

УДК 536.71

¹А.А. Вассерман, доктор техн. наук; А.Г. Слынько, кандидат техн. наук; В.Н. Галкин, аспирант
Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029
¹e-mail: avas@paso.net

ОПИСАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ–ПАР В БИНАРНЫХ СМЕСЯХ АЗОТА, АРГОНА И КИСЛОРОДА

Усовершенствована форма уравнения для расчёта данных о фазовом равновесии жидкость–пар в бинарных смесях. Уравнение отображает давление смеси как сумму линейной комбинации значений давления насыщения компонентов и нелинейной функции от состава и температуры. Форма уравнения автоматически удовлетворяет условию о плавном переходе давления смеси в давление компонента при соответствующем увеличении его концентрации. Усовершенствование формы уравнения по сравнению с рассмотренными ранее [7, 8] заключается в увеличении гибкости выражения для нелинейной функции. Это позволило существенно уменьшить количество коэффициентов в указанной функции при сохранении приемлемой точности описания опытных данных. Эффективность модифицированной формы уравнения проверена на примере описания надёжных экспериментальных данных о фазовом равновесии в смесях азот–кислород при температурах 65...120 К, азот–аргон при 77...120 К и кислород–аргон при 80...120 К. Составленные уравнения позволяют рассчитывать любой из трёх параметров фазового равновесия (p , T , x либо y) при двух заданных. Форма уравнения может быть рекомендована для описания данных о фазовом равновесии жидкость–пар в бинарных смесях при докритических температурах обоих компонентов.

Ключевые слова: Азот. Аргон. Кислород. Бинарные смеси. Равновесие жидкость–пар. Уравнения фазового равновесия.

1. ВВЕДЕНИЕ

При расчётах процессов разделения газовых смесей необходимы надёжные данные об их фазовом равновесии. Это актуально, в первую очередь, для расчётов воздуходелительных установок, широко используемых в технике. Потребность в точных и внутренне согласующихся данных о фазовых равновесиях в бинарных смесях основных компонентов воздуха обусловила многочисленные экспериментальные и теоретические исследования, посвящённые всестороннему изучению этих смесей.

Фундаментальные исследования равновесия жидкость–пар в смесях основных компонентов воздуха провёл Г.Б. Наринский [1, 2]. Он получил многочисленные экспериментальные данные и на их основе составил уравнения для расчёта давлений сосуществующих фаз в трёх интервалах температур. С помощью этих уравнений рассчитаны таблицы данных о фазовом равновесии жидкость–пар для бинарных смесей трёх основных компонентов воздуха. Результаты исследований Г.Б. Наринского получили высокую оценку специалистов и включены в ряд монографий и справочников [3–6].

В настоящей работе нами продолжены исследования, результаты которых изложены в [7, 8], по разработке формы уравнения для аналитического описа-

ния фазовых равновесий в бинарных смесях. Предложена усовершенствованная форма уравнения, которая апробирована на точных экспериментальных данных [1] для бинарных смесей основных компонентов воздуха.

2. УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ–ПАР

Зависимость давления бинарной смеси от температуры и состава в состоянии фазового равновесия жидкость–пар имеет сложный характер. На эту зависимость влияет соотношение значений температуры смеси T и критических температур $T_{кр}$ компонентов. Так, для смеси аргон–азот, для которой значения температуры смеси меньше $T_{кр}$ низкокипящего компонента (азота), наблюдается умеренный рост давления с повышением его концентрации. В то же время в смеси аргон–гелий [9], где значения T смеси больше $T_{кр}$ низкокипящего компонента (гелия), имеет место резкий рост давления при этом условии. Отмеченное обстоятельство усложняет задачу разработки единой формы уравнения для описания экспериментальных данных о фазовом равновесии жидкость–пар в бинарных смесях. Не случайно Г.Б. Наринский в работе [1] аппроксимировал экспериментальные данные $p=f(T, x)$ отдельно для каждого состава, а в монографии [2] соста-