**Янчарек Маріан Марек. Науково-технічні основи процесів тепломасообміну в теплових камерах при зберіганні фруктів : Дис... д-ра наук: 05.18.12 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Янчарек М.М. Науково-технічні основи тепломасообміну в теплових камерах при зберіганні фруктів: - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2008.  Дисертація присвячена вирішенню комплексної проблеми енерго- та ресурсозбереженню при довготривалому зберіганню фруктів в теплових камерах із регульованим газовим середовищем. Розроблені технологічні режими зберігання фруктів в газових середовищах. Залежно від сорта яблук температура змінюється в межах 1 – 3 С, вміст кисню 1,5 – 3 %, вуглекислий газ 1 – 5 %.  Запропоновано нову концепцію теплового розрахунку сховищ виходячи із гармонічного характеру зміни атмосферної температури. Для цих цілей проведено аналітичне дослідження характеру зміни температури та густини теплового потоку в огородженнях камери та в газовому середовищі камери.  Створена комплексна фізична модель процесів перенесення теплоти через огородження камери, на засадах якої розроблена адекватна математична модель при синусоїдальному характері зміни зовнішньої температури. Реалізація моделі здійснена на базі розробленого програмного інформаційно-комп’ютерного забезпечення. Проведено дослідження річної зміни температури повітря в середньо-східних регіонах Польщі, в результаті розробленої методики обробки даних встановлено динаміку зміни температури, необхідну для замикання розробленої фізичної та математичної моделі процесів теплообміну в камерах.  Створена автоматизована лабораторна установка для дослідження теплофізичних характеристик будівельних матеріалів, в основу якої закладено принцип вимірювання пошарових змін температур і вологовмісту та густин теплового потоку на поверхнях зразка. Отримані дані за допомогою розробленої комп’ютерної програми обробляються, що дає можливість отримати графічні залежності поточних значень коефіцієнта теплопровідності від температури та вологовмісту.  Для перевірки адекватності отриманих теоретичних результатів розроблено методику експериментального дослідження густини теплових потоків через огородження діючої теплової камери в м. РадзиніПодляском. Для досягнення цієї мети був виготовлений малогабаритний мало інерційний датчик перетворення теплової енергії. Натурні дослідження підтвердили необхідність при теплових розрахунках камер враховувати динамічний характер зовнішньої температури. Розроблена методика розрахунку промислових комплексів довготривалого зберігання фруктів.  Здійснено промислове впровадження наукових розробок на тепловій камері місткістю 100 т в м. РадзиніПодляском. Економічний ефект складає 2000 Є на рік. | |
| |  | | --- | | 1. На основі аналізу літературних джерел і розгляду досягнень нових технологій зберігання продуктів харчування та виходячи із необхідності стабільного постачання населення свіжими овочами і фруктами доцільно розробити енерго- та ресурсоощадні технології довготривалого зберігання фруктів, які б забезпечували високу їх якість на протязі року.  2. Процеси зберігання продуктів є достатньо енергоємними процесами і вимагають витрати великої кількості енергії. Тому довготривале зберігання необхідно здійснювати в спеціальних теплових камерах при низьких температурах і певному складі газового середовища. До теперішнього часу при проектуванні теплових камер для розрахунку теплоізоляційних огороджень кліматичні умови в регіонах будівництва враховуються лише статичним способом, тобто величиною максимальної температури. Але зміна температури атмосферного повітря за своєю природою є динамічною, тому і температура всередині камери змінюється за певним законом при певному часовому зміщенні фази температурної хвилі.  3. При розробці технології зберігання фруктів необхідно враховувати фізіологічні процеси, які відбуваються в фруктах і те, що рослинні клітини продовжують залишатися живими. Через живі рослинні клітини здійснюється випаровування води під час дихання, яке викликане різницею тисків між парціальним тиском водяної пари в газовому середовищі камери та в міжклітинному просторі фруктів. Як показали дослідження інтенсивність дихання залежить від температури навколишнього середовища. Так, при зростанні температури від 2 до 20 С інтенсивність дихання зростає в 5 разів.  4. На тривалість зберігання фруктів і їх якість суттєво впливає склад і температура газового середовища. Так, при низькому вмісті кисню і вуглекислого газу помітно сповільнюється життєдіяльність рослинних клітин. На основі результатів багаторічних досліджень, проведених в камерах із регульованим складом середовища в м. Радзинь-Подляски (Польща) розроблені енергозберігаючі технологічні режими довготривалого зберігання яблук та груш різних сортів. За цими режимами температуру потрібно підтримувати в межах 1 – 3 С, вміст кисню 1,5 – 3 %, вуглекислого газу 1 – 5 %.  5. Аналітичне розв’язання диференціальних рівнянь теплопровідності при гармонічному характері зміни зовнішньої температури дали можливість отримати рівняння, які описують закономірності зміни температури і густину теплового потоку в огородженні камери та величину густини потоку, яка надходить в камеру. Це дає можливість визначити тепловий потік, що поступає в камеру, і знайти потужність холодильного обладнання.  6. Використовуючи аналогію математичного опису температурних полів і полів електричних потенціалів на основі фізичної моделі розроблена адекватна математична модель, яка дає можливість отримати рівняння, які описують перенесення теплоти в зовнішніх огородженнях камер при синусоїдальному законі зміни зовнішньої температури. Отримані передаточні функції достатньо точно описують зміну температури і густини теплового потоку в середині сховища.  7. На базі комп’ютерної програми «Modelica» розроблено інформаційно-комп’ютерне забезпечення, яке дає можливість адекватно описувати процеси теплоперенесення в об’ємі теплової камери. Обробка результатів здійснюється в автоматичному режимі і наводиться в графічному вигляді. Збурююча температура може задаватися у вигляді синусоїдального, скачко подібного або іншого законів.  8. Дослідження зміни температури атмосферного повітря на протязі одного року показали, що вони мають гармонічний характер. Але, при проектуванні і будівництві теплових камер динамічний характер змін температури не враховується. Врахування динамічного характеру температури призводить до здешевлення будівництва сховищ і дає можливість значно економити електроенергію для підтримання постійної температури в камері.  9. Враховуючи, що при експлуатації теплових камер для довготривалого зберігання фруктів теплопередача через огородження здійснюється в нестаціонарних умовах при гармонічному характері зміни зовнішньої температури, огороджуючі конструкції необхідно розраховувати також на теплову інерційність і тепло засвоєння. Встановлено, що найбільш перспективними і відносно недорогими є легкозбірні сендвіч-панелі із пінополістирола або пінополіуретана.  10. Для дослідження коефіцієнтів теплопровідності l вологих матеріалів в Люблінській політехніці виготовлено лабораторний стенд, який на основі автоматично виміряних пошарових значень температури t та вологовмісту u, а також густини теплових потоків на поверхні зразка за допомогою розробленої комп’ютерної програми дає можливість отримувати графічні залежності l = ( u, t). Вологовміст вимірюється за допомогою спеціально розроблених ємнісних датчиків, а густина теплового потоку вимірюється за допомогою первинних перетворювачів теплоти, які розроблені на кафедрі теплотехніки НУХТ.  11. Дослідження залежності коефіцієнта теплопровідності суцільної червоної цегли l = ( u ) показали, що із зростанням вологовмісту значення l зростають. Так, в області моно- і поліадсорбційного зв’язку ( приблизно до u = 6 % ) спостерігається незначний ріст значень l. Це пояснюється тим, що волога цих форм зв’язку міцно зв’язана із твердим скелетом і в теплопереносі відіграє незначну роль. Із збільшенням вологовмісту від 6 до 12 % спостерігається різкий зріст значень l, що пояснюється появою капілярної конденсації вологи і заміною повітря в мікропорах водою. При подальшому збільшенні вологовмісту u > 12 % настає вологий стан, вода заповнює макрокапіляри, що призводить до подальшого росту коефіцієнта теплопровідності. Дослідження залежності l = ( t ) цегли показало, що з ростом температури значення l зростають. Так, при збільшенні температури від 6 до 16 С коефіцієнт теплопровідності зростає приблизно в 1,4 рази.  12. Для перевірки адекватності даних, отриманих аналітичним шляхом, були проведені дослідження температурних полів та густин теплових потоків в діючих теплових камерах в м. РадзиніПодляском ємністю 100 т. Результати дослідження показали, що значні температурні коливання спостерігаються на зовнішніх поверхнях, особливо з південної сторони. Встановлено, що огородження характеризуються значною інерцією по відношенню до зовнішніх коливань температури, а це практично не впливає на теплообмін всередині камери. Найбільші теплопритоки спостерігаються від підлоги. Вони в 2 – 4 рази перевищують втрати через сендвіч-панелі.  13. Дослідження теплопереноса в огородженнях теплових камер показали, що найбільш достовірними є теплові потоки, виміряні на внутрішніх поверхнях. Натомість, зовнішні вимірювання густин теплових потоків і температур зазнають значного впливу погодних факторів (вологість, швидкість руху повітря тощо), врахування яких можливе лише за допомогою постійного моніторингового контролю теплометричними засобами вимірювання. Тому, при теплових розрахунках камер необхідно користуватися даними, отриманими для внутрішніх поверхонь.  14. Встановлено, що на величину проникнення теплового потоку всередину огородження суттєво впливає величина теплопровідності матеріалу стіни. Матеріали з меншою теплопровідністю нагріваються сильніше на зовнішній поверхні і менше всередині. Значення сумарного коефіцієнта теплообміну всередині закритої теплової камери при вимкнутих повітреохолодниках складають в межах 1…3 Вт/(м2К), а працюючі повітреохолодники збільшують ці значення від 3 до 6 Вт/(м2К) для стін і до 18 Вт/(м2К) в місцях стиків із підлогою.  15. Аналіз проведених розрахунків складових енергетичного балансу теплових камер із регульованим складом газового середовища, побудованих із різних ізоляційних матеріалів, показує, що найбільші втрати через огородження спостерігаються в камерах із цегли (55 %), а найменші – в камерах із багатошарових плит (8 %). Для камер із пінополістирольних і пінополіуретанових плит ці втрати складають приблизно 13 %. Найбільші затрати енергії необхідні для початкового охолодження фруктів (26 – 55%). Витрати енергії на охолодження тари складають 7 – 13 %.  16. Як показують дослідження, найбільш економічними є камери великої місткості. Так, теплові камери місткістю в 200 т для підтримання необхідного теплового режиму вживають в 1,6 рази менше електроенергії на одиницю продукції ніж камери місткістю в 100 т.  17. На основі аналізу розрахункових і виміряних теплопритоків для різних конструкцій теплових камер розроблено метод теплового розрахунку промислових сховищ, в основу якого закладено не статичні значення температур в даному регіоні, а гармонічний характер зміни температури. Врахування цього дає можливість зменшити товщину огородження, або використовувати кондиціонери на 25 – 30 % меншої потужності.  Здійснення промислового впровадження наукових розробок на тепловій камері місткістю 100 т в м. РадзиніПодляском дозволило отримати економічний ефект в сумі 2000 Є на рік. | |