 кВт пропонуються на ринку як продукція, що готова до монтажу. Кількість холодоагенту, заправленого у такі чилери, становить від 1 до 50 кг. Їх



### Варіанти чилерів без ГФВ

У чилерах технічно можливе використання будь-якого холодоагенту. На відміну від гідрофторвуглецевих систем, які порівняно нещодавно почали використовуватися у виробництві систем охолодження і щодо яких існують нечіткості в технічних вимогах (стандартах тощо) і в практичному використанні, аміачні технології випробувані та визнані вже впродовж багатьох років. Цей варіант виробники вважають більш надійним.

### Аміачні системи

Сьогодні на ринку вже є аміачні чилери холодоильною потужністю близько 30 кВт, призначені для невеликих будинків. Під час вилучення ХФВ, яке відбувалося з початку до середини 1990-х років, першими готовими до монтажу чилерами, які у великій кількості з'явилися на ринку, були саме аміачні чилери. Проте ця тенденція призупинилася з початком продажу чилерів на ГФВ, які іноді дешевші у плані

трубопроводів виготовляються в основному з міді, а це означає, що в них не можна використовувати аміак. На об'єкті такі чилери потрібно лише приєднати до водопровідної системи. Сьогодні вони працюють майже винятково на гідрофторвуглець (ГФВ), наприклад на R407C, а раніше — найчастіше на холодоагенті R22. Крім сфери кондиціонування повітря ці системи також застосовуються в промисловості, медицині і, до певної міри, у торгівлі. Гідрофторвуглець, такі як R134a чи R407C, також часто використовуються в більш потужних — 900 кВт — системах.

До заборони хлорфторвуглеців (ХФВ) водняні турбоагрегати потужністю 250 кВт чи більше майже повністю працювали на R11. На сьогодні нові установки заправляють R134a.

капітальних витрат, але зазвичай споживають більше енергії, тому підвищують експлуатаційні витрати.

Промислові чилери вже дуже давно працюють на аміаку. Аміачні чилери з гвинтовими компресорами холодоильною потужністю близько 0,2 МВт і більше є технічно розумним рішенням для кондиціонування повітря у середніх за розміром будівлях. Також чилери на аміаку використовуються для кондиціонування повітря у великих будівлях у багатьох країнах. Наприклад, у вокзальному комплексі Остбангоф у Берліні, який складається з торгового пасажу, готелю та офісних приміщень, для кондиціонування використовуються чотири компактні чилери загальною потужністю 1600 кВт.

Що стосується вибору холодоагенту, то тут важливо зважати на умови встанов-



**Моноблочний чилер повітряного охолодження конденсатора зовнішнього встановлення на ГФВ**

лення. Звичайно, що наявні правила забороняють встановлення аміачних систем у місцях, де часто бувають люди. Тому завжди необхідно перевіряти, чи є можливість встановити обладнання в окремому машинному приміщенні, чи потрібно обробляти повітря у багатоповерховій будівлі, чи може бути розміщена система в підвалі

зможу використовувати аміак, ще більша.

Аналіз споживання енергії на основі показників *COP*, який опублікувала *euratmon* (загальноєвропейська ініціативна група, що складається з підприємств, організацій та приватних осіб, які займаються активним просуванням та впровадженням природних холодоагентів), свідчить, що аміачні чилери

(у машинному відділенні), на даху чи на технічному поверсі, а також скільки людей перебуватиме у приміщеннях. Гнучкі водопровідні системи дають можливість розмістити невеликі установки порівняно вільно. Під час проектування нових будівель важливість визначення місця встановлення, яке б давало

(500 кВт, гвинтовий компресор) споживають менше енергії, ніж системи, що працюють на R134a. Це означає, що витрати на енергію, як правило, суттєво нижчі у випадку використання аміаку як холодоагенту.

Хоча капітальні витрати на аміачні системи вищі за витрати, яких потребують системи на ГФВ, точну різницю у витратах визначити майже неможливо. Вони залежать від індивідуальних вимог і особливостей конструкції. Тому щоб оцінити економічні показники застосування аміаку та ГФВ як холодоагентів, необхідно виконати загальний розрахунок рентабельності.

### **Гідровуглецеві системи**

За даними *UNEP* (Програма ООН з питань охорони навколишнього середовища), європейські виробники пропонують чилери (з водяним чи повітряним охолодженням) на основі гідровуглеців для кондиціонування повітря у будівлях з 1997—1998 років. У даному випадку використовуються холодоагенти R1270 (пропілен), R290 (пропан) та

суміш R290 з R170 (пропаново-етанова). Кількість холодоагенту, що заправляється в систему, коливається від 3 до 34 кг. Діапазон потужності — від 20 до 1265 кВт, хоча конкретна величина потужності залежить від бажаного діапазону температур. Енергоефективність можна порівняти з чилерами, що працюють на R134a.

Установлення гідровуглецевих чилерів по суті здійснюється за такими ж принципами, що й установлення аміачних систем. Крім того, необхідно вживати заходи для запобігання вибуху. Цей фактор та менші обсяги виробництва систем з причини їх небезпечності сприяють тому, що чилери з гідровуглецевими холодоагентами є більш дорогими. До того ж гідровуглецеві чилери потребують великої кількості холодоагенту, а тому їх використання для кондиціонування повітря на великих об'єктах, що потребує високої холодильної потужності, майже неможливе. Однак низка прикладів у Великобританії свідчить, що встановлені ззовні чилери на R290 є альтернативою системам на ГФВ, що застосовуються для кондиціонування повітря у великих спорудах.

### Системи на основі R723

Холодоагент R723 — азеотропна суміш, що складається з 60% аміаку і 40% диметилового ефіру, міцно закріпився на ринку як безпечний для навколишнього середовища і ефективний альтернативний холодоагент, що не містить ГФВ. Системи потужністю 10 кВт і більше мають широкий спектр застосування, зокрема придатні для кондиціонування повітря в будівлях. Компоненти до систем невеликої потужності виробляються у порівняно малих кількостях, що збільшує капітальні витрати на такі системи приблизно на 20-30% порівняно із системами, що працюють на ГФВ. Однак ці вищі витрати компенсуються вищою енергоефективністю систем на R723, що знижує поточні енергетичні витрати на 25—30% і забезпечує короткий період окупності (два-три роки).

### Системи на CO<sub>2</sub>

Так само як у випадку з VRF-системами, можливість використання CO<sub>2</sub> як холодоагенту у великих централізованих системах ще кілька років тому навіть не розглядалася, оскільки температурний діапазон, який вони забезпечували, не задовольняв потреби спо-

живачів. До того ж компоненти для роботи за певних величин тиску не були доступні, а їх розроблення у середньостроковій перспективі не очікувалося. Причиною такого становища було те, що рівні енергоефективності, яких можна було досягти, використовуючи CO<sub>2</sub> у галузі кондиціонування, не вважалися достатніми, щоб конкурувати із системами на ГФВ.

Незважаючи на ці перешкоди, нещодавно було оголошено про систему кондиціонування для офісних споруд з діапазоном потужності від 50 до 340 кВт. Оскільки це система прямого випаровування, то для неї не потрібен додатковий водяний контур і застосування насосів. Тому її енергоефективність перевищує енергоефек-

тивність



Абсорбційний чилер китайського виробництва

звичайних систем, що працюють на ГФВ, на 10—20%. Крім того, вартість цієї установки також нижча порівняно із системами, що працюють на ГФВ.

### Холодильні пароежекторні машини на воді

Вода застосовується як холодоагент у пароежекторних холодильних установках, які належать до групи холодильних машин, що використовують тепло. Перевагами води є перш за все її достатня кількість, низька ціна, простота використання та нетоксичність. Пароежекторні машини виготовляються холодопродуктивністю від 300 кВт до 2 МВт. Одним із недоліків цих систем є необхідність підтримання великої об'ємної витрати води, близько 50 м<sup>3</sup>/с. З енергетичної ж точки зору ці системи не гірші від інших, а інколи й кращі за них. Експлуатаційні витрати на ці системи є меншими, ніж на ГФВ-системи, але капітальні витрати помітно більші від тих,

яких потребують системи на ГФВ. Причиною такого становища є те, що водні системи виробляються несерійно. Найбільш широко пароежекторні машини застосовуються для кондиціонування повітря на промислових підприємствах, вельми перспективні вони також для кондиціонування повітря на судах, де виділяється велика кількість тепла, особливо під час роботи головної енергетичної установки.

### Абсорбційні системи охолодження

Ще одна можливість кондиціонування повітря у великих будівлях — застосування абсорбційних холодильних систем. Загалом кількість абсорбційних систем, що встановлюються для кондиціонування повітря у будинках, є великою. Як робочі рідини (холодоагент і розчинник) у цих системах можуть використовуватися різні речовини, але на сьогоднішній день це лише дві пари речовин: вода і бромід літію та аміак і вода. Потужність систем коливається від 10 кВт до 17,5 МВт. Капітальні витрати на абсорбційні системи вищі, ніж на системи охолодження з механічним приводом.

Оскільки для стиснення холодоагенту не потрібен компресор, абсорбційні системи споживають значно менше електроенергії, ніж компресорні системи охолодження. Вони також значною мірою впливають на вирівнювання піків споживання енергії у спекотні літні дні, коли велика кількість енергії необхідна для роботи кондиціонерів, які працюють за компресорним принципом. Отже, ця технологія частково чи повністю запобігає викидам парникових газів від двох джерел — виробництва електроенергії та холодоагентів.

З економічної точки зору використання абсорбційної технології особливо вигідне у випадку наявності зручного джерела теплоти (скидної теплоти). Абсорбційні холодильні системи використовують просту, надійну технологію, яка не потребує великого обсягу робіт з технічного обслуговування. У Масачусетському інституті технології в Бостоні (США) абсорбційний чилер забезпечує охолодження з кінця 1930-х років.

### Адсорбційні холодильні системи

Як і в абсорбційних, в адсорбційних системах не застосовуються ГФВ. Вони працю-

ють, використовуючи джерела теплоти не дуже високої температури, особливо сонячну енергію чи відпрацьоване тепло, навіть скидне. Як уже зазначалося, однією з важливих переваг застосування сонячної енергії є простота задоволення потреби в енергії в періоди пікових навантажень влітку. Порівняно з компресорними системами адсорбційні можна експлуатувати за допомогою простих, доступних та майже безкоштовних джерел енергії, якщо впродовж року такої енергії виробляється достатньо, а коефіцієнт енергоефективності (*EER*) обладнання досить великий.

Адсорбційні системи охолодження є новітніми розробками, і в останні роки вони почали все частіше використовуватися для кондиціонування повітря. Робочими рідинами в них є суміші силікагелю і води та цеоліту і води. У Центрі сонячної інформації у Фрайбургу (Німеччина) рідинна адсорбційна пілотна система, у якій як холодоагент використовується суміш хлориду літію і води, забезпечує кондиціонування повітря в офісному приміщенні площею 310 м<sup>2</sup>. Перевага рідинних адсорбційних систем полягає в тому, що адсорбована частина сонячної енергії може зберігатися у системі, тому періоди високої сонячної активності не впливають на процес охолодження, інтенсивність якого визначається тільки потребами споживачів. Конструкція адсорбційних холодильних систем проста і дуже надійна. Ці системи потребують більших капітальних витрат, ніж компресорні. Прикладом такої системи може бу-

ти нова будівля Федерального агентства з охорони навколишнього середовища в Десау (Німеччина), де використовується адсорбційна система холодильною потужністю близько 70 кВт.

## **Висновки**

Кондиціонування повітря на об'єктах, де використовуються холодильні системи, альтернативні ГФВ-системам, реалізується в багатьох проектах і є сучасним технологічним рішенням. На ринку нині пропонуються такі варіанти:

- абсорбційні холодильні системи;
- адсорбційні холодильні системи;
- аміачні чилери холодильною потужністю 20 кВт і більше;
- чилери на ГФВ холодильною потужністю від 20 до 1200 кВт;
- холодильні пароежекторні установки на воді.

Вибір між компресорними й абсорбційними чи адсорбційними холодильними системами залежить значною мірою від загальної концепції охолодження та доступних джерел енергії. Якщо як технічне рішення обрано чилер, вибір компресора (спірального, гвинтовий чи турбокомпресор) буде залежати від потрібної холодильної потужності. Потужність альтернативних систем сьогодні може становити 20 кВт і більше.

Капітальні витрати на встановлення аміачних чилерів дещо вищі, ніж на встановлення систем на ГФВ. У більшості випадків ці

додаткові витрати можна компенсувати нижчими експлуатаційними витратами (менше споживання енергії тощо). Отже, використання аміаку часто має більше переваг, якщо взяти до уваги всі економічні чинники, але детальну оцінку можна дати на основі загального підрахунку рентабельності. Також перевагою аміачних систем є те, що вони, на відміну від ГФВ-систем, екологічні.

Холодильні пароежекторні машини на воді, незважаючи на те, що вони ще не надто міцно закріпилися на ринку з причини невеликого обсягу їх виробництва та вищих капітальних витрат, є цікавою та перспективною технологією з екологічної точки зору. Їх енергетична ефективність така ж сама, як і в ГФВ-системах, чи навіть вища, до того ж завдяки кожній такій системі можна вилучити з використання велику кількість гідрофторвуглецевих холодоагентів.

Якщо обрати абсорбційні чи адсорбційні холодильні системи, то вони дадуть можливість використовувати найбільш доступні та дешеві види енергії. Обидва типи систем мають просту конструкцію і дуже надійні. І хоча ці системи потребують вищих капітальних витрат, однак є можливість заощадити на експлуатаційних витратах. Загалом же нині на ринку пропонується широкий вибір абсорбційних холодильних систем потужністю від 10 кВт до кількох мегават.

*Д-р Даніель де Грааф,  
д-р Корнелія Ельснер*

