

УДК 621.565

А. В. Троценко, доктор техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: trotalex@rambler.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1408-1764>

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ФОРМ, ОБРАЗОВАННЫХ КРИТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ДЛЯ ЧИСТОГО ВЕЩЕСТВА

Предложена классификация неопределенных форм, составленных из наборов критических условий и обратных им функций. Рассмотрены особенности обратных к первым критическим условиям функций. Раскрыты все возможные неопределенные формы для единого термического уравнения состояния. Особенности поведения неопределенностей, имеющих разрывы в критической точке, проиллюстрированы расчетами по уравнению Ван-дер-Ваальса.

Ключевые слова: Чистое вещество. Уравнение состояния. Критическая точка. Неопределенная форма.

1. ВВЕДЕНИЕ

Важной проблемой термодинамики критического состояния чистого вещества считается анализ и раскрытие имеющих место в нем неопределенных форм. В [1] делается вывод о том, что существующий математический аппарат принципиально не в состоянии раскрыть неопределенности, появляющиеся в критической точке. Между тем, в статьях [2-4] показано, что не все возможности этого аппарата исчерпаны. Раскрытые в этих статьях неопределенные формы получены на основе дифференциальных уравнений термодинамики и ряда допущений, основным из которых является ненулевое и конечное значение наклона кривой упругости в критической точке. Такой подход даёт возможность получить результаты, не зависящие ни от вида используемого уравнения состояния, ни от рода чистого вещества.

Природа появления в рассматриваемом состоянии вещества неопределенностей обусловлена рядом причин. Первая заключается в наличии нулевых значений у ряда термодинамических функций, к которым, например, относятся критические условия. Вторая причина состоит в том, что некоторые из этих функций имеют бесконечные величины в критической точке. К таковым, в частности относится изобарная теплоёмкость. Третья причина обусловлена принципиальной невозможностью в рамках сугубо термодинамического подхода установить, принимают ли определенные термодинамические свойства нулевые или бесконечные значения. В первую очередь это касается изохорной теплоемкости.

Общее число возможных неопределенных форм в критической точке неизвестно, однако уже раскрытое их количество достаточно велико. Вследствие этого возникает задача их систематизации. В качестве

одного из возможных признаков классификации этих форм могут быть выбраны указанные выше причины возникновения неопределенностей.

В данной статье представлены результаты исследования неопределенных форм, образованных критическими условиями или обратными им функциями.

2. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ, ОБРАТНЫХ КРИТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Под набором критических условий понимается система уравнений, содержащая нулевые значения первой и второй производной от термического единого уравнения состояния (ЕУС). Так, для ЕУС вида $p=p(T,v)$ такой набор имеет вид:

$$\begin{cases} (\partial p / \partial v)_T^c = 0; \\ (\partial^2 p / \partial v^2)_T^c = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где p , T , v — соответственно давление, температура и удельный (мольный) объём. Верхний индекс c относится в системе уравнений (1) и далее рассматриваемую функцию к критическому состоянию вещества. Такой же смысл будет иметь и нижний индекс c .

Для уравнения состояния $T=T(p,v)$ набор критических условий записывается как

$$\begin{cases} (\partial T / \partial v)_p^c = 0; \\ (\partial^2 T / \partial v^2)_p^c = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Входящие в системы уравнений (1) или (2) первые производные в дальнейшем будут именоваться первыми, а вторые производные — вторыми критическими условиями.