

УДК 533.1

А. В. Троценко

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, 65026, г. Одесса, Украина

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ

Предложено уравнение состояния кубической формы, обеспечивающее совпадение расчетных и опорных значений критических параметров вещества. Рассмотрены алгоритмы определения его параметров. Приведены полученные параметры для 29 технических газов. Для этих веществ представлены характеристики погрешности определения давления насыщения по данному уравнению состояния.

Ключевые слова: уравнение состояния; критические параметры; парожидкостное равновесие; технические газы.

The cubic equation of state providing coincidence of calculated and bases critical parameters of a substance is proposed. The algorithms of finding of its parameters are considered. The values of the equation of state parameters for 29 industrial gases are published. For these substances the characteristics of error for saturation pressure calculated from the equation of state are demonstrated.

Key words: equation of state; critical parameters; vapour-liquid equilibrium; industrial gases.

I. ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на более чем вековую историю уравнений состояния, процессы создания новых и исследования существующих их видов интенсивно продолжаются. Для расчета и термодинамического анализа теплотехнических, холодильных и криогенных установок наибольший интерес представляют единые уравнения состояния (ЕУС), описывающие жидкое и газообразное состояние вещества, а также фазовый переход жидкость–пар.

Среди различных форм ЕУС можно выделить, следуя терминологии работы [1], кубические и сложные уравнения состояния. Кубические уравнения состояния (КУС), обеспечивая в целом более низкое качество описания термодинамических свойств по сравнению со сложными видами ЕУС, обладают такими достоинствами, как простота, общий характер и достаточная для многих технических задач точность.

Простота КУС предполагает малые затраты времени на разработку самой модели уравнения состояния и возможность использования более эффективных алгоритмов решения термодинамических задач. Под эффективностью в данном случае понимается как надежность самих алгоритмов, так и их быстродействие. Последнее обстоятельство является немаловажным фактором даже при современном уровне вычислительной техники, имея в виду решение вариантных и оптимизационных задач для сложных технических систем и процессов.

Общий характер КУС позволяет ограничиться минимальным объемом экспериментальной информации для определения параметров модели уравнения состояния, получить обобщенные зависимости этих параметров для различных веществ, использовать особенности термодинамической поверхности для вычисления их значе-

ний. В частности, параметры многих КУС находятся, исходя из критических условий.

Как показывает опыт [1–3], КУС позволяет адекватно описывать такие процессы с техническими газами, как теплообмен, ректификация, дистилляция, расширение, сжатие и мн. др. При этом необходимо учитывать, что точность математических моделей этих процессов существенно уступает точности описания термодинамических свойств с помощью КУС.

Достоинством КУС является возможность их использования для расчета термодинамических функций смесей как в гомогенных, так и в гетерогенных состояниях. Для них разработаны и апробированы правила комбинирования одноименных параметров, позволяющие рассчитывать смеси, сохраняя форму КУС.

Целью данной работы является разработка кубической формы ЕУС, пригодного для определения термодинамических функций, обладающего хорошей аппроксимационной способностью и ориентированного на расчет многокомпонентных систем.

II. ВЫБОР МОДЕЛИ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ

Разработку модели ЕУС можно условно разбить на следующие этапы:

- выбор формы уравнения состояния;
- вывод расчетных соотношений для термодинамических функций;
- определение параметров модели;
- создание моделирующих алгоритмов нахождения термодинамических свойств при различных наборах независимых переменных в однофазной области и в условиях гетерогенных равновесий;
- анализ качества разработанной модели.

В данной работе изложены начальные этапы разра-