

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ РІДКИХ МАТЕРІАЛІВ В РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШАРКАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлено математичне моделювання процесу сушіння рідких матеріалів в розпилювальних сушарках.

Ключові слова: розпилювальні сушарки, математичне моделювання, рідкі матеріали.

Abstract

The mathematical modeling of the drying process of liquid materials in spray driers is presented.

Keyword: spray driers, mathematical modeling, liquid materials.

Вступ

Найбільш енергоємним процесом отримання сухого молока є розпилювальна сушарка, від режимів якої в значній мірі залежать собівартості і якості готового концентрату. Пошук оптимальних режимів процесу розпилювальної сушки в області допустимих технологічних властивостей висушеного продукту при мінімальних енергетичних витратах, як правило, досягається методами математичного моделювання з подальшою експериментальною перевіркою отриманих результатів.

Відомі моделі засновані на поглибленні фронту випаровування вологи в краплі, з поступовою втратою вологи в процесі сушіння. Однак вони не враховують особливості процесу розпилювального сушіння в періодах постійної і спадною швидкості сушіння з урахуванням специфічних властивостей рідких матеріалів. При цьому не деталізується алгоритм їх вирішення, що не дає підстави для їх використання в систематичних розрахунках при пошуку оптимальних режимів [1].

Моделювання процесу сушіння рідких матеріалів, дозволяє скоротити енерговитрати до мінімальних [2].

Метою даної роботи є математичне моделювання процесу сушіння рідких матеріалів в розпилювальних сушарках.

Актуальність роботи полягає у можливості вдосконалювати розпилювальні сушарки на основі математичного моделювання процесу сушіння рідких матеріалів.

Основна частина

Період постійної швидкості сушіння

У періоді постійної швидкості сушіння тепло передається конвекцією від навколишнього повітря до поверхні краплі і викликає випаровування вільної води поки вона не буде повністю видалена. Водяна пара з поверхні краплі видаляється шляхом конвекції [2].

Приймаючи елемент диференційного об'єму в області зв'язаної вологи і враховуючи тепловий баланс, використовуємо закон Фур'є:

$$\frac{\partial}{\partial t} [\varepsilon \cdot \rho_V \cdot c_V \cdot T_{CB} + (1 - \varepsilon) \rho_T \cdot c_T \cdot T_T] = - \frac{1 \cdot \partial}{r^2 \cdot \partial r} \left(r^2 \cdot \lambda_{CB} \frac{\partial T_{CB}}{\partial r} \right)$$

Моделювання процесу сушіння в першому періоді проводилося з урахуванням наступних припущень [3]:

1. Краплі мають сферичну форму.
2. Кондукція є механізмом передачі тепла всередині краплі.
3. Внутрішній радіус краплі постійний.
4. Видалення вільної води на поверхні задається зменшенням зовнішнього радіуса краплі.
5. Вологість, температура і швидкість повітря, що оточує краплю, постійні.

6. Внутрішньої циркуляцією води і капілярними ефектами нехтується.
 7. Відсутня фізичне або хімічне взаємодія між твердими частинками і вологою.
 8. Температура краплі змінюється тільки в радіальному напрямку.
 9. На кордоні фронту випаровування встановлюється стан теплового і концентраційного рівноваги.
 10. Тверді частинки і волога навколо них знаходяться в тепловій рівновазі.
 11. Зміна теплофізичних характеристик визначені методом Волькенштейна.
- Період постійної швидкості сушки закінчується, коли вся вільна волога з поверхні краплі буде видалена
- Період спадної швидкості сушіння.
- У період спадною швидкості сушіння, передбачається існування поглиблення фронту випаровування вологи, який ділить краплю на область пов'язаної вологи і область твердих частинок.
- Завдання моделювання вирішувалося при наступних припущеннях:
1. Тепло передається конвективно до поверхні краплі.
 2. Видалення вологи в порах краплі описується зменшенням радіусу області пов'язаної вологи.
 3. Радіус краплі $R_{вн}$ не змінюється під час сушіння.
 4. Розчиненням твердих речовин у воді нехтуємо.
 5. Пори області пов'язаної вологи заповнені повітрям, водяна пара дифундує через ці пори.
 6. Фізичні та транспортні властивості водяної пари розраховуються при середній температурі, визначеної як середнє арифметичне від температури поверхні області пов'язаної вологи і температури поверхні краплі.
 7. Закон дифузії Фіка з ефективним коефіцієнтом дифузії описує дифузію водяної пари через пори області пов'язаної вологи.
 8. Морфологія краплі не змінюється під час сушіння.

Висновки

Таким чином, рішення математичної моделі дозволяють визначити зміну вологості і температури по радіусу краплі в процесі в розпилювальній сушарці рідкого матеріалу, що необхідно як для вибору геометричних розмірів сушарки, так і для керування технологічними параметрами сушіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Приклади та задачі. Навчальний посібник / О. Ю. Співак – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 116 с.
2. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) / А. Д. Гиргидов. – СПб.: СПбГПУ, 2002. – 544 с.
3. Кислов Н. В. Рекомендации по проектированию и расчету пылеуловителей типа циклон для предприятий стройиндустрии / Н. В. Кислов, В. Д. Сизов, В. Н. Короткий, А. П. Пашков // Минск, : УП «Технопринт». – 2001. – 40 с.

Кривоніс Людмила Едуардівна – студентка факультету БТЕГП, гр. ТЕ-16мі.

Kryvonis Ludmila - student of BTEGP, gr. TE-16 mi.