

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ФРАКЦИЙ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР И ДАВЛЕНИЙ

А.С. МАГОМАДОВ, Р.Г. МАЛЬЦЕВ, Е.В. БУХОВИЧ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2
электронная почта: ooowork@yandex.ru*

Задачи по добыче, транспортировке и переработке газовых конденсатов и их фракций реализуемы только с учетом глубоких знаний об их теплофизических свойствах в широком интервале параметров состояния. Экспериментальные исследования плотности фракций газовых конденсатов позволили получить обширные данные в широком интервале температур и давлений. К сложным природным углеводородам применена «одножидкостная» модель и методы термодинамического подобия. В результате, для каждого сложного углеводорода, как для химически простого вещества, найдены псевдокритические параметры состояния. На основе экспериментальных и теоретических данных разработано новое уравнение состояния, которое может быть использовано для расчета плотности в широком интервале температур и давлений большого многообразия других природных углеводородов. Преимуществом данного метода является использование в качестве входных данных малого количества параметров.

Ключевые слова: методы термодинамического подобия, одножидкостная модель, псевдокритические параметры состояния, параметры приведения, уравнение состояния.

Были проведены экспериментальные исследования плотности фракций газовых конденсатов различных месторождений в области температур от -20 до +200 °С и давлений от 0,1 до 60 МПа. [1]

Методика расчета свойств фракций газовых конденсатов разрабатывалась с учетом подходов изложенных в работе [2]. Нами был выбран подход требующий знаний достаточно общих закономерностей, описывающих свойства жидких углеводородов. Мы рассматривали смесь как единое вещество - "одножидкостная" модель смеси.

Как экспериментаторы, так и теоретики отмечают, что в окрестности критической точки кривая сосуществования жидкости и пара (вершина бинодали) удовлетворительно описывается уравнением вида:

$$\omega = \pm B\theta^\beta + (B - 1)\theta, \quad (1)$$

где $\omega = \frac{\rho}{\rho_{кр}} - 1$; $\theta = 1 - \frac{T}{T_{кр}}$; β – критический индекс; $\rho_{кр}$ – плотность в

критической точке; B – коэффициент для обобщенного уравнения.

Коэффициент B и степень β не являются постоянными, а подбираются для каждой фракции с учетом её физико-химических свойств (см. Таблица).

Таблица. Физико-химические свойства фракций газовых конденсатов

Фракция месторождения	$\frac{\partial \rho}{\partial T}$	ρ_{20} , кг/м ³	$T_{кр}$, К	$\rho_{кр}$, кг/м ³	$P_{кр}$, МПа
Опошнянское					
122-150 °С	-0,83	792,5	615,17	262,03	3,041
150-175 °С	-0,76	809,7	669,69	261,19	2,858
175-200 °С	-0,73	832,0	706,33	264,61	2,633
200-225 °С	-0,70	848,3	741,93	266,51	2,648
250-275 °С	-0,68	862,4	769,69	268,59	2,300
Солоховское					
150-175 °С	-0,78	792,8	645,54	258,40	2,926
175-200 °С	-0,76	805,7	667,09	260,18	2,536
200-225 °С	-0,73	823,1	700,32	262,36	2,514
225-250 °С	-0,72	836,3	717,08	264,96	2,332

$$B = -0,2422609 \cdot \frac{\partial \rho}{\partial T} + 0,00072123 \cdot \rho_{20} + 0,00489689 \cdot T_{кр} + 1,64838468 \quad (2)$$

$$\beta = -0,2952518 \cdot \frac{\partial \rho}{\partial T} + 0,00068356 \cdot \rho_{20} - 0,005378451 \cdot T_{кр} - 0,6700842 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial T} = -1,4365328 \cdot \mu - 0,00127168 \cdot T_{кр} - 0,08219127 \cdot p_{кр} - 1,18822628 \quad (4)$$

где μ – молярная масса; $T_{кр}$ – псевдокритическая температура; $p_{кр}$ – псевдокритическое давление; ρ_{20} – плотность фракции газового конденсата при 20 °С, $\frac{\partial \rho}{\partial T}$ – коэффициент температурного расширения плотности при атмосферном давлении.

В работе [3] предлагается методика расчёта удельного объёма нефтей и нефтяных фракций при различных температурах и давлениях. В основу термического уравнения состояния положено уравнение Гейта:

$$v_{\tau,p} = v_{\tau,p_{кр}} \cdot \left(1 - C \cdot \ln \frac{B(\tau) + p}{B(\tau) + p_{кр}} \right), \quad (5)$$

$$\text{где } C = 0,06; \quad B(\tau) = B^* \cdot \left(-1,655 + \frac{1,255}{\tau} + \frac{0,294}{\tau^2} - \frac{0,05603}{\tau^3} \right); \quad B^* = 13,5;$$

$$\tau = T/T_{кр}.$$

Нами было проверено уравнение (5) для расчета удельного объема исследованных газовых конденсатов. Коэффициенты для $B(\theta)$ были взяты из работы [3], а B^* было найдено в результате обработки экспериментальных данных при помощи уравнения состояния Тейта. При малых значениях p и θ , при нахождении удельного объема одного газового конденсата, уравнение (5) дает минимальную погрешность. При этом когда B^* имеет одно значение для целого ряда рассматриваемых веществ, уравнение Тейта дает среднюю погрешность ± 2 %. Погрешность уменьшается при индивидуальном подборе B^* для каждого вещества. В этом случае средняя погрешность расчета находится в интервале от 0,08 до 0,2 %. Однако это требует знания хотя бы одного значения удельного объема (или плотности) в области высоких давлений, что существенно ограничивает использование уравнения Тейта.

Для улучшения результатов в уравнение (5) были внесены некоторые корректировки:

$$\rho_{\theta,p} = \rho_{\theta,p_{кр}} \cdot \left(1 - C \cdot \ln \frac{B(\theta) + p}{B(\theta) + p_{кр}} \right), \quad (6)$$

где $C = 0,1$; $B(\theta) = 327 \cdot \theta^{2,0833} + 8,024 \cdot \theta$ - функция, зависящая от относительной температуры.

В целом, уравнения (1), (2), (3), (4) и (6) представляют методику расчета плотности фракций газовых конденсатов в интервале приведенной температуры от $\theta = 0,2$ до $\theta = 0,7$ и приведенного давления от атмосферного давления до $\pi = 25$.

Отличительной чертой данного метода является простота использования. Для восстановления необходимого значения плотности требуются значения температуры и давления, при которых требуется найти плотность фракции газового конденсата, её молярная масса и значение плотности этой фракции при 20 °С.

Средняя относительная погрешность расчета плотности по предлагаемой методике при надежности $P_n=0,95$ составляет $\pm 0,16\%$. Максимальная относительная погрешность расчета плотности составляет $\pm 0,7\%$. Распределение погрешностей в указанном интервале приведены на рисунке ниже.

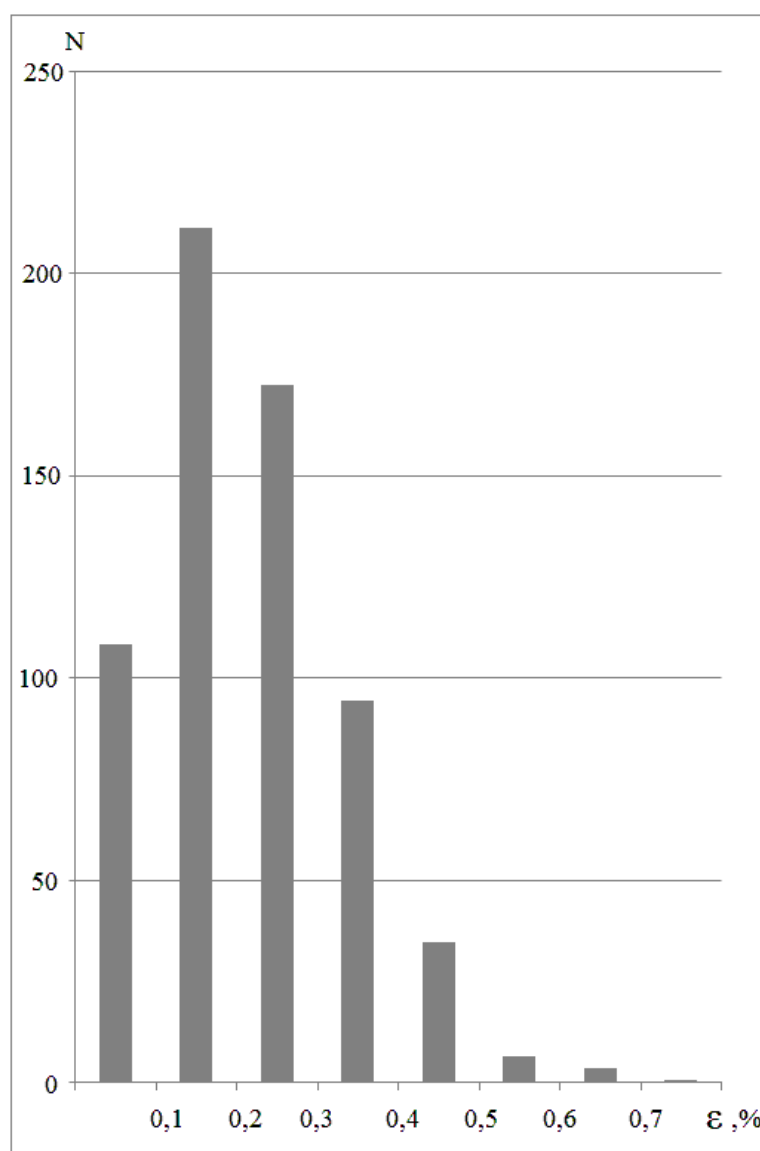


Рисунок. Распределение погрешности по величине.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мальцев Р.Г., Магомадов А.С.** Изучение плотностей газовых конденсатов и их фракций при различных температурах и давлениях в жидкой фазе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ. 2012. – №03(077). С. 692 – 701.

2. **Григорьев Б.А., Герасимов А.А., Ланчаков Г.А.** Теплофизические свойства и фазовые равновесия газовых конденсатов и их фракций. – М.: Издательский дом МЭИ. 2007. - 372 с.

3. **Расторгуев Ю.Л.** Исследование P-V-T зависимости самотлорской и мангышалакской нефтей – Ростов на Дону. Известия СКНЦ ВШ. 1974. С. 32-36.

REFERENCES

1. Maltsev R.G., Magomadov A.S., *Multisubject network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University* (Scientific journal of Kuban state agrarian University). – Krasnodar: Kuban state agrarian University, 2012. No. 03(077). pp. 692 - 701.

2. Grigoriev B.A., Gerasimov A.A., Lanchakov G.A. Thermophysical properties and phase equilibria of gas condensates and their fractions. - M.: MPEI Publishing house, 2007. - 372 P.

3. Rastorguev U.L. Study P-V-T dependence of the Samotlor and mangyshlakskiy oil – Rostov-on-don. News SCNC HS. 1974. pp. 32-36.

*A GENERALIZED EQUATION OF STATE FRACTIONS OF GAS CONDENSATES
IN A WIDE RANGE OF TEMPERATURES AND PRESSURES*

A.S. MAGOMADOV, R.G. MALTSEV, E.V. BUHOVICH

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: ooowork@yandex.ru*

Tasks for the extraction, transportation and processing of gas condensate and its fractions are feasible only with a deep knowledge of their thermophysical properties in a wide range of state parameters. Experimental studies of density fractions of gas condensates allowed to obtain extensive data in a wide range of temperatures and pressures. To complex natural

hydrocarbons applied odnawialna" model and methods of thermodynamic similarity. As a result, for each complex hydrocarbon, as for chemically simple substances found pseudocritical state settings. On the basis of experimental and theoretical data developed a new equation of state, which can be used to calculate the density in a wide range of temperatures and pressures of a great diversity of other natural hydrocarbons. The advantage of this method is to use as input a small number of parameters.

Key words: methods of thermodynamic similarity, odnawialna model, pseudocritical condition parameters, the parameters of the casting, the equation of state.