

В.И. Недоступ, О.В. Недоступ

Физико-химический институт им. А.В. Богатского Национальной академии наук Украины, Люстдорфская дорога, 86, г. Одесса, Украина, 65080
 e-mail: physchem@paco.net

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ ДЛЯ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Получено уравнение состояния жидкой фазы, содержащее в явном виде зависимость свободной энергии Гельмгольца от ее естественных переменных — температуры и плотности. Коэффициенты уравнения состояния связаны со свойствами переохлажденной до 0 К жидкости (т.н. «холодная» изотерма) и со свойствами кривой идеального газа. Полученное уравнение позволяет рассчитать термодинамические свойства сжатого газа без использования какой-либо информации о пограничной области между газом и жидкостью.

Ключевые слова: Уравнение состояния. Сжиженные газы. Свободная энергия Гельмгольца. «Холодная» изотерма. Кривая идеального газа. Азот. Метан. Этилен.

V.I. Nedostup, O.V. Nedostup

EQUATION OF STATE OF LIQUEFIED GASES FOR THE FREE ENERGY OF HELMGOLTS

The equation of state of the liquid phase in the explicit form of dependence of free energy of Helmholtz on its canonical variables - temperature and density has been obtained. The coefficients of the equation are dealt with both properties of the liquid overcooled up to 0 K — «cold» isotherm and property of the curve of ideal gas. Proposed equation of state allows thermodynamical properties of compressed gas be calculated without using of any information about the region interface between gas and liquid.

Keywords: Equation of state. Liquefied gas. Free energy Helmholtz. «Cold» isotherm. Curve of ideal gas. Nitrogen. Methane. Ethylene.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

$a, b, \alpha, \beta, \delta$ — параметры уравнения состояния;
 c — координационное число;
 f — свободная энергия одной ячейки;
 N — число частиц в единице объема;
 P — давление;
 $Q_{субл}$ — теплота сублимации при 0 К;
 r — межмолекулярное расстояние;
 R — газовая постоянная;
 T — температура;
 T_b — температура Бойля;

u — энергия ячейки;
 v — объем, приходящийся на одну ячейку;
 V — объем;
 γ — параметр упаковки молекул в единице объема;
 ϵ_0, σ, r_c — параметры потенциала;
 $\epsilon(r)$ — потенциал парного взаимодействия;
 ρ — плотность.

ИНДЕКСЫ

0 — принадлежность величины к «холодной» изотерме;
 киг — свойства на кривой идеального газа.

1. ВВЕДЕНИЕ

Большое число уравнений состояний жидкостей, которые применяются в практических расчетах, объединяет общая проблема — определение начала отсчета при интегрировании уравнений калорических свойств на основании термических данных. Эта проблема обычно решается с помощью привлечения дополнительных данных в области фазового перехода жидкость—пар с помощью данных о свойствах в пограничной области, условно разделяющей газовую и жидкую фазы и т.д. Уравнение состояния в форме $F(T, \rho)$, связывающее свободную энергию Гельмгольца с её естественными переменными, лишено этого недостатка, так как все термодинамические свойства

определяются дифференцированием свободной энергии. С другой стороны, свободная энергия не может быть определена в каком-либо эксперименте, поэтому использование экспериментальных данных для уравнения $F(T, \rho)$ возможно в том случае, если уравнение состояния в явной форме основывается на обоснованной теоретической модели с привлечением закономерностей, обеспечивающих строгий физический смысл его коэффициентам.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ

Наиболее перспективными, допускающими обобщение на смеси или на неизученные вещества, явля-