

<sup>1</sup>А.А. Вассерман, доктор техн. наук, <sup>2</sup>В.Н. Галкин, аспирант

<sup>1,2</sup> Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029

e-mail: <sup>1</sup>avas@paco.net; <sup>2</sup>vitaliy1311@mail.ru

ORCID: <sup>1</sup> http://orcid.org/0000-0001-8147-8417; <sup>2</sup> http://orcid.org/0000-0002-7640-5106

## РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЬ–ПАР В БИНАРНЫХ СМЕСЯХ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ОСНОВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ВОЗДУХА

Составлены уравнения, описывающие экспериментальные данные о фазовом равновесии жидкость–пар в трёх бинарных смесях диоксида углерода с азотом, кислородом и аргоном. Уравнения представляют собой зависимости давления жидкости либо пара от температуры и состава. При их составлении автоматически выбирались наиболее значимые коэффициенты уравнения. Средние квадратические отклонения опытных значений давления от рассчитанных составляют для разных смесей от 4,2 до 5,4 %. Уравнения также позволяют определять состав либо температуру фаз при заданных значениях других параметров фазового равновесия.

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

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Для разделения газовых смесей необходимы надёжные данные о фазовом равновесии в таких смесях. Многие авторы исследовали экспериментально фазовые равновесия жидкость–пар в смесях диоксида углерода с основными компонентами воздуха, но не описали аналитически полученные опытные данные. Поэтому в настоящей работе излагается процедура составления уравнений, описывающих равновесие жидкость–пар в бинарных смесях диоксида углерода с азотом, кислородом и аргоном, а также приводится оценка отклонений опытных данных от результатов расчётов по составленным уравнениям.

### 2. УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ

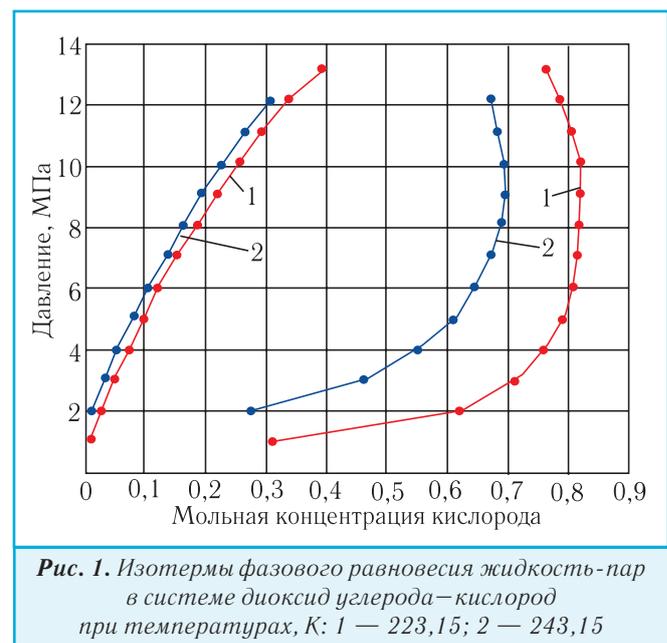
При составлении уравнений, описывающих фазовое равновесие в трёх упомянутых смесях, учитывалось, что для этих смесей характерен резкий рост давления на изотермах, которые из-за этого имеют вид «петли» (рис. 1). Поэтому для таких смесей целесообразно использовать форму уравнения, предложенную в работе [1]. Уравнения для давлений жидкости и пара представляются как

$$\ln p' = \ln p_{\min} + \sum_{k=1}^n M'_k x^{i_k} T^{j_k}; \quad (1)$$

$$\ln p'' = \ln p_{\min} + \sum_{k=1}^n M''_k y^{i_k} T^{j_k}, \quad (2)$$

где  $p'$ ,  $p''$  и  $p_{\min}$  — давления жидкости, пара и высококипящего компонента при фазовом равновесии;  $x$

и  $y$  — мольные концентрации низкокипящего компонента в жидкой и паровой фазах;  $T$  — абсолютная температура;  $M'_k$  и  $M''_k$  — коэффициенты уравнения.



Как отмечено в [1, 2], такая форма уравнения удовлетворяет предельному условию  $p \rightarrow p_{\min}$  при  $x \rightarrow 0$  и  $y \rightarrow 0$  и пригодна для описания фазовых равновесий в бинарных смесях при любых соотношениях температур смеси и критических температур компонентов.

Краткие сведения об экспериментальных данных, использованных при составлении уравнений, приведены в табл. 1.

При составлении уравнений применена усовершенствованная программа, предусматривающая оп-