

Дослідження проведено в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи № 06-11-13Б (0110U006618) «Наукові обґрунтування енергоефективних процесів харчової промисловості».

Список літератури

1. Пат. 48230 Україна, МПК А 23 L 3/00. Установа для гідротермічної обробки та сушіння крупи [Текст] / Черевко О. І., Погожих М. І., Цуркан М. М., Жеребкін М. В., Пак А. О. ; заявник та патентовласник ХДУХТ. – Опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5. – 4 с.

2. Погожих, Н. И. Научные основы теории и техники пищевого сырья в массообменных модулях [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / Погожих Н. И. – Х., 2002. – 331 с.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.

© М.І. Погожих, А.О. Пак, А.В. Пак, М.В. Жеребкін, 2011.

УДК 621. 565.93/95

В.О. Потапов, д-р техн. наук

С.М. Мольський, здобувач

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРИНЦИПУ АКУМУЛЯЦІЇ ХОЛОДУ**

Розглянуто способи підвищення ефективності систем кондиціонування повітря в умовах змінного теплового навантаження за рахунок використання акумуляції холоду.

Рассмотрены способы повышения эффективности систем кондиционирования воздуха в условиях переменной тепловой нагрузки за счет использования аккумуляции холода.

The paper considers ways of improving air-conditioning systems in a variable thermal load due to the accumulation of cold.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В умовах енергетичної кризи, яка триває останні роки, актуальною проблемою для України стає створення ефективного теплового та холодильного обладнання, впровадження ефективних технологічних схем перетворення та транспортування енергії. На сьогоднішній день Україна займає останнє місце у Європі з енергетичної ефективності економіки. Так наприклад, втрати при виробництві електрики з палива складають 68%. Європейський досвід показує, що приблизно 30% всіх споживачів паливно-енергетичних ресурсів можуть задовольнити приріст пот-

реб в енергії не за рахунок збільшення її виробництва, а за рахунок її раціонального використання. У США за останні 10 років вдвічі знизилась витрати побутовими холодильниками та кондиціонерами лише за рахунок впровадження нових технологій у цій сфері.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наведемо такий цікавий факт. Для опалення в холодний період року середньостатистичного приміщення площею 20 м² достатньо опалювального приладу потужністю 1,4 кВт, за різниці температур між вулицею і приміщенням близько 40° С. Але для кондиціювання в теплий період року такого ж приміщення рекомендують встановлювати систему холодопродуктивністю не менше 2 кВт, за різниці температур між вулицею і приміщенням не більше 20° С. Розрахунки показують, що в літній період ефективність використання енергетичного обладнання в 3 рази гірша. Пов'язано це з періодичною роботою устаткування для кондиціювання, як правило – це години найбільшої сонячної активності. При цьому необхідно швидко компенсувати пікові теплові навантаження у вигляді зовнішніх теплоприпливів, а також припливів від обладнання, освітлення, людей та ін.

Пікові навантаження на систему кондиціювання в літній період виникають з 12 до 15 годин і перевищують середні на 30...50%. Обладнання, підібране таким чином більшу частину часу доби відпочиває ніж працює.

Як відомо ефективним способом боротьби з піковими навантаженнями є системи з акумуляцією холоду [1–5]. Принцип роботи устаткування з акумуляцією льоду зводиться до накопичення льоду в період малих теплових навантажень і його танення за підвищених теплоприпливів, коли потужності холодильного устаткування недостатньо. Правильне застосування акумулятора холоду дозволяє зменшити: капітальні витрати на холодильне обладнання, встановлену потужність холодильного устаткування, споживання електроенергії у зв'язку з тим, що основний час роботи холодильного устаткування припадає на нічні години, коли компресори працюють при більш низькому тиску конденсації, експлуатаційні витрати, пов'язані з тим, що вартість електроенергії в нічний час значно дешевше. Крім того застосування акумулятора дозволяє швидко гасити пікові навантаження і мати стабільну температуру холодоносія перед споживачем. Акумулювати холод можна з температурами нижче 0° С, використовуючи евтектичні розчини етиленгліколю, солей хлористого калію, хлористого натрію, хлористого магнію та ін.

Відомо кілька способів акумуляції холоду. Доцільність застосування акумулятора холоду для систем кондиціювання виробничих

приміщень визначається наступним чином [1]. Якщо пікове навантаження у два-три рази перевищують середні, то перевагу має акумулятор холоду. При співвідношенні пік/середнє навантаження до 1,5 ефективніше використовувати звичайний чілер. Якщо співвідношення пік/середнє навантаження лежить в діапазоні 1,5...2, то можуть застосовуватися комбіновані системи акумулятор холоду та чілер, де чілер використовується як передохолоджувач.

На сьогоднішній час найбільш поширені наступні способи акумуляції холоду.

Класичні льодоакумулятори, що являють собою трубку решітку (або панель), яка занурюється у воду. У середині труб (панелей) кипить холодоагент за температури мінус 8° С, а на їх поверхнях заморожують лід. Максимальна товщина льоду не повинна перевищувати 3... 3,5 см. Наморожування більшої кількості можливе, але вже не так вигідно з економічної точки зору (збільшується кількість затраченої електроенергії на накопичення одиниці льоду). Для більш інтенсивного танення льоду під час підвищених теплових навантажень і отримання більш рівномірної температури води застосовує її перемішування. Найбільш ефективним способом цього є її барботування.

"Крижаний ведмідь" від американської компанії ICE ENERGY являє собою теплоізолюваний полімерний бак, теплообмінник, насос і блок електроніки. Підключають "Ведмідь" до штатної системи. У нічний час автоматично запускається штатний компресор всередині блоку конденсатора кондиціонера та заморожується вода всередині "Ведмедя". У пікові години вдень штатний кондиціонер не діє, а невеликий насос переганяє холодоагент між теплообмінником "Ведмедя" і внутрішніми блоками спліт-системи, які й охолоджують повітря.

Система STL запропонована французькою фірмою CRISTOPIA полягає в тому, що лід в акумуляторі холоду не має безпосереднього контакту з охолоджувальною рідиною, а утворюється в поліетиленових капсулах-накопичувачах. Акумулятор холоду, що представляє собою теплоізолюваний резервуар, заповнюється такими капсулами із спеціальною рідиною. В акумуляторі циркулює рідкий теплоносій із температурою ніж криоскопічна для заповнювача, викликаючи кристалізацію рідини усередині заповнювачів.

У системах акумуляції із застосуванням з льодоводяної суміші, лід виробляється за допомогою льодогенератора і зсипається в акумулятор. В акумуляторі утворюється суміш льоду і води – "шуга". Поверхня теплообміну лід-вода в цьому способі значно більше, ніж в акумуляторах із накопиченням льоду на поверхні випарника, акумуляція

холоду відбувається за постійної температури кипіння холодоагенту в льодогенераторі.

Ці системи акумуляції холоду мають як переваги, так і недоліки.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки систем акумуляції холоду

| Тип системи | Перевага | Недолік |
|---|--|--|
| Класичні льодо-акумулятори | Висока надійність | Невелика площа теплообміну, зниження температури кипіння холодильного агента, висока металоємність |
| "Крижаний ведмідь" фірми ICE ENERGY | Відсутність додаткових перепадів температур | Використання холодоагента в якості холодоносія, ризик витоків, дорожнеча |
| STL із капсулами-накопичувачами фірми CRISTOPIA | Велика площа теплообміну, можливість задавати температуру льодоутворення | Паралельна робота установки охолодження та акумулятора знижує показники ефективності роботи холодильної машини |
| Системи з льодоводяною сумішшю | Високий коефіцієнт теплообміну, постійна температура циркулюючої води навіть під час пікового навантаження | Необхідність перемішування льодоводяної суміші, низька температура кипіння холодильного агента |

Мета та завдання статті. На підставі аналізу існуючих систем акумуляції холоду пропонується покращити показники енергоефективності системи кондиціонування повітря на прикладі «чілрефенкойлової» системи шляхом її модернізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вихідні дані для проектування. Температура навколишнього середовища (вдень) +35° С; температура навколишнього середовища (вночі) +25° С; час роботи в режимі кондиціонування 9 год; холодопродуктивність системи 45 кВт; холодильний коефіцієнт установки (COP) 2,36; температура кипіння холодоагенту +2° С; температура холодоносія +7/+12° С (вихід/вхід); холодоносієм – вода або водний розчин етиленгліколю; теплове навантаження на систему охолодження (з урахуванням пого-

динного графіка навантажень) 267 кВт. Для побудови ефективної системи кондиціонування з використанням акумуляції холоду необхідно застосувати найбільш сильні сторони вищеписаних систем.

Таблиця 2 – Рішення, що застосовувалися в новій установці акумуляції холоду

| Вимога | Застосовуване рішення |
|---|---|
| Велика площа теплообміну | Реалізувати конструкцію – аналог системи STL із ємностями, заповненими рідиною, що заморожується |
| Високий коефіцієнт тепловіддачі | Для перемішування використовувати барботаж |
| Забезпечити низьку температуру циркулюючої води | Поділ ємності льодоакумулятора на секції перегородками |
| Знизити встановлену потужність холодильної установки | У період акумуляції холоду (15 год) циркуляція холодоносія здійснюється по малому кільцю: чілер – акумулятор холоду. У період роботи акумулятора (9 год) циркуляція холодоносія здійснюватиметься по великому кільцю: чілер – акумулятор холоду – фенкойли споживачів холоду. Чілер знаходиться в черговому режимі |
| Забезпечити максимальний холодильний коефіцієнт установки | Холодоносієм – 30% водний розчин етиленгліколю з температурою -8...-11° С. Холодоагент – неазеотропний хладон R407C із температурою на вході у випарник – 16,7° С за температури кипіння (на виході з випарника) –13° С, завдяки чому можна досягти високої ефективності теплообміну при оптимальному COP. Падіння продуктивності через пониження температури кипіння холодоагенту в чілері компенсується зниженням температури конденсації, тому COP не погіршується |
| Невелика собівартість модернізації у порівнянні з існуючими системами | Застосування пластикових ПЕТ пляшок в якості ємностей для зберігання рідини, що замерзає, пластикових ємностей для акумулятора |

У таблиці 3 наведено дані розрахунку енергетичних показників системи кондиціонування повітря на прикладі «чілер-фенкойлової» системи, а на рисунку 1 гідравлічна схема системи кондиціонування до і після модернізації.

Таблиця 3 – Порівняльні характеристики стандартного чілера та чілера з акумулятором холоду

| Показник | Стандартна система | Система з акумулятором |
|--|--------------------|------------------------|
| Холодопродуктивність компресора, кВт | 45,1 | 21,1 |
| Енергоспоживання компресора, кВт | 19,1 | 7,33 |
| COP | 2,36 | 2,88 |
| Продуктивність на добу, кВт | 267 | 316 |
| Енергоспоживання компресора на добу, кВт | 131 | 110 |
| Додаткове енергоспоживання насоса та вентиляторів, кВт | - | 20 |
| Температура нагнітання, °C | 98,3 | 78,3 |

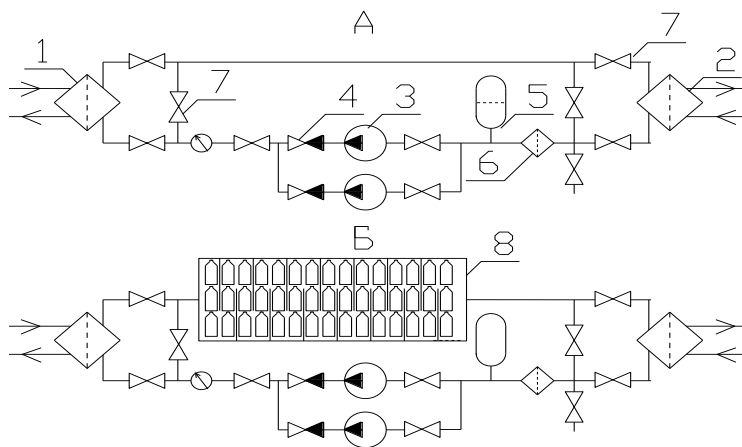


Рисунок – Гідравлічна схема стандартної системи охолодження та системи з акумулятором холоду: А – стандартна система; Б – система з акумулятором холоду; 1 – теплообмінник водоохолоджувачів; 2 – фенкойли споживачів; 3 – насоси; 4 – зворотні клапани; 5 – мембранний бак; 6 – фільтр; 7 – вентиля; 8 – акумулятор холоду

Порівняємо вартість модернізованої системи кондиціонування зі стандартною. Для акумуляції 362 кВт потрібно близько 4 т льоду. Вартість 4000 ПЕТ пляшок з кришкою 4000×1,1 грн = 4 400 грн. Вартість пластикової ємності 10 м³ – 11000 грн. Вартість теплоізоляції та додаткових перегородок та робіт із обладнання бака акумулятора 2200 грн. Таким чином додаткові витрати 17600 грн. У той же час зменшується вартість чілера з меншою продуктивністю приблизно на 16200 грн.

На перший погляд енергетичні та вартісні характеристики двох систем порівнянні. Але в наявності безсумнівні наступні переваги системи з акумулятором холоду:

1. Зниження годинного навантаження на енергомережі більш ніж у 2 рази.

2. Зниження температури нагнітання на 20° С.

3. Менший знос, пов'язаний зі стабільною роботою компресора (без частих циклів «запуск–вимикання»).

4. Отримання додаткового запасу потужності (до 15%).

5. Можливість підвищення потужності в піковому режимі в 3 рази у відносно встановленої.

6. Підвищення продуктивності теплообмінних пристроїв до 50% за рахунок більш низької температури холодоносія +1... +2° С замість +7° С.

7. Можливість швидкої модернізації існуючих систем (необхідно до 2 год для монтажу бака акумулятора в гідравлічну систему).

8. Відсутність складного алгоритму експлуатації та ремонту.

Висновки. Таким чином на підставі аналізу існуючих систем акумуляції холоду пропонується спосіб покращення показників енергоефективності системи кондиціонування повітря для «чілер-фенкойлової» системи шляхом її модернізації за рахунок застосування дуже простої та відносно дешевої системи акумуляції холоду.

Список літератури

1. Калюнов, В. С. Системы холодоснабжения с льдоаккумуляторами: реализация трех обязательных условий [Текст] / В. С. Калюнов, К. А. Тушев // Холодильная техника. – 2007. – № 8. – С. 14 – 19.

2. Семенчук, С. М. Мифы о «ледяной воде» [Текст] / С. М. Семенчук // Холодильная техника. – 2009. – № 7. – С. 16 – 20.

3. Прудовская, О. А. Современные решения в системах охлаждения молока [Текст] / О. А. Прудовская, С. М. Семенчук // Молочная промышленность. – 2010. – № 8. – С. 12 – 18.

4. Бондар, Е. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха с аккумуляцией холода [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовое данные (786 байт) / Е. Бондар – Режим доступа : <<http://www.ivik.ua/training/articles/folder/8.html>>.

5. Попов, Л. Ледяной медведь помогает беречь электричество солнечной стене [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (1581 байт) / Л. Попов. – Режим доступа : <<http://www.membrana.ru/particle/310>>.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.
© В.О. Потапов, С.М. Мольський, 2011.

УДК 635.2:641.544.8

Г.В. Дейниченко, д-р техн. наук

В.О. Потапов, д-р техн. наук

О.Г. Терешкін, канд. техн. наук

Д.В. Дмитревський, асист.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОВЕДЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки бульб картоплі паром надлишкового тиску та процесу її механічного доочищення, під час яких відбувається повне очищення бульб картоплі від шкірки та мінімізується відсоток втраченої сировини.

Определены рациональные параметры процесса термической обработки клубней картофеля паром избыточного давления и процесс ее механической доочистки, при которых происходит полная очистка клубней картофеля от кожуры и минимизируется процент отходов сырья.

A rational process parameters of heat treatment of potato tubers by steam overpressure and process of mechanical post-treatment, in which there is a complete cleaning of potatoes peeled and minimize the percentage of waste materials.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що під час виробництва продуктів харчування з картоплі значна її частина потрапляє у відходи під час процесу очищення [1]. Одним із важливих процесів, які здійснюються на підприємствах ресторанного господарства під час переробки овочевої сировини, є процес її очищення. Зокрема, слід приділити увагу процесу очищення бульб картоплі. Незважаючи на те, що існує багато видів обладнання для проведення процесу очищення картоплі, залишається велика кількість проблемних питань, які необхідно вирішувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати проведеного аналізу процесів очищення бульб картоплі доводять необхідність розробки нового обладнання, яке буде мати невеликі габаритні розміри, буде енергетично ефективним та екологічно безпечним.