

Список джерел інформації / References

1. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : підручник / Г. К. Якимчук, Ю. С. Кирилук, Г. А. Саранча, за ред. Г. К. Якимчука. – К. : Основа, 2006. – 560 с.

Yakymchuk H. K., Kyrylyuk Yu. Ye., Sarancha H. A., (2006), *Interchangeability, standardization and technical measurements [Vzayemozaminnist, standartyzatsiya ta tekhnichni vymiry]*, Osнова, Kyiv, 560 p.

2. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація та управління якістю / Г. А. Саранча., – К. : Либідь, 1993. – 256 с.

Sarantsa H. A. (1993), *Metrology, standardization and quality management [Metrolohiya, standartyzatsiya ta upravlinnya yakisty]*, Lybid, Kyiv, 256 p.

Куценко Віктор Анатолійович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

Куценко Віктор Анатоліевич, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

Kutsenko Viktor, Cand. of Techn. Sc., Associate Professor, the Faculty of Equipment and Technical Service, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)337-86-35, 0983064977; e-mail: httpm@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.04.2017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 621.565.93.95

ВИКОРИСТАННЯ CO₂ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

О.В. Петренко, Д.П. Семенюк, І.Р. Діц

Розглянуто інженерні рішення холодильних схем, що найчастіше застосовуються під час проектування централізованих систем холодопостачання на CO₂. Досліджено переваги, недоліки та шляхи підвищення ефективності систем холодопостачання торговельних підприємств із застосуванням CO₂.

Ключові слова: холодоагент, CO₂, система холодопостачання, холодильна централь, субкритична каскадна, транскритична бустерна.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CO₂ В СИСТЕМАХ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.В. Петренко, Д.П. Семенюк, И.Р. Диц

Рассмотрены инженерные решения холодильных схем, чаще всего используемых при проектировании централизованных систем хладоснабжения на CO₂. Исследованы преимущества, недостатки и пути повышения эффективности систем хладоснабжения торговых предприятий с применением CO₂.

Ключевые слова: хладагент, CO₂, система хладоснабжения, холодильная централь, субкритическая каскадная, транскритическая бустерная.

USE OF CO₂ IN THE SYSTEMS OF REFRIGERATING OF TRADING ENTERPRISES

O. Petrenko, D. Semeniuk, I. Dits

In the article we examined the ways of using cooling systems for different food companies in which CO₂ used as a coolant. We made analytical examination of engineering decisions of cooling for trade enterprises which use CO₂ (in subcritical and supercritical cycles)

Was found that cooling systems which use CO₂ are more effective than systems with synthetic refrigerants if they work at subcritical temperatures.

This systems have such benefits: high temperature level require a small amount of refrigerant; temperature difference near cascaded heat exchanger is relatively low; on the side of high pressure of the different cooling systems we can use freon or ammonia; cascaded system with ammonia-carbon dioxide as a refrigerant has the highest efficiency.

The advantage of transcritical cooling systems with CO₂ is ability to effective using of heat recovery for getting hot water for technological needs.

Systems that use CO₂ have no problem with getting potential heat unlike freon systems. All heat of the work has high potential, all overheat can be used.

A common problem for both subcritical systems, and for transcritical is growth of pressure in system downtime.

To solve this problem, there are several ways: to maintain pressure in the refrigeration unit at a reasonable level, you can use additional small refrigerators; install in the system expansion vessel, sufficient to offset growth of pressure in system downtime; design the system in the way it can withstand the pressure of downtime (pressure of saturated vapor at room temperature) is 80 bar.

Keywords: refrigerant, CO₂, refrigeration system, central cooling, subcritical cascade, transcritical booster.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Питання охорони навколишнього середовища та безпеки роботи холодильних установок є одними з найбільш актуальних під час проектування холодильного обладнання та вибору холодоагенту. Застосування традиційних холодоагентів обмежується різними нормативами, причому в усьому світі спостерігається тенденція до їхньої жорсткості. Унаслідок цього останнім часом усе частіше рекомендується використовувати альтернативні холодоагенти [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки важливість CO₂ як холодоагенту в секторі холодильного обладнання для продовольчої торгівлі помітно зростає. Найважливіше при цьому те, що CO₂ – один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, які перспективні із погляду безпеки та нешкідливості для навколишнього середовища. CO₂ може використовуватися як холодоагент у холодильних системах різних типів, що працюють як у докритичних (субкритичних), так і надкритичних (транскритичних) циклах [2].

Найчастіше субкритичний цикл застосовують за каскадною схемою холодопостачання. Як правило, у верхній гілці каскаду як холодоагент використовують R717 або R134a, а в нижній – R744 (CO₂) у діапазоні температур від –35 °С (температура кипіння) до +10 °С (температура конденсації), що відповідає тискам від 12 до 26,5 бар. Існують різні види субкритичних каскадних холодильних систем на CO₂: системи з безпосереднім кипінням, системи з насосною циркуляцією, системи на CO₂ із вторинним ропним контуром або комбінації цих систем [3].

Транскритичні холодильні системи на CO₂ сьогодні використовуються лише в невеликих і комерційних холодильних установках із бустер-компресором на CO₂ у діапазоні температур від –35 °С (температура кипіння) до +40 °С (температура конденсації), що відповідає тискам від 12 до 90 бар. Це мобільні системи кондиціювання повітря, невеликі теплові насоси та системи холодопостачання супермаркетів [4]. Особливість транскритичної схеми в тому, що під час її роботи не відбувається конденсації холодоагенту, завдяки чому досягається мінімальна різниця між температурою навколишнього середовища та температурою холодильного агента, що використовується для перенесення тепла в системі рекуперації. Ця властивість дає можливість збільшити кількість тепла, що рекуперується за умов збільшення температури навколишнього середовища.

Низка компаній розробили та пропонують каскадні холодильні центральні на CO₂, що використовуються для систем холодопостачання супермаркетів. Поршневі напівгерметичні компресори для CO₂ як холодоагенту як для субкритичного, так і для транскритичного циклів пропонують багато виробників, зокрема, такі як Danfoss, Bitzer, GEA Bock, Dotin SpA.

Мета статті – аналітичний огляд сучасних систем централізованого холодопостачання на CO₂, визначення переваг та недоліків систем холодопостачання торговельних підприємств із застосуванням CO₂ під час вибору інженерного рішення, виявлення перспективних тенденцій сучасного проектування холодильних систем торговельних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо особливості застосування каскадних холодильних систем на CO₂ для торговельних підприємств.

Ефективність субкритичних каскадних холодильних систем на CO₂ досить висока навіть в умовах жаркого клімату. Ці системи мають досить вагомні переваги: для високотемпературної ступені потрібно дуже невелику кількість холодоагенту; різниця температур біля каскадного теплообмінника відносно низька; на високій стороні різних холодильних установок можна використовувати фреон або аміак; аміачно-вуглекислотні каскадні системи мають найвищий коефіцієнт корисної дії.

На рис. 1 показано спрощену схему холодильної установки, у якій CO₂ скраплюється у випарнику первинного холодильного контура (із холодоагентами NH₃, HC (пропан, пропілен) або HCFC/HFC) і транспортується циркуляційною помпою безпосередньо у випарники системи середньотемпературного охолодження. У сучасних каскадних CO₂-ступенях передбачений додатковий LT-ресивер низького тиску, що підтримує на рівні тиск кипіння CO₂ за рахунок відкачування пари одним або декількома одноступінчастими компресорами. Компресор нагнітає пари CO₂ у каскадний охолоджувач (конденсатор) разом із газом із середньотемпературного випарника. В охолоджувачі сумарний газовий потік конденсується й потім надходить у відповідний MT-ресивер. Із нього відбувається перепуск рідини в ресивер низького тиску за допомогою поплавкового клапана.

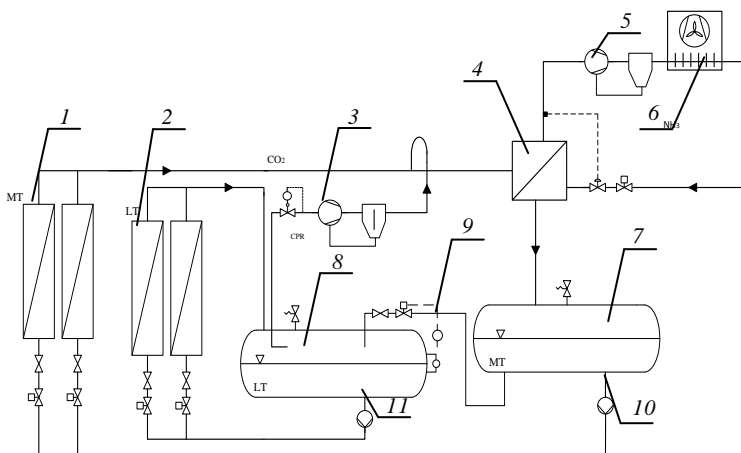


Рис. 1. Спрощена схема каскадної холодильної установки: 1 – випарники середньотемпературної гілки; 2 – випарники низькотемпературної гілки; 3, 5 – компресори; 4 – каскадний теплообмінник; 6 – конденсатор; 7 – ресивер високого тиску; 8 – ресивер низького тиску; 9 – поплавковий клапан; 10, 11 – насоси

Якщо для високотемпературного ступеня бажано використовувати фреон, то кращою маркою є R134a, завдяки його термодинамічним властивостям і більш низькому (порівняно з R404A) негативному впливу на навколишнє середовище. На рис. 2 подано спрощену схему субкритичної каскадної холодильної системи торговельного підприємства, у якій CO_2 використовується як звичайний холодоагент низькотемпературної гілки.

Установки з такою схемою поширені в країнах Скандинавії та вважаються дуже перспективними для комерційного застосування. У холодильних системах для типових супермаркетів у низькотемпературному каскаді CO_2 нагнітається в конденсатор-теплообмінник поршневими компресорами Bitzer серії «Октагон» C-1K, C-2K, модифікованими для CO_2 [5].

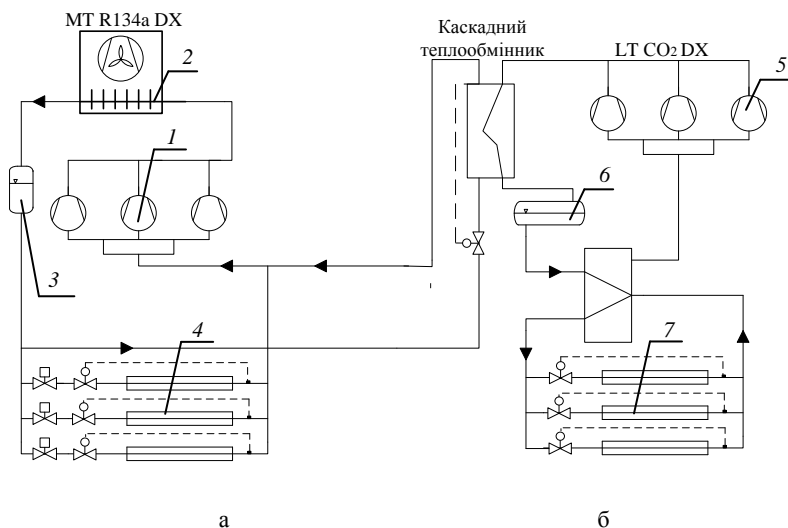


Рис. 2. Спрощена схема каскадної холодильної системи фірми Bitzer для торговельного підприємства: а – середньотемпературна MT-гілка; б – низькотемпературна LT-гілка; 1 – компресори середньотемпературної гілки; 2 – конденсатор; 3, 6 – ресивери; 4, 7 – споживачі холоду; 5 – компресори низькотемпературної гілки

Проміжна температура в каскадних системах обирається, виходячи з необхідної температури в холодильних камерах, що експлуатуються в умовах високої температури навколишнього середовища, а це значить, що ці камери можуть охолоджуватися безпосередньо діоксидом вуглецю. Крім того, середньотемпературну частину можна оптимізувати для одержання максимальної енергетичної ефективності, якщо використовувати систему лише для низькотемпературного застосування. Оскільки каскадна система складається з двох різних холодильних систем, які сполучені, але ізолювані на каскадному теплообміннику, розрахунковий робочий тиск у кожній із них може бути різним. Розрахунковий тиск CO₂ засновано на доступності компонентів і він дорівнює 40–45 бар (що відповідає температурі +5...+10 °C). У таких каскадних системах важливо, щоб на високотемпературній стороні працював, принаймні, один компресор для забезпечення можливості запуску першого компресора на низькотемпературній стороні. У протилежному випадку компресор на низькотемпературній стороні буде вимикатися через

високий тиск. така сама послідовність необхідна під час заповнення системи. Насамперед необхідно заповнити фреоном високотемпературний контур і запустити його в роботу. Коли це буде зроблено, можна почати заправлення низькотемпературної системи діоксидом вуглецю. Потім за умов підвищення тиску CO_2 в усмоктувальній лінії запускаються низькотемпературні компресори.

Транскритична бустерна холодильна система є однією з найбільш перспективних для застосування в умовах холодного та помірного клімату [6]. Причиною цього є кілька чинників: транскритична бустерна система більш економічна в плані енергоспоживання порівняно із системами, що працюють на фреоні R404a, і в той же час вона має більш просту конструкцію. На рис. 3 подано спрощену схему бустерної холодильної системи торговельного підприємства.

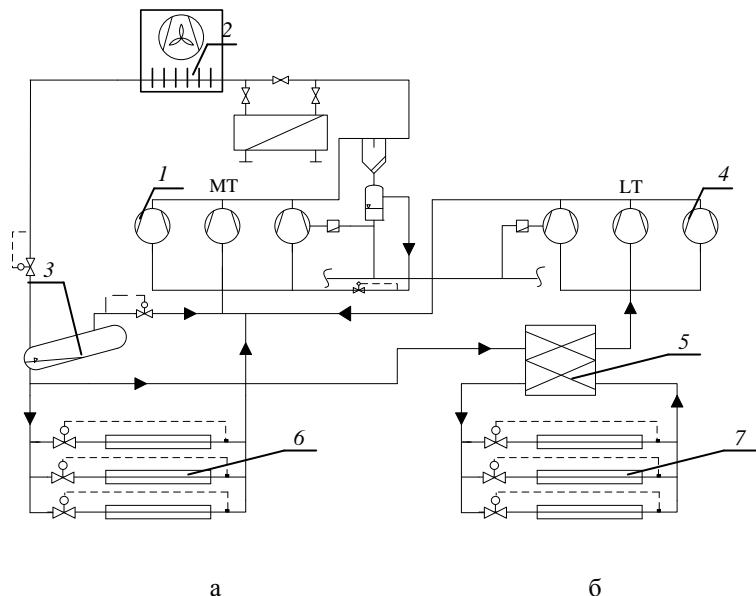


Рис. 3. Спрощена схема бустерної холодильної системи торговельного підприємства: а – середньотемпературна МТ-гілка; б – низькотемпературна LT-гілка; 1 – компресори середньотемпературної гілки; 2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – компресори низькотемпературної гілки; 5 – каскадний теплообмінник; 6, 7 – споживачі холоду

Секція високого тиску починається з компресора високого тиску LT, проходить через газоохолоджувач і закінчується клапаном регулювання високого тиску. Розрахунковий тиск у цій секції, як правило, становить від 90 до 120 бар.

Секція середнього тиску починається від розширювального клапана високого тиску, де потік розділяється на газ і рідину в ресивері. Газоподібна фаза відводиться в усмоктувальну лінію компресора високого тиску MT через байпасний клапан. Рідка фаза подається до розширювальних клапанів, де відбувається її розширення перед подачею в низькотемпературний і середньотемпературний випарники. Газ із низькотемпературного випарника стискується в низькотемпературному компресорі та змішується з газами, що надходять із середньотемпературного випарника та байпасної лінії. Звідси газ подається в усмоктувальну лінію компресора високого тиску та заповнює контур.

Розрахунковий тиск у середньотемпературній секції звичайно становить 40–45 бар, а в низькотемпературній – 20–35 бар. При цьому спостерігається тенденція проектувати середньотемпературну та низькотемпературну секції на однаковий тиск.

Тиск у ресивері регулюється клапаном із кроковим двигуном. Він повинен бути вище величини тиску, за якого відбувається випарування в середьотемпературних випарниках, для забезпечення різниці тиску на середьотемпературному розширювальному клапані. З іншого боку, цей тиск повинен бути нижче розрахункового тиску. Після розширення під високим тиском відбувається поділ газу та рідини, при цьому газ відводиться безпосередньо на усмоктувальну сторону компресора, а рідка фаза розподіляється по випарниках. Описаний процес дає можливість використовувати стандартні компоненти холодильної системи, що працюють під тиском.

За транскритичних умов тиск є функцією температури на виході з газоохолоджувача. Метою регулювання є одержання максимального холодильного коефіцієнта COP за цієї певної температури. Робота вентиляторів газоохолоджувача регулюється за температурою CO₂ на виході з газоохолоджувача. Якщо фактична температура нижче заданого значення, то швидкість обертання вентиляторів зменшується. Якщо всі компресори зупинені, то вентилятори не обертаються. У традиційних системах тиск часто є регулюючим параметром (зі зменшенням тиску конденсації підвищується продуктивність системи), але для транскритичних систем у холодний період це може сприяти збільшенню переохолодження та привести до сильного зниження тиску в ресивері. У результаті цього перепад тиску може бути недостатній для нормальної роботи розширювального клапана.

Загальною проблемою, як для субкритичних систем, так і для транскритичних є підвищення тиску під час простою системи. Для вирішення цієї проблеми існує кілька способів: для підтримання тиску в холодильній установці на прийнятному рівні можна використовувати додаткову невелику холодильну машину; установити в системі розширювальну посудину, достатню для компенсації підвищення тиску в системі під час простою; проектувати систему таким чином, щоб вона могла витримувати тиск простою (тиск насичених пар за кімнатної температури) близько 80 бар.

Як показує практика, оптимальним рішенням для холодильних установок є використання невеликої холодильної установки для охолодження рідкого CO₂.

Важливу роль під час вибору системи холодопостачання та холодильного агента для торговельного підприємства, що проектується, відіграють первісні та експлуатаційні витрати. Більшу частину експлуатаційних витрат становить споживання електроенергії. Як відомо, для виробництва холоду в харчовій промисловості споживається значна кількість електроенергії. Сьогодні близько 10–15% електроенергії, що використовується в усьому світі, припадає на вироблення холоду. При цьому супермаркети є найбільшими споживачами електроенергії. Половина енергії, що витрачається ними, іде на холодильну обробку продуктів (компресори, вітрини тощо). При цьому компресори споживають близько 30% електроенергії. Річні витрати на електроенергію у великих супермаркетах можуть становити близько 1% від загального доходу. Причому скорочення енергоспоживання на 50% приводить до 15%-го збільшення прибутку для середнього обсягу товарообігу мережі супермаркетів. Необхідно врахувати ще один важливий чинник – безперервний ріст цін на енергоресурси. Щорічний ріст цін на електроенергію становить 2–11%. Система із CO₂ за ефективністю перевершує обладнання із синтетичними холодоагентами, якщо воно працює в області субкритичних температур (температури < 31,2 °C). Споживана потужність систем CO₂ у порівнянні з R404a. У закритичному режимі експлуатації (температури > 31,2 °C) системи із CO₂, загалом, є менш ефективними, чим обладнання із синтетичними холодоагентами. Але якщо виходити з розрахунку за рік, то в широтах із помірним кліматом холодильні установки, що використовують CO₂, на 10–30% енергоефективніші, ніж установки із синтетичними холодоагентами, тому що більшу частину року працюють в області докритичних температур. Проведені дослідження показали, що енергоефективність систем на CO₂ прямо залежить від місця експлуатації холодильного обладнання, географічного фактора, а якщо бути точним, від середньорічної температури.

Фахівці компанії Dögin SpA провели порівняльний аналіз деяких схем холодопостачання для торговельних підприємств з урахуванням клімату регіону (Київ і Київська область) і технічних умов (агрегати холодопродуктивністю $Q_0 = 150$ кВт для температури кипіння $t_0 = -10^\circ\text{C}$ і $Q_0 = 50$ кВт для $t_0 = -35^\circ\text{C}$).

Було розглянуто три схеми холодопостачання: А – стандартна на R404A; В – із бустер-компресором (транскритичний цикл CO_2) і С – каскадна з R134a у верхній гілці, R744 – у нижній. Розрахунки показали, що найбільш енергозбережливою є схема холодопостачання з бустер-компресором (транскритичний цикл R744). Під час її експлуатації заощадується 17% енергії порівняно зі стандартною схемою холодопостачання на R404A.

Необхідно відзначити ще один важливий чинник – можливість у транскритичних системах на CO_2 ефективно використовувати рекуперацію тепла для одержання гарячої води для технологічних потреб і підігрів теплоносія для опалення. На відміну від фреонових машин, де є проблеми, пов'язані з одержанням високопотенційного тепла, на холодильних машинах, що працюють у транскритичному циклі на CO_2 , таких проблем немає. Усе тепло високопотенціальне й фактично можна використовувати весь перегрів, відключаючи, за необхідності газкулер.

Висновки. Таким чином, проведений аналіз систем, що працюють на CO_2 , показав перспективність їхнього застосування для систем холодопостачання вітчизняних торговельних підприємств різного формату. Складності, що виникають при цьому, вирішуються різноманітними схемними рішеннями, розробленими та апробованими фахівцями провідних холодильних компаній світу.

Список джерел інформації / References

1. «ASHRAE Position Document on Refrigerants and their Responsible Use», available at: <https://www.ashrae.org>

2. Системы охлаждения на CO_2 для продовольственных магазинов розничной торговли [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.danfoss.com/CO2

« CO_2 cooling systems for food retail stores» [«Sistemyi ohlazhdeniya na CO_2 dlya prodovolstvennyih magazinov roznichnoy trgovli»], available at: www.danfoss.com/CO2

3. Брайдерт Г. Й. Проектирование холодильных установок. Расчёты, параметры, примеры / Г. Й. Брайдерт. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.

Braydert, G.Y. (2006). *Design of refrigeration units. Calculations, parameters, examples* [Proektirovanie holodilnyih ustanovok], Tehnosfera, Moscow, 336 p.

4. CO₂ переживає друге відкриття [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.guentner.ru/nou-khau/innovacii-i-tehnologii/khladagent-CO₂-nastupaet](http://www.guentner.ru/nou-khau/innovacii-i-tehnologii/khladagent-CO2-nastupaet)

«CO₂ is going through the second opening» [«CO₂ perezhivaet vtoroe otkrytie»], available at: [http://www.guentner.ru/nou-khau/innovacii-i-tehnologii/khladagent-CO₂-nastupaet](http://www.guentner.ru/nou-khau/innovacii-i-tehnologii/khladagent-CO2-nastupaet)

5. Ренц Г. Полугерметичные поршневые и винтовые компрессоры «БИТЦЕР» для каскадных установок на CO₂ / Г. Ренц // Холодильная техника. – 2003. – № 2. – С. 2–6.

Renz, G. (2003), «Semi-hermetic piston and screw compressors «BITZER» for cascade installations for CO₂» [«Polugermetichnyye porshnevyye i vintovyye kompressory «BITTSEK» dlya kaskadnykh ustanovok na CO₂»], *Refrigeration equipment Journal*, Vol. 2, pp. 2–6.

6. David Hinde. Shitong Zha. Lin La (2009), «Carbon dioxide in North American supermarkets», *ASHRAE Journal*, Vol. 51.

Петренко Олена Володимирівна, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-88, 0677342916; e-mail: elena_lion_71@mail.ru.

Петренко Елена Владимировна, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61045. Тел.: (057)349-45-88, 0677342916; e-mail: elena_lion_71@mail.ru.

Petrenko Olena, PhD, Sc. Associate Professor, faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61045. Tel.: (057)349-45-88, 0677342916; e-mail: elena_lion_71@mail.ru.

Семенюк Дмитро Павлович, канд. техн. наук, доц., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-88, 0973659060; e-mail: dmitriy.semeniuk@gmail.com.

Семенюк Дмитрий Павлович, канд. техн. наук, доц., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61045. Тел.: (057)349-45-88, 0973659060; e-mail: dmitriy.semeniuk@gmail.com.

Semeniuk Dmytro, PhD, Sc. Associate Professor, faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61045. Tel.: (057)349-45-88, 0973659060; e-mail: dmitriy.semeniuk@gmail.com.

Діц Ігор Русланович, студ., факультет обладнання та технічного сервісу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-88, 0991966409; e-mail: ditsNN@mail.ru.

Диц Игорь Русланович, студ., факультет оборудования и технического сервиса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-88, 0991966409; e-mail: ditsNN@mail.ru.

Dits Ihor, student, faculty of equipment and technical services, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovskaya str. 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Тел.: (057)349-45-88, 0991966409; e-mail: ditsNN@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.О. Потаповим.
Отримано 15.042017. ХДУХТ, Харків.*

УДК 664.834.2

ВПЛИВ ПОТОКУ ПОВІТРЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС СУШІННЯ В МАСООБМІННОМУ МОДУЛІ

Є.М. Якушенко, Є.Ю. Стоян

Розглянуто вплив параметрів потоку повітря на температуру рослинної сировини під час сушіння за конвективного підведення теплоти до масообмінного модуля. За результатами проведених експериментів виконано аналіз комплексу «температура – час дії температури», показано наявність кореляції між середньоінтегральною температурою і температурою. Кореляції між швидкістю потоку повітря і середньоінтегральною температурою не виявлено.

Ключові слова: сушіння, рослинна сировина, масообмінний модуль, середньоінтегральна температура.

ВЛИЯНИЕ ПОТОКА ВОЗДУХА НА ТЕМПЕРАТУРУ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ В МАСООБМЕННОМ МОДУЛЕ

Е.Н. Якушенко, Е.Ю. Стоян

Рассмотрено влияние параметров потока воздуха на температуру растительного сырья в процессе сушки при конвективном подводе теплоты к массообменному модулю. По результатам проведенных экспериментов

© Якушенко Є.М., Стоян Є.Ю., 2017