

агрегати високого тиску з холодопродуктивністю від 140 кВт до 690 кВт (при температурі випару -40°C і конденсації -5°C). Компанія «Мусом» виготовляє серію каскадних холодильних машин з безпосереднім кипінням CO_2 у нижній гілці й серію машин, у яких у нижній гілці каскаду CO_2 використовується як холодоносії. Компанія «Grasso» виготовляє модульні каскадні холодильні машини на базі гвинтових компресорів з холодопродуктивністю від 250 кВт до 1000 кВт.

Останнім часом зріс інтерес до напівгерметичних компресорів. Компанія «Bitzer» виготовляє ряд компресорів, спроектованих як для докритичного, так і транскритичного циклів, реалізованих на CO_2 . Серія компресорів для докритичного циклу має холодопродуктивність від 5 кВт до 90 кВт; компресори, що працюють у транскритичному циклі, – холодопродуктивність від 15,6 кВт до 42,3 кВт.

У транскритичному циклі процеси лежать як у надкритичних, так і докритичних областях. Тиск може змінюватися від 30 до 100 і більше бар. Холодильний коефіцієнт системи із транскритичним циклом, що працює на CO_2 , вище чим у традиційних систем, що працюють на фреонах. Транскритичні цикли на CO_2 у цей час використовуються для холодильних машин з малою холодопродуктивністю, наприклад, для систем транспортного кондиціювання, теплових насосів малої продуктивності й холодильних систем супермаркетів.

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

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ АГРЕГАТНИЙ СТАН

На сьогодні існує попит на холодильне обладнання, що має додаткові можливості для захисту продуктів під час аварійних ситуацій, таких як, наприклад, відмова обладнання й перебої в подачі електроенергії.

Впровадження в холодильну промисловість спеціальних матеріалів, що змінюють агрегатний стан (Phase change materials, або скорочено PCM), дозволить значно підвищити ефективність використання холодильного обладнання. Під терміном PCM маються на увазі матеріали, які здатні втримувати й віддавати велику кількість теплової енергії, зберігаючи при цьому постійну температуру.

Матеріали, що змінюють агрегатний стан, відносяться до категорії енергообмінних смарт (розумних) матеріалів. Ці матеріали

можуть зберігати сховану або явну енергію у вигляді світла, тепла, електрики або водню, причому процес передачі енергії є оборотним. РСМ мають можливість утримувати й віддавати (забирати) велику кількість тепла (енергії), зберігаючи при цьому постійну температуру на відміну від традиційних рішень.

Матеріали, що змінюють агрегатний стан, мають величезний потенціал для забезпечення безперервної роботи пристроїв охолодження й нагрівання, які використовуються у різних сферах торгівлі, логістики й промисловості. Подібне обладнання широко поширене в усьому світі в різних секторах економіки, таких як, наприклад, холодові ланцюги, системи вентиляції, кондиціонування й охолодження, автомобільні кондиціонери, теплоізоляція, утилізація тепла, виробництво товарів народного споживання й багато чого іншого – скрізь, де є необхідність у зберіганні теплової енергії.

У принципі, матеріали, що віддають або забирають теплову енергію при зміні агрегатного стану, уже давно використовуються для охолодження швидкопсувних продуктів. Це, наприклад, звичайний лід, що поглинає тепло в процесі танення, або «евтектики» – суміші хімічних сполук (елементів), які дозволяють досягти ще більш низьких температур (водяний розчин солі, розчин гліколю). Однак при схожих принципах дії, РСМ настільки ефективніше звичайних евтектиків, що фахівці віднесли їх до окремої групи холодоагентів.

РСМ, або матеріали, що змінюють агрегатний стан (твердий на рідкий й, навпаки) при певній температурі, характеризуються наступними трьома факторами (що дозволяє відрізнити їх від евтектиків): висока теплоємність фазового переходу (200 кДж/кг або вище), підтримка постійної температури в процесі використання накопиченої енергії (плавлення), можливість багаторазового застосування матеріалу (більше 3000 разів).

Зазначені вище особливості РСМ надають наступні переваги під час їхнього використання: можливість точного контролю температури (з помилкою не більш ніж ± 1 °C), більша тривалість строку зберігання продуктів (до 18-ти годин), зниження загальної ваги морозильного (холодильного) обладнання у зв'язку з високим запасом енергії стосовно ваги холодоагенту.

Під час використання РСМ у торговельному морозильному й холодильному обладнанні необхідно враховувати певні особливості.

Морозильні камери для морозива розроблені, щоб підтримувати температуру від -18 °C до -23 °C, у той час як для зберігання напоїв у холодильнику необхідно зберігати температуру в діапазоні від $+2$ °C до $+8$ °C. Відповідно до різних температурних вимог підбираються й різні матеріали. Обраний РСМ заряджається в пасивному режимі протягом 9–10 годин за умови доступу електроенергії.

Вибір підходящого матеріалу, що змінює агрегатний стан, дуже важливий – одним з визначальних факторів є мінімальна температура, яку може забезпечити холодильна установка. Лише відповідність цієї температури й температури затвердіння PCM може гарантувати, що система аварійного охолодження виявиться повністю зарядженою. Після повної зарядки PCM перебуває в стані готовності, щоб звільнити (забрати) енергію у випадку проблем з енергопостачанням або несправності обладнання. Так, наприклад, морозильник, обладнаний системою підтримки низької температури на основі PCM, може підтримувати температуру від $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурі навколишнього середовища до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ на протязі як мінімум 16-ти годин, при можливості відкривання й закривання кришки.

За даними закордонних публікацій, в Індії та за її межами діють кілька холодильних компаній, які вже впровадили використання морозильників і холодильників із застосуванням PCM, щоб задовольнити потреби ринку в країнах з низьким і середнім рівнем доходів, де наявність свіжих продуктів є проблемою. Велика розмаїтість таких матеріалів уже зараз дозволяє виробляти холодильне обладнання для підтримки різних температурних режимів.

Фахівці відзначають, що використання PCM стало значним досягненням для холодильної промисловості.

В.Г. Тарасенко, канд. техн. наук (*ТДАТУ, Мелітополь*)

ПЕРСПЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Швидке заморожування сезонної плодоовочевої продукції – ефективний сучасний спосіб зберігання, який дає змогу максимально зберегти її початкову якість та високі властивості і поживні речовини. Збільшення обсягів виробництва заморожених плодів та овочів є одним з найважливіших завдань забезпечення продовольчої безпеки країни. Світовий досвід зберігання плодоовочевої продукції у замороженому стані є перспективним напрямком холодильної технології, який сприяє зростанню виробництва замороженої продукції та її споживанню в несезонний період.

У попередніх дослідженнях було розглянуто схему для попереднього підморожування харчових продуктів та наведено переваги використання такого пристрою, однією з яких є запобігання явища злипання нарізаних овочів у великі блоки.