

УДК 549.979 + 541,14.8

*С.Ю. Чупрунов, М.А. Колмакова,
Д.М. Ковальчук, А.Ю. Орлов**

**К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ
ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СУШКЕ
ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОДУКТОВ**

*Работа выполнена под руководством канд. техн. наук А.И. Леонтьевой.

Учитывая, что наиболее важными показателями качества химических продуктов тонкого органического синтеза являются концентрация целевого вещества и химическая чистота [3 – 5], при экспериментальном обосновании выбранных технологических режимов процесса сушки для ряда полупродуктов (Г- и Р-соль, Гамма-кислота и др.) наряду с классическими зависимостями, характеризующими кинетику удаления влаги из материала и его нагрев ($\omega = f_1(\tau)$ и $T = f_2(\tau)$), предлагается рассмотреть зависимости изменения концентрации целевого вещества от времени.

Зависимость концентрации от времени, представленная на рис. 1, является характерной для большинства термолабильных полупродуктов органических красителей, принадлежащих по своей химической структуре к различным классам веществ. Отличиями являются только величина ΔC , а также технологические режимы, при которых эффект потери концентрации целевого вещества становится практически значимым.

Для разработки математического описания термораспада полупродуктов органических красителей рассмотрим следующие положения.

В реальном случае влажный органический продукт состоит соответственно из следующих составляющих:

1) целевое вещество, массой $m_{цв}$;

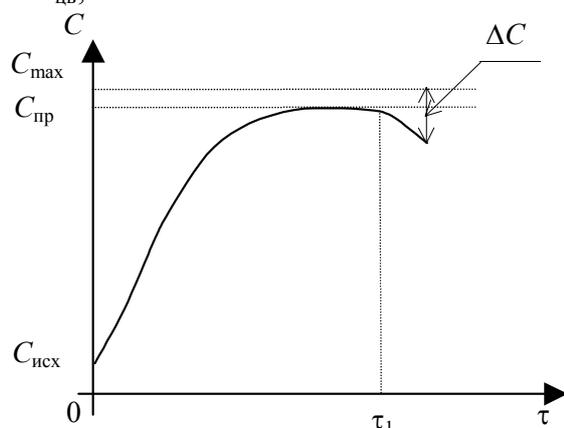


Рис. 1 Изображение процесса сушки органического продукта в координатах концентрация целевого вещества – время

2) вода (растворитель), массой $m_{вл}$;

3) примеси, массой $m_{пр}$.

Тогда масса продукта может быть определена по выражению

$$m_{п} = m_{цв} + m_{вл} + m_{пр} . \quad (1)$$

При анализе готовой выпускной формы полупродуктов органических красителей важными показателями качества являются:

– влагосодержание (или влажность) продукта, определяемое как

$$u_{п} = \frac{m_{вл}}{m_{цв} + m_{пр}} , \text{ кг/кг};$$

– концентрация целевого вещества в продукте, определяемая как

$$C_{п} = \frac{m_{цв}}{m_{цв} + m_{вл} + m_{пр}} , \text{ кг/кг}.$$

Анализ "качества" прохождения процесса сушки органического продукта, с точки зрения максимального сохранения целевого вещества в неизменном виде удобно проводить, сопоставляя кривую изменения концентрации целевого компонента в навеске материала, высушиваемого оцениваемым методом – $C_{п}^{эксп}(\tau)$, с "идеальной" кривой возрастания концентрации – $C_{п}^{расч}(\tau)$.

"Идеальную" кривую прироста концентрации $C_{\Pi}^{\text{расч}}(\tau)$ возможно получить расчетным путем, исходя из предположения, что в идеальном случае массы целевого вещества и примесей ($m_{\text{цв}}$ и $m_{\text{пр}}$) являются величинами постоянными, т.е. всякое воздействие на целевое вещество и примеси отсутствует.

С использованием экспериментальной зависимости изменения влагосодержания продукта в процессе сушки $u(\tau)$ расчетная кривая изменения концентрации целевого вещества в продукте определяется выражением (2)

$$C_{\Pi}^{\text{расч}}(\tau) = \frac{m_{\text{цв}}}{m_{\text{цв}} + u(\tau)m_{\text{цв}} + u(\tau)m_{\text{пр}}} . \quad (2)$$

Все составляющие выражения (2) выразим через начальные значения концентрации целевого компонента C_{Π}^0 и массы влаги, содержащейся в продукте перед сушкой $m_{\text{вл}}^0$

$$m_{\text{вл}}^0 = u_0 m_{\text{цв}} + u_0 m_{\text{пр}} . \quad (3)$$

Массу целевого компонента, в начальный момент времени можно рассчитать по формуле

$$C_{\Pi}^0 m_{\text{цв}} + C_{\Pi}^0 m_{\text{вл}}^0 + C_{\Pi}^0 m_{\text{пр}} = m_{\text{цв}} . \quad (4)$$

Выразив из (4) массу целевого вещества и проведя преобразования, с учетом (3) получим

$$m_{\text{цв}} = \frac{C_{\Pi}^0 m_{\text{пр}} (u_0 + 1)}{1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0} . \quad (5)$$

Материальный баланс для единицы массы вещества

$$1 = C_{\Pi}^0 + m_{\text{вл}}^0 + m_{\text{пр}} , \quad (6)$$

из которого можно получить

$$1 = \frac{u_0 (u_0 + 1) C_{\Pi}^0}{1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0} m_{\text{пр}} + C_{\Pi}^0 + u_0 m_{\text{пр}} + m_{\text{пр}} . \quad (7)$$

Тогда масса примесей равна

$$m_{\text{пр}} = \frac{(1 - C_{\Pi}^0)(1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0)}{u_0 + 1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0} . \quad (8)$$

С учетом выражений (3), (5), (8) концентрацию целевого компонента в процессе сушки можно представить в виде

$$C_{\Pi}^{\text{расч}}(\tau) = \frac{C_{\Pi}^0}{C_{\Pi}^0 + u(\tau) \left(\frac{C_{\Pi}^0 u_0 + A}{u_0 + A} \right) + \frac{A(1 - C_{\Pi}^0)}{u_0 + A}} , \quad (9)$$

где $A = 1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0$.

Проведя необходимые преобразования, из выражения (9) получим

$$C_{\Pi}^{\text{расч}}(\tau) = \frac{u_0 + 1 - C_{\Pi}^0 - C_{\Pi}^0 u_0}{\left(\frac{1}{C_{\Pi}^0} - 1 - u(\tau) + \frac{u(\tau)}{C_{\Pi}^0} \right)} . \quad (10)$$

Таким образом, для оценки "качества" прохождения процесса сушки органических полупродуктов выбранным методом необходимо провести сопоставление экспериментальной и расчетной зависимостей изменения концентрации целевого вещества во времени

$$\Delta C_n(\tau) = C_n^{\text{расч}}(\tau) - C_n^{\text{эксп}}(\tau). \quad (11)$$

Следовательно, значение $\Delta C_n(\tau)$ позволяет оценить наличие и охарактеризовать термохимические превращения, происходящие в органическом продукте при его сушке в заданных условиях, так как $\Delta C_n(\tau)$ характеризует только какие-либо превращения целевого вещества, влияние же изменения влагосодержания продукта на концентрацию целевого вещества из рассмотрения исключается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Леонтьева А.И., Утробин Н.П., Брянкин К.В., Чупрунов С.Ю. Исследование кинетики процесса сушки полупродуктов красителей (Р-соли) // Вестник Тамбовского государственного университета, 1996. Т. 1. Вып. 2. 163 – 165 с.
- 2 Сажин Б.С. Научные основы техники сушки: Учеб. пособие / В.Б. Сажин. М.: Наука, 1997. 448 с.
- 3 Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. М.: Химия, 1977. 487 с.