

А. В. Троценко

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, 65026, г. Одесса, Украина

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ АЗЕОТРОПНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ

Азеотропные бинарные смеси являются эффективными рабочими телами различных холодильных машин, в том числе и низкотемпературных. Их поиск, а также исследования на основе только экспериментов представляют довольно сложную и трудоемкую задачу. Это, к сожалению, сдерживает более широкое применение азеотропных смесей в системах охлаждения. Рассмотрены задачи прогнозирования и моделирования азеотропных превращений с помощью двухпараметрических кубических уравнений состояния. На основе метода максвелловских кривых получено условие существования азеотропии, выраженное через параметры этих уравнений состояния. Получены и проанализированы результаты прогнозирования азеотропных точек для бинарных систем по уравнениям состояния Ван-дер-Ваальса, Редлиха-Квонга-Вильсона и Пенга-Робинсона. Приведены значения подгоночных параметров для ряда бинарных смесей, используемых в холодильной технике.

Ключевые слова: азеотропная смесь; прогнозирование азеотропии; термодинамические свойства; уравнение состояния; правила комбинирования; подгоночные параметры.

The azeotropic binary mixtures are effective working substances for various refrigerators, including low-temperature ones. Their experimental finding and investigation is the complicated and labour-intensive problem. That problem restrains more practical application of azeotropic mixtures in cooling systems. The problems of prediction and modeling of azeotropic behaviours with the help of two-parametric cubic equations of a state are considered. Using the Maxwell line method, the conditions of azeotropy expressed through parameters of the equation of state are obtained. The results of prediction of the azeotropic points for binary systems from van-der-Waals, Redlich-Kwong-Wilson and Peng-Robinson equations of a state have been obtained and analyzed. The values of correlation parameters for some binary mixtures used in refrigerating engineering are represented.

Key words: azeotropic mixtures; prediction of azeotropy; thermodynamic properties; equation of state; mixing rules; correlation parameters.

1. ВВЕДЕНИЕ

Использование азеотропных смесей в холодильных установках позволяет улучшить их качественные и количественные показатели по сравнению с рабочими веществами — компонентами этих смесей. Перспективным, как показано в работе [1], представляется применение азеотропных рабочих тел в дроссельных криогенных системах.

Замена озоноразрушающих хладагентов на альтернативные делает актуальной задачу поиска новых азеотропных рабочих тел [2]. Ее экспериментальное решение представляет собой сложную, трудоемкую работу и связано с большими затратами времени. Планирование эксперимента на основе качественных обобщений типа точек Банкрофта [3] или фазовых диаграмм [4] не приводит к существенному улучшению ситуации ввиду неэффективности этих методов при прогнозировании азеотропных превращений и принципиальной невозможности определения с их помощью термодинамических функций в азеотропных точках.

По этой причине для исследования азеотропии необходимо использовать уравнения состояния, адекватно отражающие термодинамические особенности реальных многокомпонентных систем. Для моделирования азеотропных превращений на сегодняшний день предпочтение следует отдать кубическим уравнениям состояния (КУС). Это обусловлено простотой формы КУС, возможностью привлечения минимальной экспериментальной информации для определения его параметров [5], накопленным опытом использования этого вида уравнения состояния для расчета термодинамических свойств смесей. Примером успешного применения КУС для планирования эксперимента по определению точек азеотропа могут служить результаты, представленные в работе [2].

Основная трудность использования уравнений состояния для нахождения азеотропных точек заключается в расчете парожидкостного равновесия смеси. Данной трудоемкой процедуры удастся избежать, используя метод максвелловских кривых [6, 7], который фактически приводит к замене модели многокомпонентной системы на псевдочистое вещество. Реализация этого