

Косачев Вячеслав Степанович

д-р техн. наук, профессор

Степанова Евгения Григорьевна

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный

технологический университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

ОБОБЩЕННАЯ КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ПОТЕНЦИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ

Аннотация: в данной статье рассматривается феноменологическая модель описания процессов сушки с фазовым переходом. Данная модель позволяет описать сушку в процессах высокоинтенсивного переноса тепла с фазовыми переходами характерными для современных сушильных установок.

Ключевые слова: фазовый переход, функция Ламберта, функция Хэвисайда, потенциалопроводность.

Использование высокоинтенсивных процессов переноса тепла в современных установках [1] оказывает существенное влияние на гидродинамику процесса [2] и свойства материала в гигроскопической области [3]. Влажностно-температурные кинетические зависимости сушки претерпевают значительные изменения [4] связанные с изменением гигроскопичности в условиях неравновесной термодинамики [5]. Математические модели высокоинтенсивных процессов сушки и кондиционирования [6] частично линеаризуются в осях потенциал мас-сопереноса – время. В случае использования электромагнитных полей [7] линеаризованный участок кинетики переходит в экспоненциальный. Это связано с изменением реологических характеристик материала [8]. Экспоненциальный участок наиболее характерен в случаях значительного съема влаги [9]. В настоящей работе, предложена математическая модель сушки материала при использовании высокоинтенсивных процессов. Эта зависимость может быть представлена двумя участками – периодом постоянной скорости и периодом падающей

скорости. Таким образом, для описания кинетики сушки можно предложить двух зонную модель:

$$\begin{cases} \Theta_1(k \cdot t) = 1 - b_1 \cdot (k \cdot t) \\ \Theta_2(k \cdot t) = b_2 \cdot \exp[-\varphi \cdot k \cdot t] \end{cases} \quad (1),$$

где Θ – относительное изменение потенциала влажности ($\Theta = \theta(t)/\theta_0$ – зависимость отношения текущего потенциала влагосодержания от времени к его исходному содержанию); k – скорость в период постоянной скорости; t – время процесса; $k \cdot t$ – обобщенное безразмерное время; φ – коэффициент потенциалопроводности. В модели (1) важным является граница между зонами. Для определения граничного времени сушки t_{ep} можно использовать уравнение:

$$1 - b_1 \cdot (k \cdot t_{ep}) = b_2 \cdot \exp[-\varphi \cdot k \cdot t_{ep}] \quad (2),$$

решение (2) относительно граничного времени сушки выражается W-функцией Ламберта:

$$t_{ep} = \frac{\varphi + b_1 \cdot W_0 \left[-\frac{\varphi \cdot b_2 \cdot \exp\left(-\frac{\varphi}{b_1}\right)}{b_1} \right]}{\varphi \cdot b_1 \cdot k} \quad (3),$$

где $W_0(z)$ – однозначная функция Ламберта от вещественного аргумента z . Указанная функция используется в решениях задач теплопроводности с фазовым переходом, следовательно, граничное время сушки характеризует завершение периода испарения свободной влаги из материала:

$$\Theta(k \cdot t) = [1 - b_1 \cdot (k \cdot t)] \cdot \Phi \left\{ \frac{\varphi + b_1 \cdot W_0 \left[-\frac{\varphi \cdot b_2 \cdot \exp\left(-\frac{\varphi}{b_1}\right)}{b_1} \right]}{\varphi \cdot b_1 \cdot k} - k \cdot t \right\} + \{b_2 \cdot \exp[-\varphi \cdot k \cdot t]\} \cdot \Phi \left\{ k \cdot t - \frac{\varphi + b_1 \cdot W_0 \left[-\frac{\varphi \cdot b_2 \cdot \exp\left(-\frac{\varphi}{b_1}\right)}{b_1} \right]}{\varphi \cdot b_1 \cdot k} \right\} \quad (4),$$

где $\Phi(z)$ – функция Хэвисайда. Феноменологическая модель (4) позволяет описать сушку в процессах высокоинтенсивного переноса тепла с фазовыми переходами характерными для современных сушильных установок.

Список литературы

1. Заславец А.А. Гидравлика реверсивного течения внутри мембранны контактора / А.А. Заславец, А.А. Схалюхов, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, С.Е. Кошевая // Новые технологии. – 2013. – №2. – С. 91–94.
2. Меретуков З.А. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики / З.А. Меретуков, А.А. Заславец, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев // Новые технологии. – 2012. – №1. – С. 36–41.
3. Подгорный С.А. Определение параметров математической модели равновесных свойств зерна в гигроскопической области нелинейной оптимизацией / С.А. Подгорный, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – №5–6. – С. 85–87.
4. Подгорный С.А. Влажностно-температурные кинетические зависимости при сушке / С.А. Подгорный, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой, А.А. Схалюхов // Новые технологии. – 2014. – №1. – С. 43–47.
5. Подгорный С.А. Статистическая оценка кластерной модели гигроскопичности зерна / С.А. Подгорный, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, С.В. Зверев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – №6. – С. 11–14.
6. Подгорный С.А. Математическое моделирование процессов сушки и кондиционирования зерна. Потенциалы массопереноса: Монография / С.А. Подгорный, Е.П. Кошевой, В.С. Косачев. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2012. – 136 с.
7. Степанова Е.Г. Применение электротехнологии в производстве сахара из свеклы // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – №1. – С. 61–62.
8. Степанова Е.Г. Реологические свойства яблок при различных способах их обработки / Е.Г. Степанова, В.А. Причко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1999. – №5–6. – С. 72–73.
9. Степанова Е.Г. Получение пектинового порошка из яблочных выжимок с применением метода электротехнологии / Е.Г. Степанова, В.С. Рубан // Интеграция науки и образования: Сборник статей Международной научно-практической

конференции / Международный центр инновационных исследований «Омега Сайнс»; отв. ред. А.А. Сукиасян. – 2014. – С. 166–168.