**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**СМЕСЕЙ ВОДА–АЛИФАТИЧЕСКИЙ СПИРТ**

**В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ**

Карабекова Б.К., Базаев Э.А., Базаев А.Р.

*ФГБУН* «*Институт проблем геотермии ДНЦ РАН», Россия, г.Махачкала, ул.И.Шамиля 39а.* [*badji@mail.ru*](mailto:badji@mail.ru)

Практическое использование смесей воды с алифатическими спиртами, как эффективных растворителей и теплоносителей в ряде технологических процессов, требует знание их термодинамических свойств в различных агрегатных состояниях. Обычно для точного описания экспериментальных данных о *р,ρ,Т -* зависимости индивидуальных веществ (жидкая, паровая фазы и сверхкритический флюид) используют разложение фактора сжимаемости по степеням плотности и температуры [1-3]:

, или . (1)

В (1):* m* – молярная плотность (моль/м3); ,  – приведенные плотность и температура; , – критическая плотность и температура; *R=8,314* – универсальная газовая постоянная (Дж/моль⋅К).

В работе [4] нами показано, что уравнение (1) описывает сверхкритические экспериментальные *р,ρ,Т -* зависимости смесей вода–алифатический спирт с достаточной для инженерных расчетов точностью (0.83%) и может быть использовано для расчета термодинамических свойств этих смесей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 1.**Средние относительные отклонения рассчитанных значений давления от экспериментальных (δ, %)   |  |  |  | | --- | --- | --- | | смесь | ПФ и ЖФ | СКФ | | δ, % | δ, % | | Вода – метанол, *х=0.5* | 3.3 | 0,6 | | Вода – метанол, *х=0.8* | 2.2 | 0,6 | | Вода – этанол, *х=0.2* | 0.5 | 0,9 | | Вода – этанол, *х=0.5* | 2.0 | 1,0 | | Вода – этанол, *х=0.8* | 0.6 | 2,1 | | Вода – н-пропанол, *х=0.2* | 1.0 | 1,0 | | Вода – н-пропанол, *х=0.5* | 1.0 | 1,6 | | Вода – н-пропанол, *х=0.8* | 1.9 | 0,7 | | поверх.jpg  **Рис 1.** *p,ρ,T*-поверхность смеси вода–этанол состава *x=*0.5 мол. доли и её проекции на *p,T-*плоскость и *p,ρ-*плоскость. |

В данной работе уравнением (1) описаны экспериментальные *р,ρ,Т -* зависимости смесей вода–алифатический спирт (метанол, этанол, н-пропанол) состава *x=0.2, 0.5, 0.8* мольных долей спирта жидкой, паровой фаз и сверхкритического флюида, и рассчитаны их термические и калорические свойства. Коэффициенты уравнения (1) определенны по экспериментальным *р,ρ,Т,х -* данным [4,5] усовершенствованным методом наименьших квадратов, предварительно согласовав функцию *p(,)x* и ее производные ,, , на границах областей действия уравнения с условиям критического состояния [1,2,6,7]. Хотя, такая методика согласования [1,6] несколько ухудшает точность расчета (таблица 1), но она оправдана для обобщения экспериментальных *р,ρ,Т -* зависимостей в широком диапазоне параметров.

Рис.1 демонстрирует расчет *p,,T -* зависимости по уравнению (1) для смеси вода–этанол состава *x=0.5* мол. доли в субкритической, околокритической и сверхкритической области. Аналогичный характер *p,,T -* зависимости смесей воды с исследованными спиртами всех трех составов.

В докладе будут представлены результаты расчета всех основных термодинамических свойств [3,8] гомогенных смесей воды с метанолом, этанолом и н-пропанолом в жидкой, паровой фазах, в околокритической и сверхкритической области.

На рис.2 показана зависимость коэффициента изотермической сжимаемости от плотности и температуры смеси вода–этанол состава 0.5 мол. доли, а на рис.3 зависимость его от концентрации спирта.

|  |  |
| --- | --- |
| kt объем.jpg  **Рис. 2.** *КT,ρ,T*-поверхность смеси вода–этанол состава *x=*0.5 мол. доли и её проекции на *p,T-*плоскость и *p,ρ-*плоскость. | kt от х.jpg  **Рис. 3.** Изотермы зависимости *КT* смеси вода–этанол от концентрации для значения приведенной плотности =0.4. |

Рис.4 иллюстрирует зависимость изохорной теплоемкости смеси вода–этанол состава 0.5 мол. доли от плотности и температуры, а рис.5 – зависимость ее от концентрации спирта.

|  |  |
| --- | --- |
| Cv объем.jpg  **Рис. 10.** *Cv*,*ρ,T*-поверхность смеси вода–этанол состава *x=*0.5 мол. доли и её проекции на *p,T-*плоскость и *p,ρ-*плоскость. | Cv от х.jpg  **Рис. 11.** Изотермы зависимости *Cv* смеси вода–этанол от концентрации для значения приведенной плотности =0.4. |

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сычев В.В., Вассерман А.А. и др. *Термодинамические свойства азота*. М.: Изд-во стандартов. 1977. 352 с.
2. Вукалович М.П., Алтунин В.В., Спиридонов Г.А. *ТВТ*. **5 2** (1967) 265.
3. Шпильрайн Э.Э., Кессельман П.М. *Основы теории теплофизических свойств веществ*. М.:Энергия. 1977. 248 с.
4. А.Р. Базаев, Б.К. Карабекова, А.А. Абдурашидова. *СКФ*. **8 2** (2013) 11.
5. Абдурашидова А.А. *p,ρ,T,x - измерения и термодинамические свойства водных растворов алифатических спиртов*. Дис.… канд.техн. наук. Махачкала: Институт проблем геотермии Дагестанского НЦ РАН, 2010. 200 с.
6. Карабекова Б.К. Базаев А.Р. *Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы VI школы молодых ученных. Махачкала*, (2013) 300.
7. Александров А.А., Григорьев Б.А. *Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара*. М.: Издательство МЭИ. 1999.168 с.
8. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. *Свойства газов и жидкостей / Пер. с англ. под. ред. Б.И.Соколова*. Л.: Химия. 1982. 592 с.