

ній й не містять обмежень на величини v' та ∇P при $\nabla P \rightarrow \infty$. Між цими рішеннями також не можна зробити однозначний вибір.

Список літератури

1. Уилкинсон, У. А. Неньютоновские жидкости [Текст] / У. А. Уилкинсон. – М. : Мир, 1964. – 216 с.
2. Фрейденталь, А. Математические теории непружинной сплошной среды [Текст] / А. Фрейденталь, Х. Гейрингер. – М. : ГИТТЛ, 1962. – 432 с.
3. Герман, Х. Шнековые машины в технологии [Текст] / Х. Герман. – Л. : Химия : Лен. отд., 1975. – 229 с.
4. Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров [Текст] / З. Тадмор, К. Гогос. – М. : Химия, 1984. – 628 с.
5. Ясногородский, А. Я. Многоцелевые двухшнековые машины для перерабатывающих технологий [Текст] / А. Я. Ясногородский, А. Г. Звездин. – Х. : Прапор, 2006. – 184 с.
6. Торнер, Р. В. Теоретические основы переработки полимеров [Текст] / Р. В. Торнер. – М. : Мир, 1977. – 464 с.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© Е.В. Білецький, Ю.А. Толчинський, Д.П. Семенюк, 2010.

УДК621.9.:681.3

В.О. Потапов, д-р техн. наук

І.С. Ковш

О.Ю. Гриценко

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАСООБМІННОГО МОДУЛЯ ЄМНОСТІ ТА ПАРАМЕТРІВ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ПРОЦЕС ЗТП-СУШІННЯ

Наведено методи експериментального визначення впливу геометричних параметрів масообмінного модуля та параметрів сушильного агента на процес ЗТП-сушіння. Знайдено параметри оцінювання ефективності проведених експериментів. Приведені результати експериментів з визначення впливу геометричних параметрів масообмінного модуля та параметрів сушильного агента на процес ЗТП-сушіння.

Приведены методы экспериментального определения влияния геометрических параметров массообменного модуля и параметров сушильного агента на процесс СТП-сушки. Найдены параметры оценки эффективности проведенных экспериментов. Приведены результаты экспериментов по определению влияния геометрических параметров функциональной емкости и параметров сушильного агента на процесс СТП-сушки.

The methods of experimental determination of the influence of geometric parameters of mass transfer module and parameters of the drying agent on the process of DMH - drying. The parameters of evaluation of the effectiveness of the experiments. Results of experiments to determine the effect of geometrical parameters of functional capacity and parameters of the drying agent on the process of DMH - drying.

Постановка проблеми у загальному вигляді. ЗТП-сушіння за якістю продукту є альтернативним сублимаційному. Енергоємність процесу ЗТП-сушіння в декілька раз менша за процес сублимаційного сушіння. Для вибору оптимальних режимів сушіння необхідні знання впливу геометричних параметрів функціональної ємності та параметрів сушильного агента на кінетику процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переважна кількість сучасних робіт в області техніки сушіння присвячено питанню енергозбереження. Згідно із зарубіжними джерелами [1] на сушіння припадає 25% національного споживання енергії промислово розвинених країн, а в харчовій і переробній промисловості до 30%. У зв'язку з високою вартістю енергоресурсів навіть 1% економії споживаної енергії приносить суттєві економічні результати. За даними О. Л. Данилова [2] середній кпд вітчизняних конвективних сушарок 12...80% при цьому велика частина втрат припадає на відпрацьовану сушильний агент (до 40%). У зв'язку з цим питання енергозбереження вирішуються двома основними шляхами: розробка нових способів сушіння та розробка нових технологічних прийомів здійснення процесу зневоднення. Енергозберігаючі способи сушіння розробляються за такими напрямками:

- використання високотемпературного теплоносія;
- використання високовологого,
- високотемпературного теплоносія;
- використання активних гідродинамічних режимів;
- застосування силового фізичного поля;
- застосування комбінованих методів сушіння.

Проте більшість цих методів стосовно до харчової сировини не дозволяє істотно поліпшити якість сушеної продукції. Тому в Харківському державному університеті харчування та торгівлі розробляється новий напрям: сушіння в масообмінних модулях (ЗТП-сушіння), що поєднує низькі енерговитрати з низькими втратами природного хіміко-біологічного складу харчової сировини [3-9].

Відзначимо, що часто для підвищення економічності обладнання використовують інтенсифікацію процесів. Проте простий аналіз показує, що збільшення продуктивності сушарки за рахунок збільшен-

ня температури не пропорційно збільшує теплові витрати, знижуючи загальний ккд [10]. У роботі [11] теоретично показано, що для незворотних процесів найбільшим ккд будуть мати процеси з мінімумом виробництва ентропії. Тому остаточний висновок про енергетичну ефективність складних техніко-технологічних систем слід робити на основі ексергетичного аналізу [12; 13]

Мета та завдання статті. Виходячи з цього, метою даної роботи є експериментальне дослідження впливу геометричних параметрів масообмінного модуля та параметрів сушильного агента на енергоефективність процесу ЗТП-сушіння.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження процесу ЗТП-сушіння використовувалась сушильна установка, конструкція якої була розроблена на кафедрі енергетики та фізики ХДУХТ.

Для визначення впливу геометричних параметрів масообмінного модуля на процес ЗТП-сушіння були використані масообмінний модуль (ММ) зі змінною висотою та шириною пластин, що утворюють теплообмінну поверхню. Матеріалом для сушіння була тирса. Температура сушильного агента дорівнювала 90°C , швидкість – 29 м/с .

Для визначення впливу параметрів сушильного агента на процес ЗТП-сушіння використовувався масообмінний модуль розмірами $300 \times 200 \times 15\text{ мм}$ з шириною пластин 40 мм . Матеріалом для сушіння служила картопля сорту «Невська», яка мала початковий вологовміст 525% . Температура сушильного агента змінювалась від 80 до 90°C , швидкість змінювалась від 19 до 29 м/с .

Параметром, яким оцінювалась раціональність параметрів сушіння, була потужність, затрачена на сушіння.

Кожен експеримент повторювався тричі.

Для визначення того, який ММ ефективніше за все використовувати були розраховані потоки маси за формулою

$$J = \frac{\Delta m}{S_M \tau}, \quad (1)$$

де J – потік маси, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; τ – тривалість сушіння, с ; Δm – вилучена маса води в процесі сушіння, кг ; S_M – площа масообмінного зазору, м^2 .

Для визначення функціональної залежності між потоком маси й ступенем заповнення ФЄ і її відносної масообмінної площі було запропоновано наступне рівняння

$$J = e^{a_0} \cdot \rho^{a_1} \cdot \alpha^{a_2}, \quad (2)$$

де ρ – щільність заповнення ММ, кг/м³; α – відносна площа масообміну.

На рисунку 1 наведено залежність потоку маси від щільності заповнення ММ й відносної площі масообміну, розрахованої за рівнянням (2), що показує, що найбільший потік маси має місце для найменш щільного заповнення ММ (1,467-104) і найбільшої відносної площі масообміну (22,438).

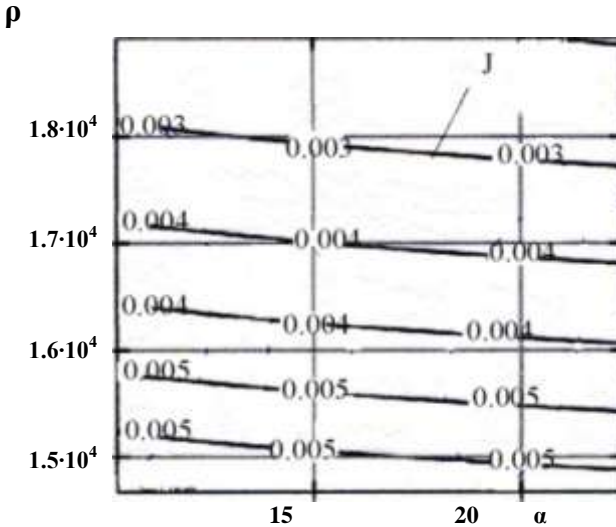


Рисунок 1 – Потік маси залежно від щільності заповнення ММ (ρ) і відносної площі масообміну (α)

Для визначення впливу параметрів сушильного агента на процес ЗТП-сушіння проводилися експерименти, де матеріалом, що висушується була картопля. Експерименти проводились за температурою сушильного агента 80 та 90°C та його швидкістю 19 та 29м/с.

Були визначені залежність поточного вологовмісту від тривалості сушіння, потужність витрачена на процес сушіння, залежність температури матеріалу, що висушувався, від тривалості сушіння.

Кінетика вологовмісту, потужності та температури у процесі сушіння показана на рисунку 2.

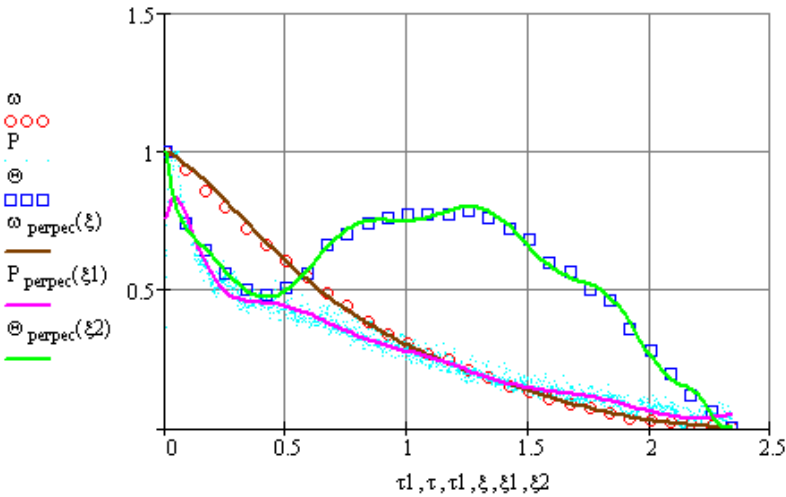


Рисунок 2 -- Кінетика вологовмісту, потужності та температури у процесі сушіння: $t = 90^{\circ}\text{C}$; $v=19\text{ м/с}$

Для аналізу питомих енерговитрат за різноманітних режимів ЗТП-сушіння був розрахований тепловий баланс.

$$p = m_c \cdot \left[c_c \cdot \Delta T \cdot \left(\frac{d}{dt} \Theta \right) + c_w \cdot \Delta T \cdot \Delta \omega \cdot \left(\omega \cdot \frac{d}{dt} \Theta \right) + r_w \cdot \Delta \omega \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \right) \right]$$

де m_c – кількість сухих речовин матеріалу, що висушується, кг; Θ – поточна температура матеріалу, $^{\circ}\text{C}$; ω – поточний вологовміст; c_c – теплоємність сухих речовин, $\text{кДж/кг}\cdot\text{K}$; c_w – теплоємність води, $\text{кДж/кг}\cdot\text{K}$; r_w – питома теплота пароутворення, кДж/кг .

ΔT знаходилась як різниця максимальної температури матеріалу і її початкової температури. $\Delta \omega$ знаходилась як різниця між початковим і рівноважним вологовмістом. Результати обробки експериментальних даних зведені у таблиці.

Таблиця – Аналіз питомих енерговитрат за різноманітних режимів ЗТП-сушіння

Величина	Експеримент		
	№1	№2	№3
Температура сушіння, °С	80	90	90
Швидкість сушильного агента, м/с	29	29	19
Потужність вентилятора, кВт	4,8	5,4	4,5
c_c , кДж	$3.401 \cdot 10^{-8}$	$2,166 \cdot 10^{-5}$	$3,824 \cdot 10^{-7}$
c_w , кДж	$3.576 \cdot 10^{-6}$	$6,503 \cdot 10^{-4}$	$1,599 \cdot 10^{-5}$
r_w , кДж	0,327	0,224	0,202

Висновки. Вивчення впливу геометричних параметрів функціональної ємності на процес ЗТП-сушіння показало, що найефективнішим буде використання ФС, для якої має місце найменш щільне заповнення (1,467·104) і найбільша відносна площа масообміну (22,438). Проведення експериментів на вивчення впливу параметрів сушильного агента та їх обробка показала, що найменша потужність що витрачалась на процес сушіння має місце за температури 90° С та швидкості 19м/с. Зміна температури не давала відчутної зміни потужності, на відміну від зміни швидкості сушильного агента.

Зроблено висновок, що для раціоналізації режиму сушіння за енерговитратами потрібно використовувати функціональну ємність з розмірами 300 x 200 x 15 мм з шириною пластин 40 мм та наступні параметри сушильного агента: $t=90^\circ \text{C}$, $v=19\text{м/с}$.

Список літератури

1. Kudra, T. Energy aspects in drying [Text] / T. Kudra // Drying Technology. – 2004. – Vol.22, №5. – P. 917–932.
2. Данилов, И. Л. Экономия энергии при тепловой сушке [Текст] / И. Данилов, Б. Леончик. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
3. Погожих, Н. И. Разработка интенсивного способа сушки картофеля со смешанным теплоподводом и анализ процесса методом ЯМР [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12, защищена 04.06.02 : утв. 05.11.02 / Погожих Николай Иванович. – Одесса, 1989. – 305 с.
4. Пат. 2096962 Российская Федерация, МКИ А23В7/03. Способ сушки пищевых продуктов [Текст] / Погожих Н. И., Потапов В. А., Цуркан Н. М. (Украина). – № 94033280/13 ; заявл. 13.09.94 ; опубл. 27.11.97, Бюл. № 33. – 4 с.
5. Погожих, Н. И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12. / Погожих Николай Иванович. – Х., 2002. – 331 с.

6. Цуркан, Н. М. Разработка рациональных режимов производства сушеного быстровостанавливаемого картофеля [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. / Цуркан Николай Михайлович. – Х., 2000. – 211 с.

7. Сомов, А. С. Разработка и исследование процесса СТП-сушки моркови [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Сомов Александр Сергеевич. – Х., 2000. – 180 с.

8. Пат. Україна МПК А23В/03 . Способ сушіння харчових продуктів [Текст] / Погожих Н. І., Сомов О. С., Якушенко Є. М. – № 2003119857 ; заявл. 04. 11. 2003 ; опубл. 27. 11. 97 , Бюл. № 33. – 4 с.

9. Потапов, В. А. Научные основы анализа и управления кинетикой сушки пищевого сырья [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 : защищена 18.05.07: утв. 05.11.07 / Потапов Владимир Алексеевич. – Х., 2007. – 348 с.

10. Исследование процесса сушки композиционных материалов [Текст] / Ю. Ф. Снежкин [и др.] // Промышленная теплотехника. – 2002. Т. 24 , № 1. – С. 55–60.

11. Робозоэр, Л. Об оптимальной организации процессов необратимого теплообмена [Текст] / Л. Робозоэр, А. Цирлин // Теор. осн. хим. технологии. – 1987. – Т. 21, № 3. – С. 374–382.

12. Энергетические расчеты технических систем [Текст] : справ. пособие / В. М. Бродянский [и др.] ; под ред. А. А. Долинского, В. М. Бродянского. – К. : Наукова думка, 1991. – 360 с.

13. Энергетический аспект анализа процессов сушки дисперсных и рупонных материалов в активных и гидродинамических режимах [Текст] / Б. С. Сажин [и др.] // Химическая промышленность. – 1995. – № 8. – С. 473–478.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Потапов, І.С. Ковш, О.Ю. Гриценко, 2010.

УДК 637.5.637.513

І.М. Ощипок, д-р техн. наук (*ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, Львів*)

КОМП'ЮТЕРНИЙ КОНТРОЛЬ ПОТОКІВ СИРОВИНИ І ВИРОБІВ М'ЯСОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто організацію потокових ліній м'ясних виробництв із застосуванням комп'ютерного контролю з метою забезпечення гранично-оптимальних експлуатаційних і економічних показників.

Рассмотрена организация поточных линий мясных производств с использованием компьютерного контроля с целью обеспечения гранично-оптимальных эксплуатационных и экономических показателей.

In the article organization of production lines of meat productions is considered with the use of computer control with the purpose of providing maximum-optimum operating and economic indexes.