

УДК 536.71

А.А. Вассерман*, С.В. Козловский, К.С. Мальченко

Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029

*e-mail: avas@paso.net

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСИ ЭТАН-ПРОПАН КАК РАБОЧЕГО ТЕЛА УСТАНОВОК ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Составлено уравнение состояния смеси этан-пропан в виде комбинации свободных энергий Гельмгольца компонентов смеси и функции взаимодействия компонентов. Коэффициенты уравнения определены на основании экспериментальных данных о плотности смеси при температурах от 195 до 400 К и давлениях до 34,6 МПа с учётом условий фазового равновесия. Проанализировано термодинамическое поведение смеси в состоянии насыщения. Установлено, что разность значений температуры насыщенных пара и жидкости на изобарах для разных составов достигает 20 К. Рассчитаны значения холодильного коэффициента и удельной объёмной холодопроизводительности цикла одноступенчатой холодильной машины при использовании смеси этан-пропан как рабочего тела.

Ключевые слова: Этан. Пропан. Природный газ. Смесь этан-пропан, Уравнение состояния. Термодинамическое поведение. Состояние насыщения. Холодильная машина. Характеристики цикла.

A.A. Vasserman, S.V. Kozlovsky, K.S. Malchenko

CHARACTERISTICS OF MIXTURE ETHANE-PROPANE AS WORKING BODY PLANTS OF REFRIGERATING NATURAL GAS

Equation of state for ethane-propane mixture has been made as a combination of Helmholtz free energy of mixture components and the components interaction function. Coefficients of the equation have been determined on the base of experimental data on mixture's density at temperatures from 195 K to 400 K and at pressure up to 34,6 MPa including the conditions of phase equilibrium. The thermodynamic behavior of mixture at saturation state has been analyzed. It has been stated that the difference of temperatures of saturated vapor and liquid on isobars for different compositions reach 20 K. The refrigerating coefficient values and cold-productivity specific volume of the one-step refrigerating machine cycle using the ethane-propane mixture as a working body have been calculated.

Keywords: Ethane. Propane. Natural gas. Ethane-propane mixture. Equation of state. Thermodynamic behavior. Saturation state. Refrigerating machine. Characteristics of cycle.

1. ВВЕДЕНИЕ

Смесь этана (R170) и пропана (R290) является одним из перспективных хладагентов [1]. Она применяется, в частности, как рабочее тело установок для охлаждения природного газа [2]. Термодинамические свойства этой смеси в однофазной области и состоянии насыщения исследовали многие авторы. На основании полученных ими экспериментальных данных нами составлено уравнение состояния, позволяющее рассчитывать термодинамические свойства смеси R170/R290 с необходимой для практики точностью. С помощью уравнения состояния исследовано термодинамическое поведение указанной смеси в состоянии насыщения и оценена её эффективность как рабочего тела холодильных машин.

2. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СМЕСИ

Для составления уравнения состояния смеси этан-пропан использована методика, предложенная Леммоном и Джекобсоном [3,4], в соответствии с которой уравнение имеет форму:

$$A = A^{id} + A^E, \quad (1)$$

где A и A^{id} — энергии Гельмгольца реальной и идеальной смеси; A^E — добавка к энергии Гельмгольца от смешения (функция взаимодействия).

Величины A^{id} и A^E для бинарной смеси рассчитывают по выражениям:

$$A^{id} = \sum_{k=1}^2 x_k [A_k^0(\omega, \tau) + A_k^f(\omega, \tau) + RT \ln x_k]; \quad (2)$$