

О МЕТОДАХ ОБОБЩЕНИЯ КИНЕТИКИ ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ СУШКИ

Изучение влияния параметров режимов сушки на кинетику сушки требует проведения большого количества трудоемких опытов. В.В.Красниковым [1,2] предложен способ обобщения кривых сушки, согласно которому на основе одного опыта можно получить обобщенную кривую сушки в координатах $\ln M - M_0$, в обобщенная кривая дает возможность получить кривую сушки для любого режима. Однако для создания таких режимов необходимо знать корреляционную зависимость скорости сушки в периоде постоянной скорости сушки M_0 от определенных образом выбранного характерного параметра режимов, что требует проведения ряда дополнительных опытов.

Этот способ обобщения, очевидно, можно считать частным случаем универсального термодинамического правила смещения равновесия Ле-Шателье-Брауна [3]. Согласно этому правилу, внешнее воздействие, выводящее систему из равновесия, вызывает в ней процесс, стремящийся ослабить это воздействие. Для случая сушки влажных материалов при повышении температуры сухого агента при конвективной сушке или увеличении энергетической облученности при инфракрасной сушке, т.е. увеличении количества поглощенного тепла (эндотермическая реакция), в системе будут протекать процессы, приводящие к эндотермическим реакциям — испарению влаги.

Согласно гипотезе В.В.Красникова:

$$M - t = \text{const} \quad (I)$$

где M — скорость сушки в постоянном периоде, t — продолжительность сушки до определенного влагосодержания.

Данное прозвучивание не зависит от условий сушки, если сушка ведется при одинаковых начальных и конечном состояниях, определенных потенциальными массопереносом, или, в первом приближении, влагосодержаниями материалов.

Выражение (I) можно записать в дифференциальном виде:

$$\frac{dM}{dt} - 1 = \text{const} = C \quad (2)$$

Для периода постоянной скорости сушки удельная теплота парообразования γ не требует поправок, связанных с учетом протекания энергии влаги, а учет зависимости $\gamma = \gamma(t)$ для интервала температур, наиболее часто встречающихся в практике, вносит погрешность не более 4% / 4 /. Поэтому величину γ в периоде постоянной скорости сушки можно считать постоянной.

Тогда

$$\gamma \frac{du}{dt} = \text{const} = C' \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) может быть представлено в следующем виде:

$$\Delta Q \cdot t = \text{const} \quad (4)$$

Проведение нами исследования по кинетике сушки одних сухарей доказывает, что соотношения (1) и (4) хорошо выполняются для тех режимов, где сушка протекает в основном в периоде постоянной скорости. Если сушка протекает в периодах постоянной и убывающей скорости, то наблюдается разброс экспериментальных точек. При этом разброс будет тем больший, чем большая продолжительность периода убывающей скорости сушки. Хорошие результаты для этих режимов достигаются в том случае, когда в выражении (4) учитывается все тепло, поглощаемое телом в процессе сушки.

Расчет поглощаемого телом тепла требует определения зависимости кинетической поглощаемого теплового потока $q(t)$ от времени. Аналитический расчет $q(t)$ вызывает большие затруднения. Несмотря на то, что коэффициент α является функцией температуры, на наш взгляд, для этих целей является методика предложенная А.В.Линником / 5 /, который базируется на использовании обобщенной переменной η . При расчете величины η незначительные затруднения вызывают определения среднеобъемной температуры T .

Для определения зависимости $T = T(\eta)$ необходимо знание зависимости значений температуры.

Нами проведены опыты по исследованию терморadiационной сушки одних сухарей различных сортов. В качестве генераторов применялись "блестящие" ИК-излучатели. Сушка велась при двустороннем облучении. Величина облученности в наших опытах изменялась от 4000 до 7000 Вт/м² с каждой стороны.

Последняя температура измерялась в шести точках по толщине

сухарей медно-константановыми термометрами. Вспомогательная автоматическая самопишущая пневмометром ВПП-09М1.

Регистрация убыли массы материала осуществлялась с помощью фотокамеры / 6 / и записывалась на диаграммной ленте ВПП-09М1.

Толщина ломтиков сухарей λ в наших опытах 15-18 мм. Плотность сухарей "Моосковские" примерно 400 кг/м³.

С учетом температурных кривых и кривых сушки по приведенным в работе / 5 / зависимостям рассчитывались $E = E(\eta)$ и $\eta = \eta(\eta)$. С учетом зависимости $\eta = \eta(\eta)$ и кривой скорости сушки $\frac{du}{dt} = f(\eta)$ рассчитывался по формуле тепловой поток.

Результаты расчетов зависимости (4), дают отклонения не более 3-5%, что, очевидно, связано с погрешностями измерения как температуры, так и вычисления $q(t)$.

Соотношение (4) при терморadiационной сушке позволяет предложить еще один способ обобщения. Действительно,

$$\lambda^2 \cdot \alpha \cdot E = \text{const} \quad (5)$$

где α - коэффициент поглощения материала; тогда E - поверхностная облученность материала;

$$\alpha E t = \text{const} \quad (6)$$

Сушка многих пищевых продуктов происходит в основном в периоде постоянной скорости, когда влажностное содержание поверхности продукта остается примерно равным максимальному гигроскопическому. Коэффициент поглощения в этом случае можно считать величиной постоянной. Следовательно,

$$E \cdot t = \text{const} \quad (7)$$

Проведение расчетов соотношения (7) для случая терморadiационной сушки одних сухарей при различных режимах дает хорошие результаты.

Л и т е р а т у р а

1. Кривошников В.В., Данилов В.А., ИЖ, 1966, II, № 4.
2. Кривошников В.В., ИЖ, 1970, I, № 1.
3. Данилов В.А., Лидниц Е.М., Статистическая физика, М., "Наука", 1964.

4. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара, ВТИ
Госэнергоиздат, 1952.
5. Ликоз А.В., Теория турбин, М., "Энергия", 1968.
6. Исосовенко А.Г., Михалев А.А., ТЭЖ, 1961, 4, № 9.

Киевский технологический институт
пищевой промышленности