© Ш.А. Аминов, Ш.З. Нажмудинов, М.А. Зарипова, Р.Ю. Подерни, М.М. Сафаров, 2014

УДК 536.12

Ш.А. Аминов, Ш.З. Нажмудинов, М.А. Зарипова, Р.Ю. Подерни, М.М. Сафаров

ВЛИЯНИЕ ГЕРМЕТИКА НА ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОДЫ И УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТИПА ТЕЙТА

Приведены результаты экспериментального определения плотности воды с учетом концентрации герметика. Для измерения плотности растворов использован метод гидростатического взвешивания. Общая относительная погрешность измерения плотности при доверительная вероятности a = 0,95 равны 0,1%. На основе значений плотности, температуры и давления растворов получено уравнение состояния. Используя (УС типа Тейта) рассчитаны калорические и термодинамические свойства исследуемых растворов.

Ключевые слова: плотность, калорические и термодинамические свойства, теплоноситель, герметик, уравнения состояния.

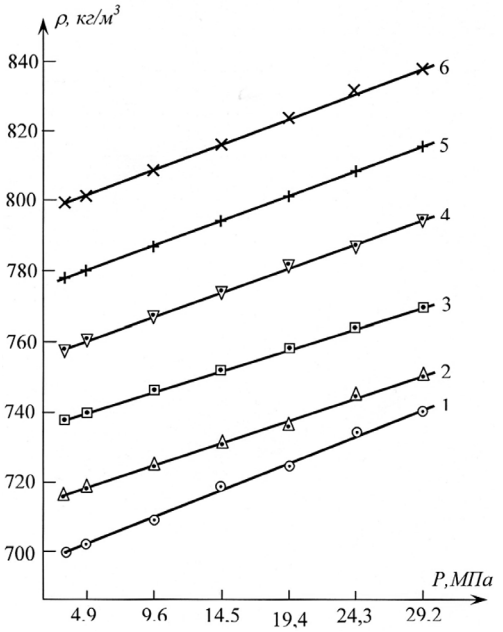
В статье приводятся результаты экспериментального исследования плотности системы водопроводной воды-герметик, дистиллированной воды-герметик (m = 2, 4, 6, 8, 10, 12 г герметик) в интервале температур 293–573 K и давления 0,101–29,25 МПа.

На установке, приведенной в работе [1], нами была измерена плотность исследуемых растворов в интервале температур 293–413 K при атмосферном давлении. Плотность образцов при различных температурах до 573 K и давлениях до 29,45 МПа с использованием уравнения типа Тейта впервые рассчитана нами. Плотность образцов при различных температурах и давлениях измерены впервые.

Полученные экспериментальные данные по плотности некоторых растворов в интервале температур 293–573 K и давлений 0,101–29,25 МПа приводятся в табл. 1–3.

Характер изменений плотности раствора (200 г дистиллированной воды + 12 г герметик) показан на рисунке.

Для подтверждения полученных данных по плотности исследуемых растворов, нами использовано уравнение Тейта, с помощью которого рассчитаны плотность этих образцов



Зависимость плотности растворов от давлении при температуры: 1 – 293; 2 – 303; 3 – 313; 4 – 323; 5 – 333; 6 – 353 K

Таблица 1

Плотность (ρ, кг/м³) системы (200 г дистиллированной воды + 2 г герметик) в зависимости от температуры и давления

***T*, K**	**Давление *P*, МПа**						
	0,101	**4,91**	**9,81**	**14,72**	**19,63**	**24,54**	**29,45**
293	1003,2	1004,6	1006,5	1009,7	1011,6	1012,2	1015,9
313	996,5	999,0	1001,6	1003,6	1006,5	1008,0	1011,0
333	990,3	993,4	996,3	998,0	1002,0	1003,8	1007,1
353	984,8	987,0	991,1	993,5	996,7	999,0	1002,3
373	978,5	982,5	986,0	988,7	991,6	994,3	997,5
393	974,0	977,0	980,9	983,6	986,7	989,9	993,0
413	966,0	971,5	975,4	978,0	982,1	985,0	988,6
433		965,7	970,0	973,4	977,7	980,0	983,6
453		960,0	965,0	968,3	972,0	977,4	979,5
473		954,8	959,4	963,7	967,1	971,3	975,0
493		949,0	954,5	957,0	962,0	966,5	970,8
513		946,8	949,3	953,6	957,3	962,0	966,6
533		938,0	944,3	947,0	952,5	957,2	961,8
553		932,6	939,0	943,2	948,5	952,5	957,3
573		927,0	934,0	938,3	942,6	948,0	953,1

Таблица 2

Плотность (ρ, кг/м³) системы (200 г дистиллированной воды + 6 г герметик) в зависимости от температуры и давления

***T*, K**	**Давление *P*, МПа**						
	0,101	**4,91**	**9,81**	**14,72**	**19,63**	**24,54**	**29,45**
293	1006,2	1008,5	1011,7	1014,5	1017,6	1020,4	1022,7
313	1000,4	1004,6	1007,3	1010,0	1013,1	1016,0	1019,2
333	995,8	999,4	1002,5	1005,3	1008,0	1012,6	1015,0
353	990,0	994,3	997,0	1000,5	1004,2	1007,6	1010,0
373	985,0	989,6	993,0	996,7	999,3	1002,8	1006,4
393	979,5	984,3	987,1	993,7	996,5	999,5	1002,6
413	974,0	979,6	983,4	991,0	994,3	995,6	998,8
433		974,0	977,6	982,5	987,4	990,7	994,6
453		969,0	973,2	978,0	982,6	986,8	991,0
473		964,3	968,5	973,7	977,0	982,0	986,7
493		959,0	963,6	968,4	973,0	977,9	982,5
513		953,8	959,2	964,0	969,7	973,6	979,0
533		949,0	954,0	959,7	964,3	969,0	974,4
553		944,8	950,0	955,0	960,0	964,7	970,9
573		939,3	945,2	950,5	955,8	960,6	967,4

Таблица 3

Плотность (ρ, кг/м³) системы (200 г дистиллированной воды + 12 г герметик) в зависимости от температуры и давления

T, K	Давление *P*, МПа						
	0,101	**4,91**	**9,61**	**14,52**	**19,63**	**24,54**	**29,45**
293	1007,5	1009,6	1012,6	1014,6	1016,7	1017,5	1020,9
313	1004,0	1006,3	1008,2	1011,9	1013,9	1016,7	1018,8
333	1000,8	1002,7	1006,0	1008,5	1011,0	1014,0	1016,5
353	994,5	1000,6	1003,3	1005,9	1007,6	1011,8	1014,0
373	994,0	997,8	1000,4	1003,0	1005,8	1009,0	1012,4
393	990,4	994,5	997,6	1000,6	1003,2	1008,0	1009,5
413	987,5	992,0	994,7	997,8	1000,6	1004,1	1008,0
433		988,4	992,0	995,0	997,6	1001,8	1005,0
453		985,6	988,0	992,0	995,0	999,3	1002,6
473		982,5	986,9	989,5	992,7	997,0	1000,0
493		979,6	983,2	987,0	990,0	994,6	998,0
513		977,0	980,0	984,1	987,6	992,0	996,3
533		973,2	977,7	981,5	985,0	989,0	993,8
553		970,4	974,8	978,3	982,5	987,1	991,0
573		967,5	972,0	975,6	979,6	984,0	988,7

в интервале температур 293–573 K, давления до 49,1 МПа. Так как результаты расчета с погрешностью опыта совпадают с двумя экспериментальными значениями ρ, то мы считаем достоверными полученные данные.

Для получения расчетного уравнения для плотности системы вода + герметик использовано уравнение Тейта в следующем виде:

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = C \ln\left[\frac{B + P}{B + P_0}\right], \tag{1}$$

где ρ_0 – плотность исследуемых растворов при P_0 = 4,91 МПа; ρ – плотность образцов при давлении P; C и B – коэффициенты.

Экспериментальные данные по плотности растворов при различных температурах и давлениях обрабатывались в виде

$$\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_T = f(P). \tag{2}$$

График зависимости (2) для системы (200 г дистиллированной воды + 2 г герметик) показал, что при линии T = const являются прямыми и описываются уравнениями [2, 3]:

$$-\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_T = \frac{B}{C} + \frac{P}{C}, \tag{3}$$

где P – внешнее давление, МПа; ρ – плотность, кг/м³

Прямые и кривые описываются уравнениями

$$B = \left[0{,}87 - 0{,}87\left(\frac{T}{T_1}\right)\right] \cdot B_1, \tag{4}$$

$$C = \left[0{,}556\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 1{,}91\left(\frac{T}{T_1}\right) + 2{,}347\right] \cdot C_1. \tag{5}$$

Кривые $B_1 = C_1 = f(m)$ описываются следующими выражениями

$$B_1 = 1{,}47 \cdot 10^9 m^2 + 1{,}38m + 9{,}69 \cdot 10^5 \tag{6}$$

$$C_1 = -74{,}4m^2 + 1{,}8m + 0{,}012. \tag{7}$$

Из уравнений (4) и (5) с учетом выражений (8) и (9) получим

$$B = \left[0{,}87 - 0{,}87\left(\frac{T}{T_1}\right)\right]\left(1{,}47 \cdot 10^9 m^2 + 1{,}38m + 9{,}69 \cdot 10^5\right) \tag{8}$$

$$C = \left[0{,}556\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 1{,}91\left(\frac{T}{T_1}\right) + 2{,}34\right]\left(-74{,}4m^2 + 1{,}8m + 0{,}012\right). \tag{9}$$

Из уравнения (1) получим

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - C\ln\left[\dfrac{B+P}{B+P_0}\right]}. \tag{10}$$

С учетом выражений (8) и (9) уравнение (10) принимает вид

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \left[0{,}556\left(\dfrac{T}{T_1}\right)^2 - 1{,}91\left(\dfrac{T}{T_1}\right) + 2{,}34\right]\left(-74{,}4m^2 + 1{,}8m + 0{,}012\right) \times \ln\left[\dfrac{\left[0{,}87 - 0{,}87\left(\dfrac{T}{T_1}\right)\right]\left(1{,}47 \cdot 10^9 m^2 + 1{,}38m + 9{,}69 \cdot 10^5\right) + P}{\left[0{,}87 - 0{,}87\left(\dfrac{T}{T_1}\right)\right]\left(1{,}47 \cdot 10^9 m^2 + 1{,}38m + 9{,}69 \cdot 10^5\right) + P_0}\right]}. \tag{11}$$

Полученные уравнения описывают экспериментальные данные по плотности исследуемых растворов в интервале температур T = 293–573 К и давлений P = 4,91–29,25 МПа, со средней погрешностью 0,4%, а для некоторых точек эта погрешность достигает 3,6%.

С помощью уравнений (11) нами рассчитана плотность растворов системы водопроводной и дистиллированной воды и герметика в интервале температур 293–573 К и до давления 49,1 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарипова М.А., Бадалов А.Б., Сафаров М.М.* Теплофизические и термодинамические свойства водных растворов гидразина и фенилгидразина. Монография. – Душанбе, 2007. – 129 с.

2. *Гусейнов К.Д.* Исследование термодинамических и переносных свойств ряда кислородосодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: Дисс. докт. техн. наук. – Баку, АзНЕФТХИМ, 1979. – 392 с.

3. *Белинский Б.А.* Вопросы акустической спектроскопии жидкости: Дисс. д-ра физ.-мат. наук. – М., 1973. – 450 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Аминов Шамсулло Асоевич – старший преподаватель,
Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими,
Нажмудинов Шарофидин Зоирович – кандидат технических наук, директор,
Национальный патентно-информационный центр Министерства экономического развития и торговли Республики Таджикистан,
Зарипова Мохира Абдусаломовна – кандидат технических наук, доцент,
Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими,
Подерни Роман Юрьевич – доктор технических наук, профессор,
МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru,
Сафаров Махмадали Махмадиевич – доктор технических наук, профессор,
Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими.

UDC 536.12

INFLUENCE HERMETIC TO CHANGE DENSITY SYSTEMS WATER AND THE EQUATIONS STATE TAPE IN TEITA

Aminov Sh.A., Senior Lecturer, Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi,
Nazhmudinov Sh.Z., Candidate of Technical Sciences, Director,
National Centre for Patents and Information of the Ministry of Economic Development and Trade of the Republic of Tajikistan,
Zaripova M.A., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi,
Poderni R.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», *e*-mail: ud@msmu.ru,
Safarov M.M., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi.

In the reports are results experimental studies density water in dependence temperature and pressures and concentrations hermetic. The general relative error of measurement, density at confidential probability, a = 0,95 makes 0,1%. On the base experimental data received state equation type Teita. On the bases state equation calculated caloric and thermodynamics properties water solutions.

Key words: density, caloric and thermodynamics properties, hermetic, state equations.

REFERENCES

1. Zaripova M.A., Badalov A.B., Safarov M.M. *Teplofizicheskie i termodinamicheskie svoistva vodnykh rastvorov gidrazina i fenilgidrazina*. Monografiya (Thermophysical and thermodynamic properties of aqueous solutions of hydrazine and phenylhydrazine. Monograph), Dushanbe, 2007, 129 p.

2. Guseinov K.D. *Issledovanie termodinamicheskikh i perenosnykh svoistv ryada kislorodosoderzhashchikh organicheskikh veshchestv v shirokom intervale parametrov sostoyaniya* (Analysis of thermodynamic and transfer properties of some oxygen-containing organic materials in a wide range of status parameters), Doctor's thesis, Baku, AzNEFTKhIM, 1979, 392 p.

3. Belinskii B.A. *Voprosy akusticheskoi spektroskopii zhidkosti* (Issues of acoustic spectroscopy of fluids), Doctor's thesis, Moscow, 1973, 450 p.