

УДК 536.71

А.А. Вассерман*, **С.В. Козловский**

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

*e-mail: avas@paco.net

ХАРАКТЕРИСТИКИ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ЭТАНОМ И ПРОПАНОМ КАК РАБОЧИХ ВЕЩЕСТВ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Составлены уравнения состояния смесей диоксида углерода (R744) с этаном (R170) и пропаном (R290) в форме комбинации свободных энергий Гельмгольца компонентов смеси и функции взаимодействия компонентов. Коэффициенты уравнений определены в основном по данным о плотности при температурах 207...478 К и давлениях до 69 МПа для смеси R170/R744 и при 222...511 К до 70 МПа для смеси R290/R744 с учётом условий равновесия фаз. Проанализировано термодинамическое поведение смесей в состоянии насыщения. Установлено, что разность значений температуры насыщенных пара и жидкости на изобарах для смеси R170/R744 достигает 5,8 К. При мольной доле R744, равной 0,6, смесь практически является азеотропной. В смеси R290/R744 эта разность достигает 38 К. Рассчитаны значения холодильного коэффициента и удельной объёмной холодопроизводительности цикла одноступенчатой холодильной машины при использовании этих смесей как рабочих тел.

Ключевые слова: Смесь этан-диоксид углерода. Смесь пропан-диоксид углерода. Уравнение состояния. Термодинамическое поведение. Состояние насыщения. Холодильная машина. Характеристики цикла.

A.A. Vasserman, S.V. Kozlovsky

CHARACTERISTICS OF BINARY MIXTURES OF CARBON DIOXIDE WITH ETHANE AND PROPANE AS WORKING SUBSTANCES OF REFRIGERATING MACHINES

Equations of state for mixtures of carbon dioxide (R744) with ethane (R170) and propane (R290) were composed in the form of combination of free Helmholtz energy of components of mixture and the interaction function of components. Coefficients of equations were determined mainly on the basis of data on density at temperatures 207...478 K and pressures up to 69 MPa for mixture R170/R744 and at 222...511 K up to 70 MPa for mixture R290/R744 taking into account the requirements of phase equilibrium. The thermodynamic behavior of mixtures at saturation state was analysed. It was established that the difference of temperatures of saturated vapor and liquid on isobars for mixture R170/R744 reach 5,8 K. At mole fraction R744 equal 0,6 mixture practically is azeotropic. In the mixture R290/R744 this difference reaches 38 K. The values of performance factor and specific volume refrigerating effect were calculated of cycle of one-step refrigerating machine using these mixtures as working medias.

Keywords: Mixture ethane-carbon dioxide. Mixture propane-carbon dioxide. Equation of state. Thermodynamic behavior. Saturation state. Refrigerating machine. Characteristics of cycle.

1. ВВЕДЕНИЕ

Углеводороды и их смеси рассматриваются как перспективные рабочие тела низкотемпературных установок [1]. В частности, смесь этана (R170) и пропана (R290) применяется как рабочее тело установок для охлаждения природного газа [2]. Однако указанные углеводороды и их смеси огнеопасны. Для уменьшения этой опасности предполагается использовать в качестве хладагентов смеси этих углеводородов с диоксидом углерода (R744).

Диоксид углерода является одним из старейших

хладагентов, использовавшимся ещё в XIX в. Его недостатки — высокое критическое давление и относительно низкая критическая температура. При смешении CO₂ с этаном или пропаном значения критических давлений оказываются ниже, чем у диоксида углерода. Поэтому многие авторы исследовали экспериментально термодинамические свойства бинарных смесей этана и пропана с диоксидом углерода.

На основании накопленных опытных данных нами составлены уравнения состояния, позволяющие рассчитывать термодинамические свойства смесей R170/R744 и R290/R744 с необходимой для практики