

теплообмена при изготовления стеклянных труб [3], в уравнении энергии для рукава кроме сложного теплообмена на наружной стороне учитывается и конвективный теплообмен между пленкой и воздухом, подаваемым внутрь рукава для его формирования, а также добавленное уравнение энергии для воздуха внутри рукава. Вследствие этого задача теплообмена становится сопряженной, так как температурные поля в стенке рукава и в воздухе внутри него необходимо будет вычислять одновременно.

Для решения сформулированной нелинейной сопряженной задачи разработан численный итерационный алгоритм с применением конечных разностей и написана программа для ЭВМ.

Проведено параметрическое численное исследование режимов вытягивания рукава пленки с учетом сопряженного теплообмена и сложных реологических свойств полимера в зависимости от основных режимных параметров процесса вытяжки. Результаты тестовых расчетов, выполненных по разработанной математической модели, вполне удовлетворительно совпадают с расчетными и экспериментальными данными, приведенными в [1]. Расчеты показали, что подача внутрь рукава воздуха с температурой, равной температуре окружающей среды или изменяющейся по специальному закону, открывает дополнительные возможности для управления температурными режимами полимерной пленки при формообразовании рукава, а следовательно, и для обеспечения в процессе вытяжки более качественных характеристик пленки.

#### **Л и т е р а т у р а**

1. Чанг Дей Хан. Реология в процессах переработки полимеров. М.: Химия, 1979. 368 с.
2. Вабишевич П.Н. Численные методы решения задач со свободной границей. М.: Изд-во МГУ, 1987. 164 с.
3. Некрасова Е.И. и др. Численное исследование сопряженного теплообмена при изготовлении стеклянных труб // Теплообмен ММФ-2000. Минск: АНК ИТМО НАНБ, 2000. Т. 2. С. 159-162.

УДК 66.048.375

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ МАССООБМЕНА**

В.Н. Павлечко

Белорусский государственный технологический университет  
Paulechka@tut.by

В наиболее распространенной модели эффективности массообмена, предложенной Мерффри, на идеальной и реальной тарелках при анализе эффективности в паровой фазе и жидкости совпадают соответственно составы поступающего пара и уходящей жидкости и составы выходящего пара и поступающей жидкости. В обоих случаях эти условия завышают параметры реальной тарелки и занижают показатели идеальной, сближая соответствующие величины. В модели Хаузена на идеальной и

реальной тарелках выравниваются составы поступающих потоков обеих фаз, что также искажает представление об эффективности массообмена.

На эффективность тарелок оказывают влияние также условия равновесия потоков пара и жидкости. В модели Мерффри, предполагающей полное перемешивание жидкости на тарелке, в равновесии на идеальной тарелке находятся составы выходящих потоков пара и жидкости, что также искажает представление о работе идеальной и реальной тарелок. В отличие от нее в модели Хаузена отсутствует какое-либо несоответствие по рассматриваемому критерию. Вероятно, благодаря этой особенности некоторые исследователи выделяют последнюю модель из других и отдают ей предпочтение.

При противотоке на идеальной тарелке составы поступающей жидкости и выходящего пара находятся в равновесии. Это искажает показатели работы моделей, основанных на связи идеальной и реальной тарелок в моделях Мерффри и Хаузена при анализе эффективности массообмена в паровой фазе. Указанные недостатки моделей, эффективность массопередачи в которых иногда больше единицы или меньше нуля, обусловили разработку новых моделей, большая часть их по условиям связи идеальной и реальной тарелок базируются на модели Мерффри и, следовательно, имеют свойственные последней недостатки.

В комплексной модели входные и выходные составы паровой и жидкой фаз на идеальной и реальной тарелках различаются. Концентрации компонентов на указанных тарелках выравниваются на некотором расстоянии  $h$  для пара и  $h_1$  для жидкости от места ввода фаз. Эти расстояния предложено определять в зависимости от коэффициента фазового равновесия  $m$  по формуле

$$h = h_1 = \frac{1}{m + 1}. \quad (1)$$

Такой подход не только устраняет недостатки моделей Мерффри и Хаузена, но и придает комплексной модели динамичный характер, что позволяет учитывать изменение коэффициента фазового равновесия по тарелкам колонны и использовать одни и те же расчетные зависимости при значениях  $m$ , больших и меньших единицы.

Комплексная модель обобщает известные модели и учитывает их как частные случаи, когда значения расстояний  $h$  и  $h_1$  принимают предельные значения:

в модели Мерффри при анализе эффективности в паровой фазе  $h = 0$ ,  $h_1 = 1$ ;

в модели Мерффри при анализе эффективности в жидкости  $h = 1$ ,  $h_1 = 0$ ;

в модели Хаузена  $h = h_1 = 0$ .

Предусматривается также вариант разделения идеальной смеси, подчиняющейся закону Рауля, когда  $m = 1$  и  $h = h_1 = 0.5$ . Поскольку идеальные смеси неразделимы ректификацией, то этот вариант имеет практическое значение при дистилляции смесей, приближающихся к идеальным, например вблизи азеотропных точек, когда  $m \rightarrow 1$  как при больших, так и при малых значениях.

В комплексной модели эффективность по пару и жидкости одинакова, при прямотоке она совпадает с соответствующей величиной при полном перемешивании жидкости на тарелке и выражается формулой

$$E_n = \frac{y_n - y_{n-1} + m(x_n - x_{n-1})}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_{n-1}}{m}}. \quad (2)$$

Условия связи идеальной и реальной тарелок комплексной модели распространены также на противоточное и перекрестное движения паровой и жидкой фаз. Указанные варианты организации потоков фаз различаются только условиями равновесия выходящего пара с жидкостью на идеальной тарелке. Эффективности при прямотоке и перекрестном токе равны соответственно

$$E_g = \frac{y_n - y_{n-1} - x_n + x_{n-1}}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_{n-1}}{m}} \quad (3)$$

$$E_k = \frac{y_n - y_{n-1} + \frac{m-1}{2}(x_n - x_{n-1})}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_{n-1}}{m}} \quad (4)$$

Зависимости (2) – (4) в отличие от известных моделей содержат параметры только реальной тарелки, в них учитываются концентрации компонентов обоих потоков.

УДК 664.126.04.054

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИММЕТРИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Т.М. Погорелый, В.Г. Мирончук

Национальный университет пищевых технологий  
tras22@nuft.edu.ua

Авторами рассматривается вопрос о создании математической модели асимметрического механизма процесса рекристаллизации в трехфазной системе (твердое тело – раствор – паровая фаза) на примере уваривания сахарного утфеля для уменьшения общности по применению данной модели к аналогичным дисперсным системам.

Асимметрический механизм процесса рекристаллизации исследован на примере ячеистой модели, состоящей из двух кристаллов различной величины с межкристалльным раствором вокруг каждого из них. Кристаллы одновременно контактируют с пузырьком генерированного в кристаллизаторе пара и контактируют между собой (рис. 1).

Рассмотрено влияние паровой фазы на асимметрический механизм процесса рекристаллизации. Температура парового пузырька отличается от температуры межкристалльного раствора и кристаллов. В силу различного по величине объема межкристалльные растворы вокруг меньшего и большего кристаллов при контакте с паровым пузырьком изменяют свои температуры, что приводит к различной по величине концентрации соответственно в большей и меньшей ячейках. Это в свою очередь вызывает диффузионный массообмен между растворами ячеек этих кристаллов, а в данном случае – перетекание веще-