

4. Балыбердин А.С. Разработка и исследование вихревых контактных устройств с активным теплообменом в зоне контакта фаз / Петров В.И., Балыбердин А.С., Махоткин И.А./ Вестник Казанского технологического университета – Казань КГТУ, 2006. – С. 52–56.
5. Н.А. Войнов. Вихревые контактные ступени для ректификации / Н.А. Войнов, Н.А. Николаев, А.В. Кустод, А.Н. Николаев, Д.В. Тароватый / Химия растительного сырья. – 2008. – № 3. – С.173–184.
6. Коробченко К.В. Дослідження технологічних та конструктивних параметрів роботи багатфункціональних абсорберів / Артюхов А.Є., Коробченко К.В., Ляпощенко О.О./ Хімія та хімічні технології: Матеріали I міжнародної конференції молодих вчених ССТ 2010. – Львів. – 2010. – С. 96–97.

УДК 66.047

## УТОЧНЕНИЙ РОЗРАХУНОК ГАБАРИТІВ ДИСКОВИХ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШАРОК ДЛЯ АДГЕЗІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Турчина Т.Я. науковий співробітник  
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ**

*Представлено методику розрахунку габаритів розпилювальних сушарок для адгезійних матеріалів з урахуванням особливостей кінетики їх сушіння.*

*Design procedures sized spray dryers for adhesive materials with the peculiarities of their drying kinetics.*

**Ключові слова:** розпилювальна сушарка, радіус камери, адгезійні матеріали, температурі параметри, продуктивність.

Отримання порошкових продуктів з рослинної сировини, для якої характерні великий вміст вуглеводів та кислот, висока в'язкість та нестійкість показників кислотності рідинних систем, ускладнене адгезійними явищами в камері розпилювальних сушарок, проблемами транспортування, сепарації та вивантаження порошку з установки, що знижує ефективність її роботи і якість продукту [1, 2].

В Інституті технічної теплофізики досліджено особливості кінетики та технології отримання методом розпилювального сушіння порошків різних за фізико-хімічними характеристиками рослинних адгезійних матеріалів: солодових екстрактів та плодово-ягідних, на основі чого розроблені нові теплотехнології отримання їх у порошковій формі для використання в якості оздоровчих продуктів у відновленому стані та для збагачення харчових продуктів у молочній, кондитерській та хлібобулочній галузях [3-6].

Для освоєння промислового виробництва таких продуктів важливо не тільки урахувати встановлені особливості даних продуктів як об'єктів розпилювального сушіння та дотримуватись рекомендованих режимних параметрів процесу їх висушування, а й правильно підібрати конструкцію та типорозмір розпилювальної сушильної установки.

Мета даної роботи полягала у розробці методики уточненого розрахунку габаритів розпилювальних сушарок з урахуванням особливостей кінетики сушіння досліджених нами колоїдних розчинів солодових екстрактів та плодово-ягідних суспензій з характерною малою дифузійною здатністю при сушінні. Методика уточненого розрахунку габаритів розпилювальних сушарок для даного класу термопластичних та адгезійних матеріалів, у якій враховувались особливості кінетики сушіння досліджених нами рослинних матеріалів, базувалась на відомій, розробленій в ІТТФ НАН України, методиці розрахунку габаритів дискових сушарок для високовологих розчинів, які не характеризуються складною реологією, термопластичністю та адгезійністю висушеного порошку, згідно якої радіус факелу розпилу визначають за формулою [7]:

$$R_{\phi} = 0,33 \delta_0 S \text{Re}^{0,35} \text{Gu}^{-0,4} \text{Ko}^{-0,2}, \quad (1)$$

де  $\delta_0$  - середній об'ємно-поверхневий діаметр краплі розпилу, що визначається за формулою Фраєра:

$$d_0 = 6,9 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{n}\right)^{0,6} \left(\frac{1}{x}\right)^{0,5} \left(\frac{G_{\text{пр}}}{D} \frac{h_{\text{пр}}}{D}\right)^{0,2} \left(\frac{1}{x}\right)^{0,1}, \quad (2)$$

де параметри густини  $\rho$ , кінематичної в'язкості  $\nu$  та поверхневого натягу  $\sigma$ , які характеризують фізико-хімічні і реологічні властивості висушуваного продукту, визначаються за його температурою.

За формулою (1) радіус факела  $R_{\phi}$  у значній мірі залежить від середнього діаметру краплі  $\delta_o$  у факелі розпилу (2). За експериментальними даними кінетики сушіння показник  $u_o$  у значній мірі визначає дифузійні та адгезійні здібності досліджених нами матеріалів при сушінні методом розпилювання, що призводить до неточностей у розрахунках радіуса факела розпилу та габаритів сушарок.

*Корегуючий коефіцієнт.* Виходячи з вищесказаного, вплив цього параметру ( $u_o$ ) на радіус факелу розпилу пропонуємо збільшити на величину *корегуючого коефіцієнту*  $K_u$  (3), розрахованого, як показано у табл. 1, за значеннями вихідного вологовмісту  $u_o$  ( $u_o = W_o/C_o$ ) дослідженого ряду термопластичних матеріалів: 
$$K_u = 1 + \frac{1}{u_o} \quad (3)$$

*Діаметр циліндричної частини камери* - головний параметр дискових сушарок - пропонуємо здійснювати за уточненою залежністю:

$$D_k = 2 R_{\phi} \cdot K_u, \quad (4)$$

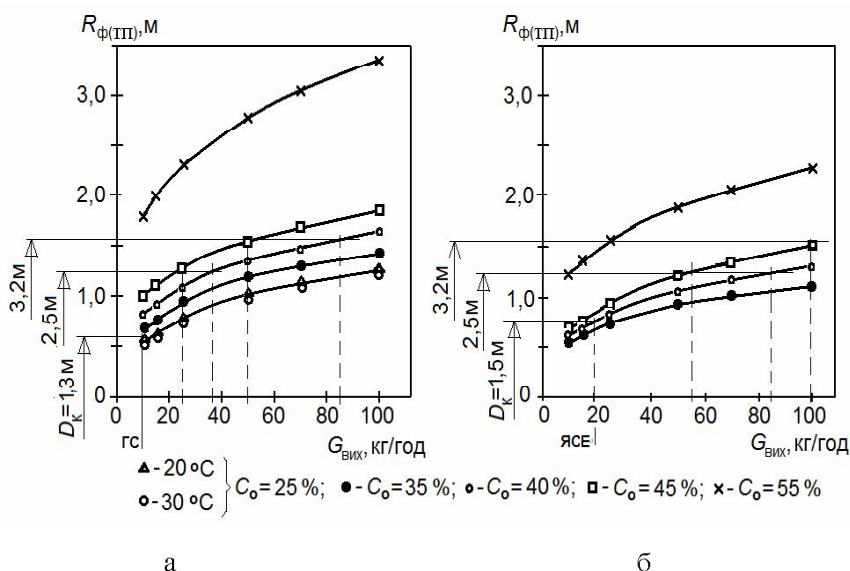
де вираз  $R_{\phi} \cdot K_u = R_{\phi(тп)}$  - радіус факела для термопластичних матеріалів з рослинної сировини з урахуванням кінетики їх сушіння.

**Таблиця 1 – Значення корегуючого коефіцієнту для уточненого розрахунку габаритів розпилювальних сушарок**

Об'єкт сушіння	$C_o$	$u_o$	$K_u$
Солодові екстракти	55	0,82	2,22
	45	1,22	1,82
	35	1,86	1,54
Плодово-ягідні композиції	25	3,00	1,33

За проведеними розрахунками отримані графічні залежності  $R_{\phi(тп)}(G_{внх})$  для різного вмісту сухих речовин у продукті (табл. 1) для розпилювальних сушарок, продуктивністю від 10 до 100 кг/год, що наведені на рис. 1 і за якими можна оцінити теплотехнічний потенціал сушарок різних типорозмірів, виходячи з параметрів вихідного рідинного продукту.

За даними рис. 1 підвищення температури продукту сприяє збільшенню продуктивності сушарки за рахунок поліпшення дисперсного складу у факелі розпилу завдяки зниженням в'язкості і збільшенням коефіцієнту дифузії вологи в матеріалі при сушінні. Такий вплив більш помітний для концентрованих продуктів ( $C_o=45...55\%$ ). Так, для продукту з температурою  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  діаметр камери може бути на  $\sim 25...40\%$  менший, ніж при температурі вихідного продукту  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що дає резерв енергозбереження для технологій сушіння та зниження капітальних витрат при їх освоєнні.



**Рис. 1 – Графічні залежності  $R_{\phi(тп)}(G_p)$  для термопластичних матеріалів з рослинної сировини: а)  $T_{прод} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; б)  $T_{прод} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$**

Для промислового виробництва порошків досліджених в роботі матеріалів, окрім апробованої у промислових умовах (Київський завод солодових екстрактів) сушарки СУМ-1,5, пропонується ряд прямоочних дискових розпилювальних сушильних установок, розроблених в ІТТФ НАН України. Серед таких сушарок установка РЦ-2,5-7,5 з камерою діаметром 2,5 м відрізняється від решти установок розподільним виходом відпрацьованого вологого повітря та порошку, що скорочує час їх контакту і сприяє зниженню вологості порошку, адгезійних явищ і збільшенню виходу продукту. Охолодження порошку передбачається на виході з камери (у бункері-циклоні), у циклоні та шнековому теплообміннику, обладнаних системою термостатування.

Продуктивність сушарок для даних матеріалів уточнювалась за кривими  $R_{ф(тп)}(G_{вих})$  (рис. 1) за параметрами вихідного продукту. Так, при температурі концентрату солодового екстракту 20°C і вмісті сухих речовин 40 % (рис. 1, а) камера з діаметром 2,5 м може забезпечити продуктивність по вихідному розчину  $G_{вих} \approx 38$  кг/год, а камера діаметром 3,2 м (РЦ-3,2/16) –  $G_{вих} \approx 76$  кг/год, а по готовому продукту відповідно ~ 15 і ~ 30 кг/год. Більша температура продукту (~ 60 °C) впливає на теплофізичні та реологічні властивості матеріалу: в'язкість його зменшується, що дозволяє, як показано на рис. 1, б, збільшувати вміст сухих речовин у вихідному розчині і продуктивність по рідкому та готовому продукту.

За розрахунками, що проводились для двох типорозмірів сушарок РЦ-2,5 та РЦ-3,2 і солодових екстрактів з  $C_{прод} = 40$  % та  $T_{прод} = 20$  °C, питомі тепловитрати незалежно від модифікації сушарок і в залежності від теплотехнологічних режимів сушіння складають ~ 7800... 9200 кДж/кг порошку, що узгоджується з даними промислової апробації сушарки СУМ-1,5 в лінії виробництва сухої форми солодових екстрактів. Крім того, використання у «мокрому» циклоні сушарки РЦ-2,5 та у системі термостатування вузлів вивантаження та охолодження порошку теплоти відпрацьованого у сушильній камері повітря дозволить знизити його температуру до ~ 40 °C і підвищити ККД сушарки в 1,3-1,4 рази.

Отримані результати показали високу ступінь узгодженості розрахункових та експериментальних даних по продуктивності сушарок за вихідним продуктом, отриманих на установках РЦ-1,3 (рис. 1, а - на плодово-ягідних гетерогенних системах - ГС) та СУМ-1,5 (рис. 1, б - на солодових екстрактах).

Таким чином, введення у розрахункову формулу (4) корегуючого коефіцієнту  $K_c$  дозволяє, при науково обгрунтованому виборі раціональних параметрів вихідного продукту та теплотехнологічних режимів сушіння, більш точно визначати габарити розпилювальних сушарок для розчинів та суспензій рослинних термопластичних матеріалів.

### Висновки

Отримані результати показали, що підвищення ефективності розпилювальних сушарок при промисловому виробництві порошкових продуктів з натуральної рослинної сировини можливе при науковому обгрунтуванні не тільки теплотехнологічних параметрів сушіння даних складних матеріалів, а й при урахуванні особливостей кінетики їх сушіння в уточнених розрахунках габаритів дискових сушарок.

### Література

1. Малецька К.Д., Турчина Т.Я. Вплив температурних режимів на ефективність процесу розпилювального сушіння солодових екстрактів // Наукові праці ОНАХТ – 2009.- Вип. 35.- Т.2. - С.152-157.
2. Малецька К.Д. Характеристики томатних порошків, одержаних розпилювальним методом./ К.Д. Малецька, Т.Я. Турчина, Н.Б. Сильнягіна // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2008.- Вип. 32.- Т.1. - С. 232-235.
3. Турчина Т.Я. Кинетика процессов теплообмена при сушке капель термопластичных материалов – солодовых экстрактов / Т.Я. Турчина // Промышленная теплотехника, 2010.- Т. 32, №3. - С. 43-49.
4. Малецька К.Д. Удосконалення процесу тепломасообміну в технологіях розпилювального зневоднення нефракціонованої рослинної сировини./ К.Д. Малецька, Т.Я. Турчина // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2007.-Вип. 30.-Т.1.- С. 176-181.
5. Малецкая К.Д. Новые технологии получения сухих пищевых добавок и продуктов из различных видов сырья / К.Д. Малецкая, Т.Я. Турчина, А.Г. Заритовская // Промышленная теплотехника. - 2003.- Т.25, №4.- С.156-157.
6. Малецкая К.Д. Особенности технологии получения порошков солодовых экстрактов для обогащения хлебопродуктов / К.Д. Малецкая, А.Г. Заритовская, Т.Я. Турчина // Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. - 2001.- Вип. 21.- С.276-279.
7. Кремнев О.А. Скоростная сушка / О.А.Кремнев, В.Р.Боровский, А.А.Долинский. – К.: Гостехиздат СССР, 1963. – 382 с.