

Література

1. Маляренко В.А., Яковлев А.И. Возобновляемые энергоресурсы – основа альтернативной энергетики// Ежеквартальный научно-технический журнал «Интегрированные технологии и энергосбережение» №2. – 2008. – С.29-32.
2. Перетяка С.Н. Перспективы биотоплива в Украине // Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2010. – Вип. 37, С. 203 – 206.
3. Перетяка С.Н. Исследование энергетических характеристик кофейного шлама // Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2011. – Вип. 39, Т. 2, С. 345 – 347.
4. Практическое руководство по созданию пеллетного производства // ALLIGNO Maschine pexport GmbH / www. Alligno. ru
5. Бурдо О.Г. Процеси переробки шламу в технологях виробництв розчинної кави / Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Шведов В.В., Ружицька Н.В.// Наукові праці ОНАХТ – Одеса. 2010. – Вип. 37, С. 252 – 255.
6. Терзієв С.Г. Дослідження процесу сушіння шламу кави під дією інфрачервоного випромінювання / Терзієв С.Г., Ружицька Н.В., Саламаха В.І., Малашевич С.А. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь: ТДАТУ. – 2011. – Вип. 11, С. 153 – 158.

УДК 640.432:644.1:536

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТЕРМІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА З РЕГУЛЮВАННЯМ РОБОТИ РОЗГАЛУЖЕНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

**І.М. Ошипок, д-р техн. наук, проф.
Львівська комерційна академія, м. Львів**

У статті розглянули вплив негативних факторів виробництва на організм людини гарячих цехів ресторанного господарства і послаблення їх дії за допомогою розгалуженої системи вентиляції з мінімізацією теплових втрат і підвищення енергоефективності

The article examined the impact of negative factors on the human body hot shops restaurants, weakening their actions through an extensive system of ventilation with minimizing heat loss and energy efficiency

Ключові слова: енергоефективність, ресторан, устаткування, вентиляція, цех, гарячий.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Самопочуття, стан здоров'я працівників на підприємстві ресторанного господарства залежить від мікроклімату виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, руху повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, як правило, є суттєво мінливим, нерівномірним у горизонтальній та вертикальній площинах, різноманітний за градієнтом, вологістю, швидкістю руху. Залежить від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем. Джерелами теплоти повітря на виробництві є: технологічне устаткування з високими температурами нагрівання і кухонне устаткування (каструлі, пательні, котли тощо). Теплота від усіх цих джерел викликає значне підвищення температури повітря у робочих приміщеннях. Результати досліджень [1-4] свідчать про те, що у виробничих умовах усі ці фактори впливають на людину одночасно. Тому, важливо виявити їх сумарний вплив на працівників. Одним із способів оцінки сумарного впливу теплових факторів є спосіб обліку ефективних і еквівалентно-ефективних температур. Показник ефективної температури включає вплив температури і вологості повітря на людину на робочому місці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Оптимальні умови праці, ефективне енергозбереження в цехах ресторанного господарства забезпечують вентиляційні системи. Вони працюють за різними режимами роботи [1,4]. При цьому виникає потреба в описі роботи розгалуженої системи вентиляції (РСВ), дослідженні процесу передачі тепла при змінних витратах повітря. Дослідити теплопередачу можна на основі побудови математичної моделі яка б описала ефективні способи регулювання і відповідні конструктивні схеми РСВ їх основні вузли.

Формування цілей статті. На основі математичного моделювання і експериментального дослідження процесу теплопередачі теплового устаткування цехів закладів ресторанного господарства

забезпечити регулювання витрат повітря розгалуженою системою вентиляції з мінімальними тепловими втратами для створення відповідного мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Передача тепла конвекцією від нагрітих поверхонь теплового устаткування оточуючому повітрю опишемо диференціальним рівнянням

$$\frac{dT_t}{dt} = -K(T_t - T_1) \quad (1)$$

де T_t – температура тепловіддаючих поверхонь, К;

t – час теплопередачі, с;

T_1 – температура нагрітого повітря, К;

K – коефіцієнт теплопередачі, який визначається експериментально, Вт м² К.

Розділимо змінні і проінтегруємо рівняння (1) в межах зміни температур теплоносія і часу.

Рівняння (1) справедливе для процесу теплопередачі віднесеного до одиниці площі поверхні теплонагрівача.

$$\int_{T_2}^{T_4} \frac{dT_t}{T_t - T_1} = -K \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{T_4 - T_1}{T_2 - T_1} = -Kt \quad (2)$$

$$t = -\frac{1}{K} \ln \frac{T_4 - T_1}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

де T_1, T_2, T_3, T_4 – відповідно температура холодного повітря, гарячого повітря, гарячого тепловіддавача до нагрівання і після нагрівання, К.

Коефіцієнт теплопередачі на основі досліджень тепловіддавача опишемо рівнянням

$$K = a (V\rho)^\alpha \omega^\beta, \quad (4)$$

де a, α, β – дослідні коефіцієнти;

$V\rho$ – масова швидкість повітря, м/с.

$$V\rho = \frac{Q_m}{3600 \cdot S}$$

де Q_m – потужність тепло нагрівача, Вт;

S – площа нагрівальних поверхонь, м².

Тоді

$$K = \frac{a \omega^\beta}{(3600 \cdot S)^\alpha} \quad (5)$$

Підставляючи у рівняння (3) значення K і, зробивши перетворення отримаємо

$$t = \frac{(3600 \cdot S)^\alpha \ln \frac{T_4 - T_1}{T_2 - T_1}}{a \omega^\beta Q_m} \quad (6)$$

З залежності (6) можна визначити мінімально допустимий час для передачі тепла, а значить і мінімально допустимий час контакту повітря, яке нагрівається відтепловіддаючих поверхонь. На рис. 1 наведені результати розрахунку за рівнянням (6) і дослідні дані, які показують фактичний час контакту повітря з нагрівачами.

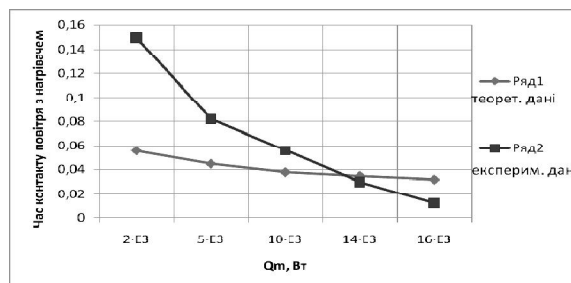


Рис. 1 – Теоретичні і експериментальні дані часу контакту повітря з термічним устаткуванням

Графік наглядно ілюструє, що час фактичного контакту повітря з нагрівачем зростає значно швидше, ніж час контакту, необхідний для передачі повітрю теплоти. Внаслідок цього зміна часу контакту при зміні витрати повітря не вимагає регулювання процесу теплопередачі.

У відповідності з рівнянням (5) коефіцієнт теплопередачі змінюється залежно від зміни витрати повітря рис. 2. З зміною коефіцієнта K змінюється кількість теплоти, яка передається повітрю.

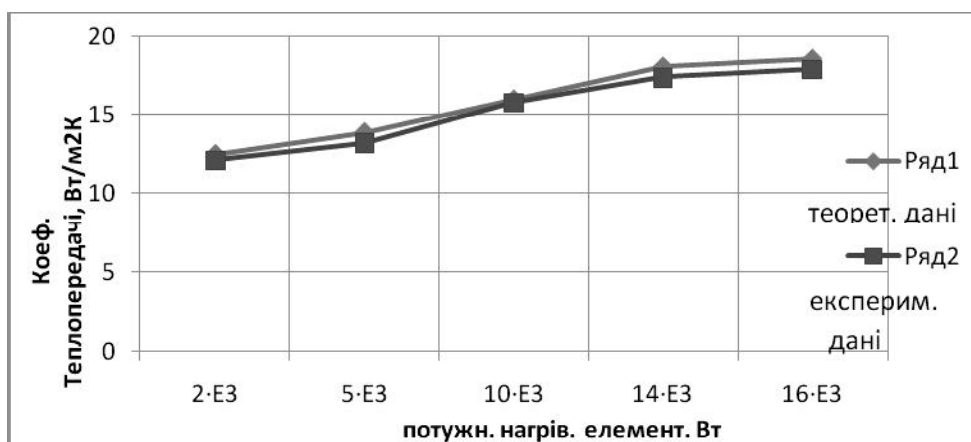


Рис. 2 – Залежність коефіцієнта теплопередачі від потужності нагрівальних елементів

Цей процес опишемо диференціальним рівнянням контакту повітря з нагрівачами:

$$dQ = K \frac{(T_2 - T_1) - (T_2 - T_1)}{\ln \frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_1}} \cdot dA \quad (7)$$

де Q – кількість теплоти, Вт;

A – площа цеху, м².

Прийmemo, що площу цеху можна змінювати в межах від 0 до A або від A_{\min} до A_{\max} і відповідно кількість теплоти, яка передається повітрю буде змінюватися в межах від 0 до Q або від Q_{\min} до Q_{\max} . Проінтегрувавши у цих межах рівняння (7) і, замінивши K на його значення з рівняння (5) отримаємо

$$Q_{\max} = Q_{\min} + \frac{\alpha \omega^2 (T_2 - T_1) - (T_2 - T_1)}{(\alpha \omega^2 \gamma^2 \ln \frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_1})} \cdot (A_{\max} - A_x) \quad (8)$$

$$Q_{\min} = Q_{\max} - \frac{\alpha \omega^2 (T_2 - T_1) - (T_2 - T_1)}{(\alpha \omega^2 \gamma^2 \ln \frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_1})} \cdot (A_{\max} - A_x) \quad (9)$$

$$Q = \frac{\alpha \omega^2 (T_2 - T_1) - (T_2 - T_1)}{(\alpha \omega^2 \gamma^2 \ln \frac{T_2 - T_1}{T_2 - T_1})} \cdot A \quad (10)$$

З залежності (10) видно, що у випадку нерегульованого режиму роботи теплонагрівачів площа нагрівання і живий переріз залишаються постійними і при зміні витрати повітря кількість переданої йому теплоти буде змінюватися залежно від зміни його витрати рис. 3. При його зменшенні знижуються коефіцієнт теплопередачі і різко знижується тепловіддача.

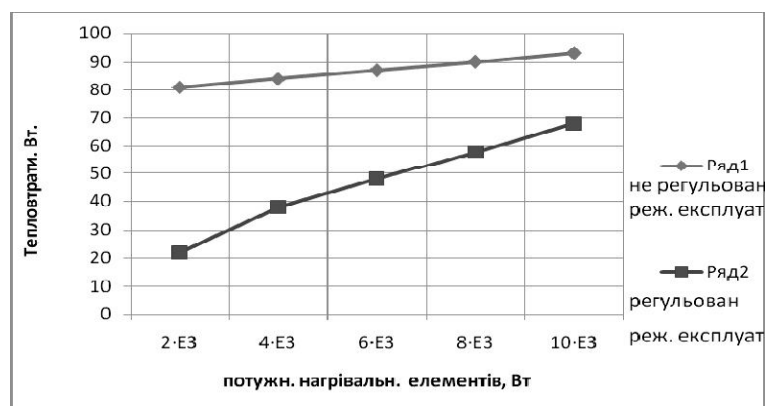


Рис. 3 – Залежність тепловитрат при регулюванні роботи теплонагрівальних елементів

Викладене вище справедливе, якщо градієнт температури теплоносія на вході і виході буде незмінним. Але процес теплопередачі при змінній витраті повітря впливає на градієнт температур теплоносія. При зниженні кількості подачі повітря системою вентиляції відповідного зниження кількості теплоти, яка віддається, температура теплоносія на поверхні теплонагрівача збільшується. Кількість теплоти, яку віддає теплонагрівач визначимо

$$Q = c_1 Q_m (T_3 - T_4) \quad (11)$$

де Q – кількість теплоти, яку віддає теплонагрівач, Вт/год;

c_1 – теплоємність теплонагрівача, Вт/м² К.

Розв'язавши, рівняння (11) відносно T_4 отримаємо

$$T_4 = T_3 + \frac{Q}{c_1 Q_m} \quad (12)$$

Кількість теплоти, яку віддає теплонагрівач при змінному режимі роботи, опишемо рівнянням

$$dQ = KAdT \quad (13)$$

Проінтегруємо рівняння (13) в межах від 0 до Q і від 0 до T , отримаємо

$$Q = KAT_T \quad (14)$$

де $T_T = \frac{(T_3 + T_4) - T_1}{2}$ – середньоарифметична різниця температур, К.

Замінюючи у рівнянні (14) T_T на його значення і відповідно замінюючи, T_4 і K з рівнянь (12) і (5) отримаємо кінцевий вираз для визначення теплоти

$$Q = \frac{2K_0 A c_1 Q_m (T_3 - T_1)}{(2T_3 - T_1) c_1 - 2K_0 A c_1} \quad (15)$$

За залежністю (15) можна визначити кількість теплоти, яку повинен віддавати теплонагрівач з урахуванням зміни його градієнта температур для забезпечення температури в робочій зоні.

Висновки. Розглядаючи механізми впливу виробничих факторів зовнішнього середовища (температури, вологи, швидкості руху повітря, дії інфрачервоного випромінювання нагрітого устаткування) на організм працівників, який прагне підтримати відносну динамічну стабільність своїх функцій за дії різноманітних чинників. Ця стабільність забезпечує насамперед один з найважливіших фізіологічних механізмів – механізм терморегуляції. Вона спостерігається при певному співвідношенні теплоутворення (хімічної терморегуляції) і тепловіддачі (фізичної терморегуляції). Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму. Зниження негативного впливу мікроклімату можна досягти за рахунок вжиття таких заходів: впровадження раціональних технологічних процесів; механізації та автоматизації; раціональної теплової ізоляції устаткування; раціонального розміщення устаткування; ефективного планування і конструкторського рішення виробничих приміщень (гарячі цеха розміщуються в одноповерхових приміщеннях); раціональної вентиляції та опалювання. Розрахунок оптимальних параметрів мікроклімату у гарячих цехах ресторанного господарства їх енегрозощадження слід розраховувати за дослідженнями викладеними у статті.

Література

1. Корінчевська Т.В. Перспективні методи акумулювання теплової енергії / Наукові праці ОНАХТ. Вип. 37. – Одеса, 2011. С. 236-241
2. Ощипок І.М. Оптимальне розміщення джерела теплоти термічного обладнання м'ясних виробництв на основі градієнта температур / І.М. Ощипок, Р.Й. Кравців, В.І. Ярошевич// Наукові праці ОНАХТ. Вип. 35.Т. 2 – Одеса, 2009. С. 36-41
3. Патент 36444 Україна, МПК А 23 В 4/00. Градієнтний спосіб оптимального розміщення джерел теплоти з заданими геометричними і фізичними характеристиками теплового обладнання м'ясної промисловості /І.М. Ощипок., Л.В.Занічківська, В.І.Ярошевич; заявник і патентовласник ЛНУВМ та БТ ім. С.З.Гжицького.–№ 200806672; заявл. 16.05.2008; опубл. 27.10.2008. Бюл. №20.–6 с.
4. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/ В.М. Гусев, Н.И.Ковалев, В.П. Попов, В.А. Потрошков, под ред. В.М. Гусева. – Л.: Стройиздат, 1981. – 343 с.

УДК 664.8.047

ТЕПЛОНАСОСНЕ СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Снежкін Ю.Ф., д-р техн. наук, чл.-кор. НАНУ, професор, Дабіжа Н.О., Капустін Р.В.
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

Досліджений процес конвективного сушіння термолабільних матеріалів до низького залишкового вологовмісту, запропонований енергозберігаючий режим зневоднення з перемінним ступенем осушення сушильного агента, що здійснюється за допомогою теплового насосу.

Convection drying of thermolabile materials to low residue moisture content is studied. The energy-saving mode with the agent humidity regulation by a heat pump is proposed.

Ключові слова: термолабільність, сушіння, кінетика зневоднення, ізотерми адсорбції, тепловий насос, питомі енерговитрати.

Постановка проблеми. До класу термолабільних відноситься велика кількість матеріалів, що піддаються сушінню. Особливістю термолабільних матеріалів є залежність якості готового продукту від температурного рівня процесу. При перевищенні максимально допустимої температури відбуваються необоротні зміни фізичної і хімічної структури матеріалу, що у свою чергу призводить до погіршення якісних показників. Одним з об'єктів сушіння, до якості якого висуваються підвищені вимоги, є така традиційна сільськогосподарська сировина як фрукти, які за своєю біологічною і хімічною природою чутливі до дії підвищених температур, тобто термолабільні.

Згідно із статистичними даними світове виробництво фруктів має стійку тенденцію до зростання [1]. Оскільки фрукти є швидкопсувними продуктами велика частина вирощеного урожаю підлягає переробці з метою одержання продуктів з тривалим терміном зберігання. При цьому до 20 % вирощених фруктів піддається сушінню. В результаті одержують продукти з проміжною вологістю 15-25 % (сухофрукти) і продукти з низькою вологістю 5-6 % (порошки, чіпси), частка останніх в загальному виробництві сушених фруктів невинно росте. Причиною тому є подовжений термін зберігання продуктів з низькою вологістю та істотна економія транспортних витрат. Крім того, фруктові порошки є цінними харчовими продуктами, що містять біологічно активні речовини: вітаміни, органічні кислоти, вуглеводи, флавоноїди і мікроелементи. Нерозчинна частина порошоків являє собою клітковину плодової м'якоти, тобто харчові волокна. Порошки швидко відновлюються при додаванні рідини. Одержувані після відновлення продукти за органолептичними і фізико-хімічними показниками відповідають вихідній сировині. Такі порошки є основою для виробництва різноманітного асортименту продуктів дитячого і дієтичного харчування, швидкокорозчинних напоїв, десертів, кондитерських і хлібобулочних виробів.

Основним технологічним процесом при виробництві фруктових порошоків є сушіння, тому вибір методу сушіння визначає з одного боку якісні показники порошоків, з іншого – величину капітальних і поточних витрат.

Порівняльний аналіз сучасних технологій виробництва фруктових порошоків [2] показує перевагу технології одержання порошоків з цільної сировини з використанням конвективних сушильних установок тунельного, конвеєрного або стрічкового типу. Перевагами даної технології є низькі енерговитрати, раціональне використання всіх складових частин сільськогосподарської сировини, простота обслуговування технологічного устаткування та його висока продуктивність. Також за цією технологією сировина до сушіння не зазнає глибокої термообробки, що позитивно впливає на якість продукту. Недоліками даної технології, які особливо виявляються під час сушіння термолабільних матеріалів до залишкового вологовмісту, що нижчий за рівноважний з навколишнім середовищем, є залежність ефективності роботи сушарки від вологості атмосферного повітря, а також низька інтенсивність процесу вологовидалення при використанні невисоких температур. При цьому процес видалення вологи з матеріалу значно сповільнюється, що призводить до збільшення енерговитрат. Використання конвективних сушильних установок пов'язане із значними втратами теплоти з відпрацьованим повітрям, в результаті чого витрати енергії на видалення вологи під час конвективного сушіння можуть досягати 6000 кДж/кг і більше.

Метою дослідження є вибір та обґрунтування методів інтенсифікації процесу конвективного сушіння термолабільних матеріалів до низького залишкового вологовмісту та пошук шляхів підвищення ефективності даного процесу.

У технології конвективного сушіння інтенсифікація процесу здійснюється головним чином шляхом підвищення температури сушильного агента. Проте можливість застосування цього методу при сушінні термолабільних матеріалів до низького залишкового вологовмісту обмежена.