

І. О. Подмазко, к.т.н, В. І. Мілованов, д.т.н.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

ВИКОРИСТАННЯ «КАЛОРИМЕТРИЧНОГО» МЕТОДУ ПРИ ПЕРІОДИЧНОМУ АКУМУЛЮВАННІ ХОЛОДУ

Проведені дослідження холодильної системи з періодичним акумулюванням холоду, та визначений його вплив на роботу установки. Досліджена зміна робочих температур в холодильній системі з періодичним акумулюванням холоду, а також – зміна струмів і електричних потужностей. Дана порівняльна оцінка використання системи з безпосереднім кипінням холодильного агента і з застосуванням періодичного акумулювання холоду. Рекомендована температура проміжного холодоносія.

Ключові слова: безпосереднє кипіння холодильного агента, періодичне акумулювання холоду, проміжний холодоносіє.

Вступ

Для більшості охолоджуючих систем, які забезпечують різні технологічні процеси, характерні нестационарні теплові режими. В процесі термообробки змінюються теплові навантаження на теплообмінні апарати холодильної установки, температури кипіння t_0 , конденсації t_k , продукту $t_{пр}$. Обробка продукту холодом – це складна система, де необхідно враховувати можливості продукту віддати теплоту, охолоджуючого середовища – її сприйняти, охолоджуючими приладами – відвести, а холодильною машиною – забезпечити необхідний технологічний процес [1, 2]. Упродовж декількох останніх десятиліть різними авторами проводилися теоретичні і експериментальні дослідження процесів термообробки харчових продуктів (1-й напрям) і застосування режимних параметрів холодильної установки при різних теплових навантаженнях (2-й напрям). Для першого напрямку характерна інформація про зміну температур продукту, охолоджуваного повітря в камері і, в одиничних ситуаціях, про зміну, при цьому, температур кипіння холодильного агента або поверхні охолоджуючих приладів. Для другого напрямку характерні результати по впливу температур кипіння, конденсації, температурних перепадів, теплових навантажень на теплообмінне устаткування і витрат на вироблення холоду. При цьому, в переважній більшості випадків імітація теплового навантаження на прилади охолодження здійснювалася за допомогою ТЕНів. З метою оптимізації параметрів холодильного устаткування в роботах Оносовського В. В. і Константинова Л.І. були розглянуті технологічний процес і охолоджуюче середовище як єдине ціле. Проте, зміна режимних параметрів в динаміці процесу термообробки в цих роботах не представлена.

Схема експериментальної установки

Для забезпечення використання періодичного акумулювання холоду була розглянута схема, представлена на рис. 1.

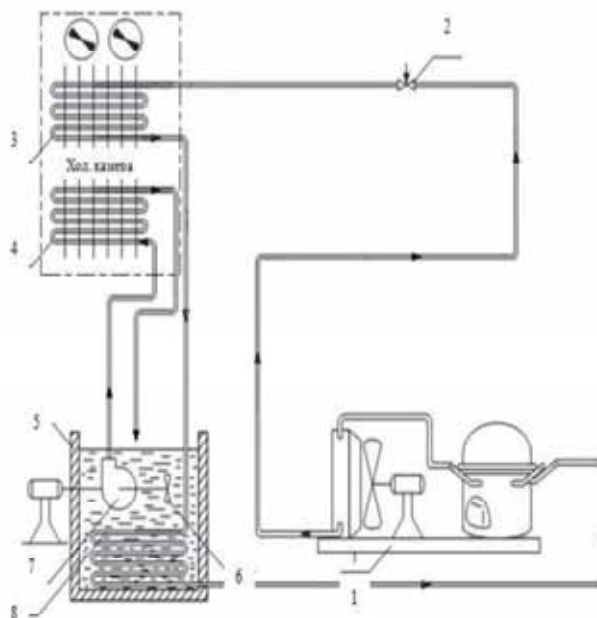


Рисунок 1 – Схема з періодичним акумулюванням холоду:

- 1 – компресорно-конденсаторний агрегат;
2 – дросельний вентиль; 3, 4 – охолоджуючі прилади;
5 – бак-акумулятор; 6 – мішалка;
7 – змійовик; 8 – насос

При роботі холодильної установки, представленій на рис. 1, можна отримувати холод при використанні системи безпосереднього кипіння, так і з використанням акумулювання холоду.

Робота холодильної установки з системою безпосереднього кипіння відбувається таким чином. Холодильна пара в стиснутому стані після компресора поступає на конденсатор, де відбувається невелике зняття перегріву, сам процес кон-

денсації і підохолодження рідини холодоагенту, що виходить з конденсатора. Потім холодоагент через лінійний ресивер і дросельний вентиль 2 поступає на повітроохолоджувач 3, де відбувається його кипіння.

Робота холодильної машини з акумулюванням холоду відбувається в двох тимчасових інтервалах.

Перший інтервал: починається з вивантаження продукту після його охолодження чи заморожування до кінця завантаження в холодильну камеру теплого продукту. При цьому компресорно-конденсаторний агрегат 1 підтримує необхідну температуру в холодильній камері, де зберігаються харчові продукти, і одночасно працює на бак-акумулятор холоду 5, де виконується наморожування льоду. Насос 7 не працює. Холодильний агент циркулює баком-акумулятором 5 і компресорно-конденсаторним агрегатом 1.

Другий інтервал: період пікового теплового навантаження. Насос 7 включається. Бак-акумулятор холоду 5 з намороженим льодом дозволяє відвести додаткову кількість теплоти. Холодильний агент циркулює між повітроохолоджувачем 3 і компресорно-конденсаторним агрегатом 1. Проміжний холодоносій проходить через повітроохолоджувач 4 за допомогою насоса 7.

Імітацію простого способу відведення теплоти від продукту можна здійснювати за допомогою ТЕНів. У експериментальних дослідженнях був зімітований різний характер тепловиділень від продукту, показаний на рис. 2. Причому середнє теплове навантаження було постійним.

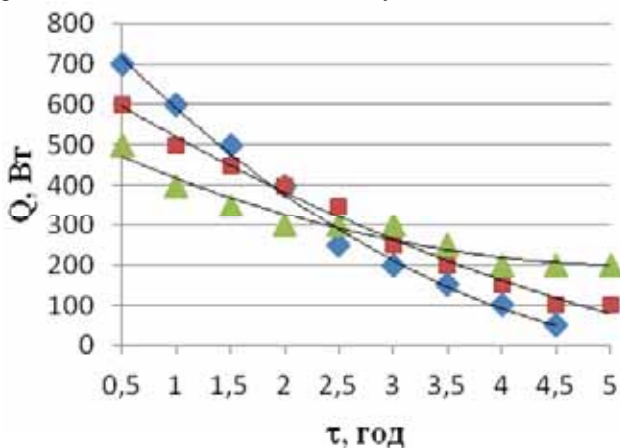


Рисунок 2 – Теплові навантаження від ТЕНів на приладі охолодження:

- ◆—◆—◆— різкозмінне теплове навантаження;
- середньозмінне теплове навантаження;
- ▲—▲—▲— плавнорозмінне теплове навантаження

Експериментальні дані для цих трьох навантажень показані на рис. 3 – 5.

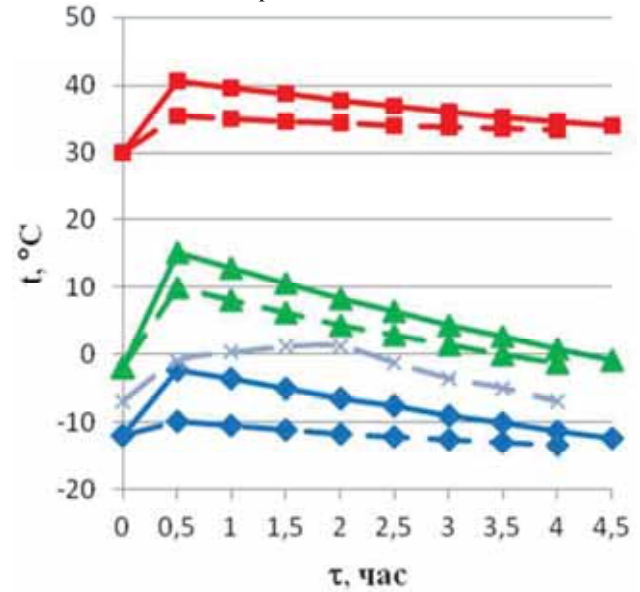


Рисунок 3 – Робочі температури (конденсації, кипіння, в камері і розсолу) при різкозмінному тепловому навантаженню:

- температура конденсації, °C;
- ◆—◆—◆— температура кипіння, °C;
- ▲—▲—▲— температура в камері, °C;
- X—X—X— температура розсолу, °C;

- — — — система безпосереднього кипіння;
- · — · — система з періодичним акумулюванням холоду

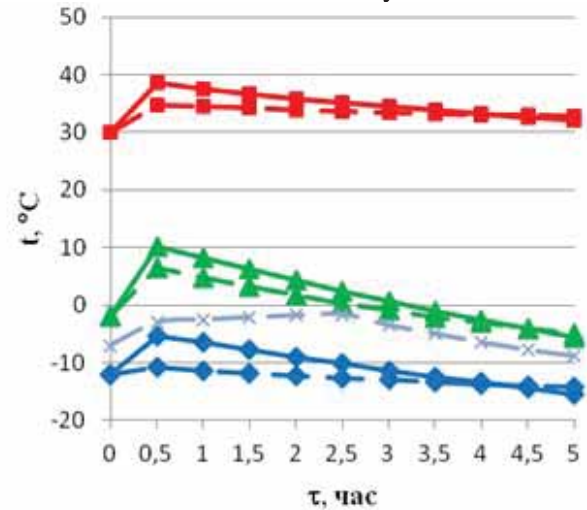


Рисунок 4 – Робочі температури (конденсації, кипіння, в камері і розсолу) при середньозмінному тепловому навантаженню:

- температура конденсації, °C;
- ◆—◆—◆— температура кипіння, °C;
- ▲—▲—▲— температура в камері, °C;
- X—X—X— температура розсолу, °C;

- — — — система безпосереднього кипіння;
- · — · — система з періодичним акумулюванням холоду

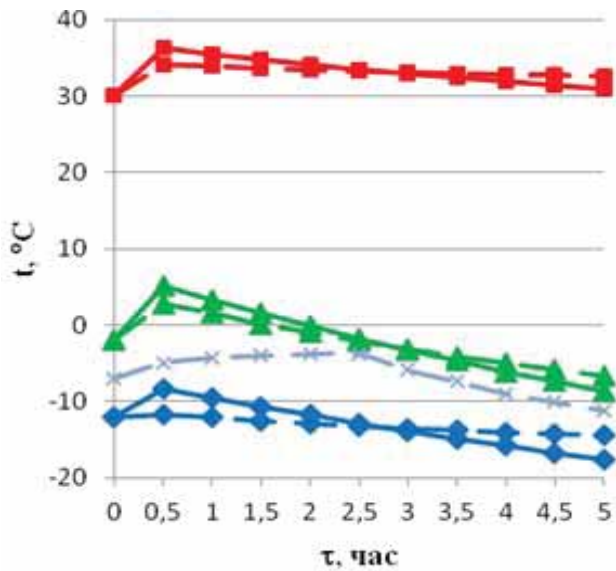


Рисунок 5 – Робочі температури (конденсації, кипіння, в камері і розсолу) при плавномі змінному тепловому навантаженню:

- температура конденсації, $^\circ\text{C}$;
- ◆—◆— температура кипіння, $^\circ\text{C}$;
- ▲—▲— температура в камері, $^\circ\text{C}$;
- X—X— температура розсолу, $^\circ\text{C}$;

— — — система безпосереднього кипіння;
 - - - - система з періодичним акумулюванням холоду

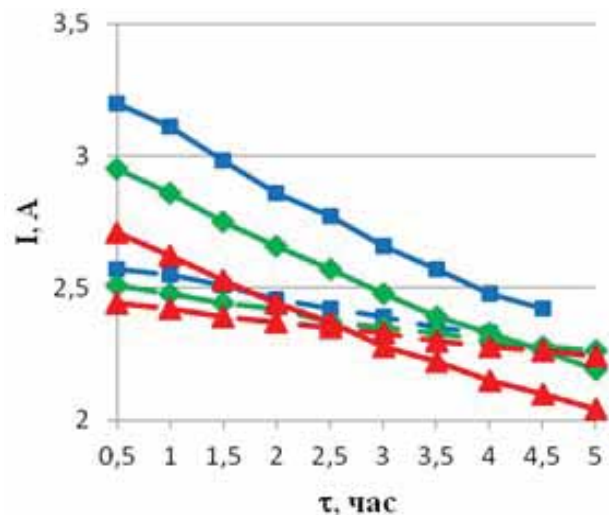


Рисунок 6 – Робочі струми при різних теплових навантаженнях:

- різкозмінне теплове навантаження;
- ◆—◆— середньозмінне теплове навантаження;
- ▲—▲— плавномі змінне теплове навантаження

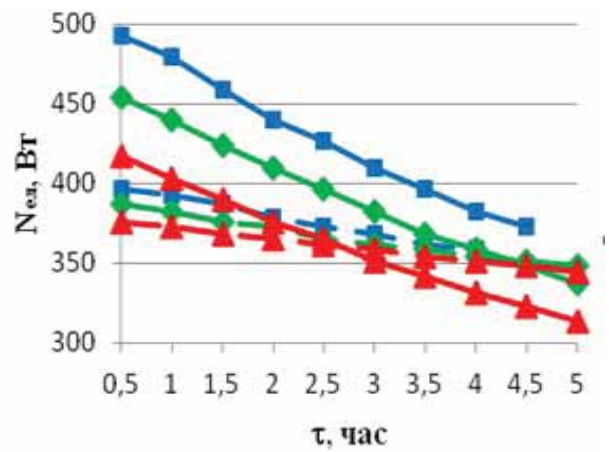


Рисунок 7 – Електричні потужності компресора при різних теплових навантаженнях:

- різкозмінне теплове навантаження;
- ◆—◆— середньозмінне теплове навантаження;
- ▲—▲— плавномі змінне теплове навантаження

Як видно з експериментальних досліджень, чим яскравіше виражений різкозмінний характер теплових навантажень від продукту, тим більш доцільне використання періодичного акумулювання холоду. При цьому спостерігаються менші коливання температур конденсації, кипіння і в камері, а також – менші робочі струми компресора (рис. 6) і, відповідно, споживана потужність (рис. 7). Використаний калориметричний метод імітації теплоти, що відводиться від продукту, не враховує теплових ефектів масопереносу, а також – екзотермічності біохімічних процесів.

Вибір температури проміжного холодоносія при періодичному акумулюванні холоду

Для здійснення періодичного акумулювання холоду при різкозмінному тепловому навантаженні в холодильній камері використовується комбінована система приладів охолодження - як безпосереднє кипіння, так і з проміжним холодоносієм. Основною метою приладів охолодження з проміжним холодоносієм є відведення теплоти при піковому навантаженні Q_{max} (рис. 8).

Процес акумулювання холоду починається в період, коли теплове навантаження в холодильній камері стає менше $Q_{\text{ср}}$. При цьому кінцева температура проміжного холодоносія в баку-акумуляторі визначається часовим інтервалом τ_1 – $\tau_{\text{кон}}$ і встановленими потужностями основного і холодильного устаткування (холодопродуктивністю компресора, площею поверхні приладів охолодження в холодильній камері і баку-акумуляторі).

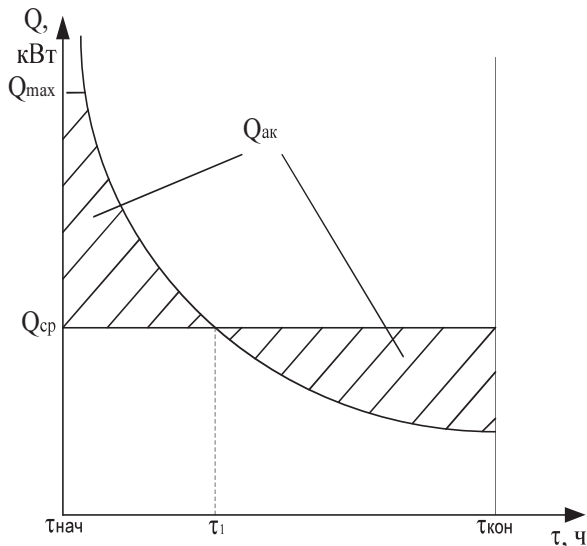


Рисунок 8 – Залежність теплового навантаження від часу:

Q_{max} , $Q_{ак}$, $Q_{ср}$ – кількість теплоти, відповідно, максимальна, середня і закумуляована, Вт;

$\tau_{нач}$ – τ_1 – часовий інтервал використання закумуляованого холоду, год.;

τ_1 – $\tau_{кон}$ – часовий інтервал акумуляування холоду, год.

Розрахункові значення кількості закумуляованого холоду $Q_{ак}$ в часі τ при різних кінцевих температурах проміжного холодоносія показані на рис. 9.

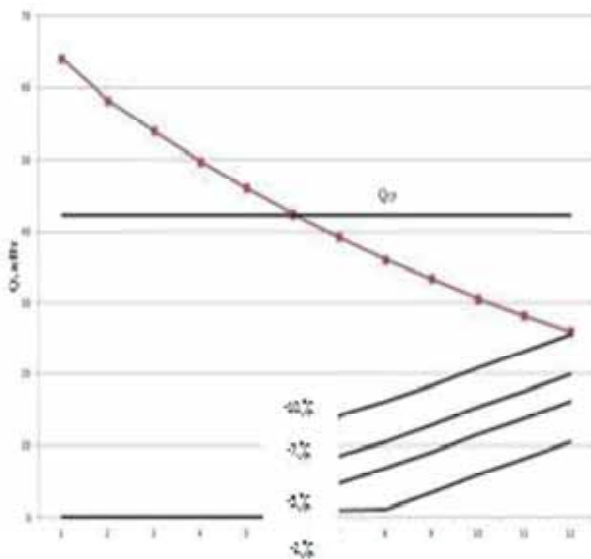


Рисунок 9 – Розрахункові значення кількості закумуляованого холоду $Q_{ак}$ в залежності від часу τ при різних кінцевих температурах проміжного холодоносія

Початкові дані:

- кількість продукту 21000 кг;
- початкова температура продукту 38 °С;
- кінцева температура продукту 4 °С;

- час термообробки 12 час;
- початкова температура в камері – 2 °С;
- температура кипіння – 12 °С;
- місткість бака-акумулятора 35,12 м³.

На рис. 10 представлено теоретичне порівняння системи без акумуляування холоду та системи з використанням акумуляування холоду.

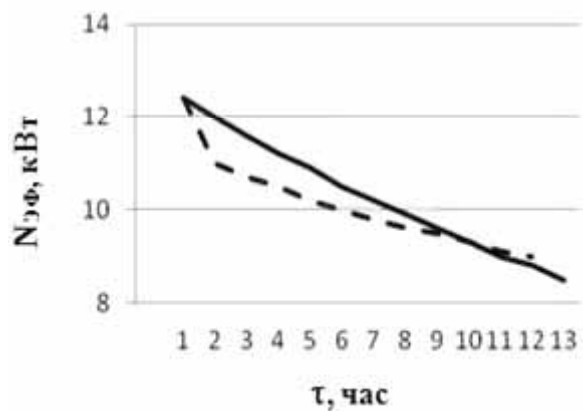
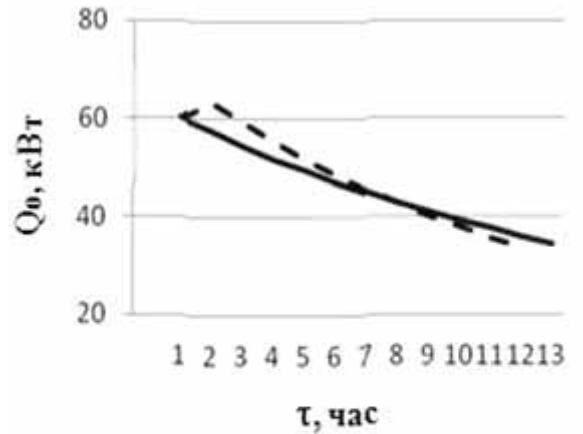


Рисунок 10 – теоретичні дані залежностей основних параметрів холодильної машини від тривалості термообробки:

- Q_0 – теплове навантаження;
- $N_{эф}$ – навантаження на компресор;
- система безпосереднього кипіння;
- система з акумуляцією холоду

Зміна температури проміжного холодоносія залежно від міри його охолодження (пониження його початкової температури) показана на рис. 11.

Як видно з графіків, кінцеву температуру в баку-акумуляторі досить знизити на 3 – 4 °С менше відносно температури в камері згідно з вимогами технологічного режиму. Можливий варіант отримання температури проміжного холодоносія і більш низької за рахунок використання часу, коли відбувається вивантаження продукту з камери, але при цьому виникає необхідність в роботі компресора, що спричиняє за собою збі-

льшення енерговитрат. Цей варіант доцільно здійснювати, коли на підприємстві існує тарифікація електроенергії. При цьому акумуляцію холоду слід виконувати в нічний час доби.

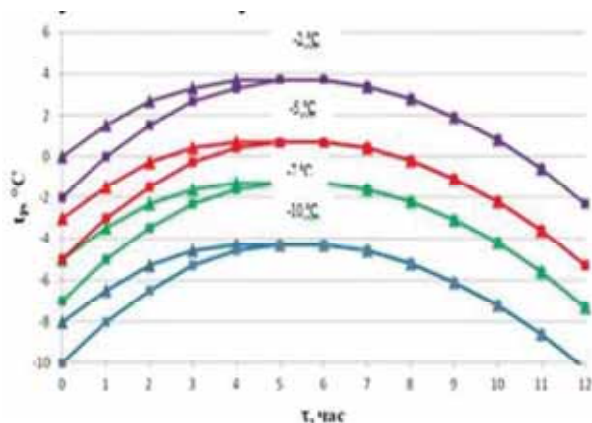


Рисунок 11 – Зміна температури проміжного теплоносія:

- температура на вході в прилади охолодження, °C;
- ▲—▲— температура на виході з приладів охолодження, °C

Висновки. В результаті відведення теплоти від продуктів при періодичному акумулюванні холоду за допомогою "калориметричного" методу порівняно з традиційною системою охолодження можна добитися зменшення коливань:

- температури кипіння на 3 °C;

- температури в камері на 6 °C;
- температури конденсації на 5 °C;
- навантаження на компресор;
- робочого струму в статорній обмотці компресора.

На підставі досліджень було визначено, що кінцеву температуру проміжного холодоносія в баку-акумуляторі при періодичному акумулюванні холоду досить знизити на 3 – 4 °C менше відносно температури в камері згідно з вимогами технологічного режиму

Список використаних джерел

1. Константинов Л. И. Математическое моделирование работы холодильных установок на переменных и нестационарных режимах [Текст] / Л.И. Константинов // Холодильная техника. – 1975. – № 4. – с. 26 – 31.
2. Оносовский, В. В. Моделирование и оптимизация холодильных установок [Текст] / В.В. Оносовский. – Л., изд. Ленинградского унта, 1990. – 206 с.

Надійшла до редакції 23.11.14

Рецензент: д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г., Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса.

И. А. Подмазко, к.т.н, **В. И. Милованов**, д.т.н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО» МЕТОДА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ АККУМУЛИРОВАНИИ ХОЛОДА

Проведены исследования холодильной системы с периодическим аккумулярованием холода, и определено его влияние на работу установки. Исследовано изменение рабочих температур в холодильной системе с периодическим аккумулярованием холода, а также – изменение токов и электрических мощностей. Дана сравнительная оценка использования системы с непосредственным кипением холодильного агента и с применением периодического аккумулярования холода. Рекомендована температура промежуточного хладоносителя.

Ключевые слова: непосредственное кипение холодильного агента, периодическое аккумулярование холода, промежуточный хладоноситель.

I. A. Podmazko, ScD, **V. I. Milowanov**, PhD

USING OF «CALORIMETRY» METHOD IS FOR PERIODIC AKUMU-LYUVANNI of COLD

The conducted researches of periodic accumulation of cold and his influence are on work of the refrigeration system. An investigational change of workers of temperatures is in the refrigeration system with the periodic accumulation of cold, and also is a change of currents and electric powers. The comparative estimation of the use of the system of the direct boiling and application of periodic accumulation of cold is given. Recommended temperature of intermediate coolant.

Keywords: immediate boiling refrigeration an agent, periodic accumulation of cold, intermediate coolant.