

РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИЭТИЛСИЛОКСАНА-2 ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 2000 атм

Л. С. КАГРАМЯН, А. Л. БАДАЛЯН

Приводятся результаты расчета плотности, адиабатической и изотермической сжимаемостей, отношения теплоемкостей $\gamma = C_p/C_v$, коэффициента теплового расширения (α_p) жидкого полиэтилсилоксана-2 (ПЭС-2) в интервале температур $40 \div 100^\circ\text{C}$ и при давлениях до 2000 атм по измеренным значениям скорости распространения ультразвука в указанных условиях. Показано, что в этих условиях изотермы перечисленных параметров имеют нелинейный характер, причем сжимаемость и коэффициент теплового расширения плавно убывают в зависимости от приложенного давления, а величина плотности возрастает.

Полиэтилсилоксановые жидкости получили широкое применение в различных отраслях промышленности, в приборостроении, медицине и бытовой химии. В частности, жидкий ПЭС-2 применяется в гидравлических системах в качестве теплоносителя и рабочей жидкости. Поэтому комплексные исследования акустических и термодинамических свойств полиэтилсилоксановых жидкостей представляют несомненный интерес в связи с широким применением их в технике.

Непосредственное определение термодинамических параметров жидкостей методом PVT-измерений, как известно, представляет весьма сложную экспериментальную задачу, которая еще более усложняется при расширении интервала температур и давлений.

Использование акустических методов при изучении термодинамических свойств вещества в широком интервале параметров состояния позволяет с достаточной степенью точности рассчитать многие важные макроскопические свойства жидкостей (плотность ρ , коэффициенты сжимаемости β_s и β_T , отношение теплоемкостей $\gamma = C_p/C_v$, величину внутреннего давления P_i), что диктуется не только потребностями производства, но и имеет большое научно-теоретическое значение.

Термодинамические свойства жидкого ПЭС-2 изучены пока недостаточно [1, 2], а при высоких давлениях они практически не исследованы.

В настоящей статье приведены результаты расчетов плотности ρ , адиабатической β_s и изотермической β_T сжимаемостей, коэффициента объемного расширения α_p при постоянном давлении, отношения теплоемкостей γ в жидком ПЭС-2 в интервале температур $40 \div 100^\circ\text{C}$ и при давлениях до 2000 атм лишь по величине скорости распространения ультразвука.

В работах [4, 5] было получено следующее изотермическое уравнение для вычисления плотности в жидкостях по величине скорости распространения ультразвука:

$$p = p_0 + \frac{3}{K} \left[(C - C_0) + 2 Z_2 \ln \frac{C - Z_2}{C_0 - Z_2} - Z_2^2 \left(\frac{1}{C - Z_2} - \frac{1}{C_0 - Z_2} \right) \right], \quad (1)$$

где p_0 и C_0 — плотность и скорость ультразвука при атмосферном давлении или на линии насыщения, Z_2 — постоянная, не зависящая от давления; она может быть определена из уравнения [4, 5]

$$\gamma = \frac{C^2}{(C - Z_2)^2}, \quad (2)$$

если использовать известные значения для γ и C при атмосферном давлении или на линии насыщения.

Величина Z_2 для жидкого ПЭС-2 была найдена из выражения (2), а плотность была рассчитана согласно уравнению (1) в интервале давлений $1 \div 2000$ атм по изотермам 40, 60, 80, 100°C. При расчетах были использованы полученные нами в работе [3] данные для C_0 , C и K . Значения p_0 и γ_0 были взяты из работ [1, 2].

Полученные значения плотности были использованы для расчета адиабатической и изотермической сжимаемостей

$$\beta_s = \frac{1}{\rho C^2}, \quad (3)$$

$$\beta_T = \frac{1}{\rho (C - Z_2)^2} \quad (4)$$

и коэффициента теплового расширения при постоянном давлении

$$\alpha_p = - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p. \quad (5)$$

Для плотности были получены полиномы третьей степени по 20 изобарам, из которых и находились производные $(\partial \rho / \partial T)_p$. Рассчитанные значения ρ , γ , β_s , β_T и α_p приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

t °C	ρ (кг/м³)				γ			
	40	60	80	100	40	60	80	100
$P_{\text{атм}}$								
1	905,1	888,9	872,6	856,0	1,176	1,164	1,149	1,136
100	913,9	898,2	883,2	867,3	1,167	1,154	1,139	1,126
200	922,1	907,0	892,3	878,3	1,159	1,146	1,131	1,118
300	929,1	914,7	900,7	886,5	1,153	1,140	1,125	1,112
400	935,7	921,9	908,3	894,6	1,147	1,134	1,120	1,107
500	942,1	928,5	915,3	901,9	1,142	1,130	1,115	1,103
600	947,8	934,7	921,8	909,0	1,138	1,125	1,111	1,099
700	953,7	940,3	927,9	915,4	1,134	1,122	1,108	1,096
800	958,3	945,9	933,6	921,3	1,131	1,119	1,105	1,093
900	963,2	951,0	939,3	927,0	1,127	1,116	1,102	1,090
1000	967,9	955,9	944,3	932,7	1,125	1,113	1,100	1,088
1100	972,5	960,8	949,4	937,9	1,122	1,110	1,097	1,086
1200	976,8	965,3	953,8	942,8	1,120	1,108	1,095	1,084
1300	981,1	969,6	958,6	948,1	1,117	1,106	1,093	1,082
1400	985,1	973,8	962,9	952,2	1,115	1,104	1,091	1,080
1500	988,9	977,9	967,3	956,6	1,113	1,102	1,090	1,079
1600	992,7	981,8	971,3	960,7	1,111	1,101	1,088	1,078
1700	996,3	985,7	975,1	964,9	1,110	1,099	1,087	1,076
1800	999,6	989,3	978,9	968,8	1,108	1,098	1,085	1,075
1900	1003,3	993,0	982,8	972,5	1,107	1,096	1,084	1,074
2000	1006,8	996,5	986,3	976,4	1,106	1,095	1,083	1,073

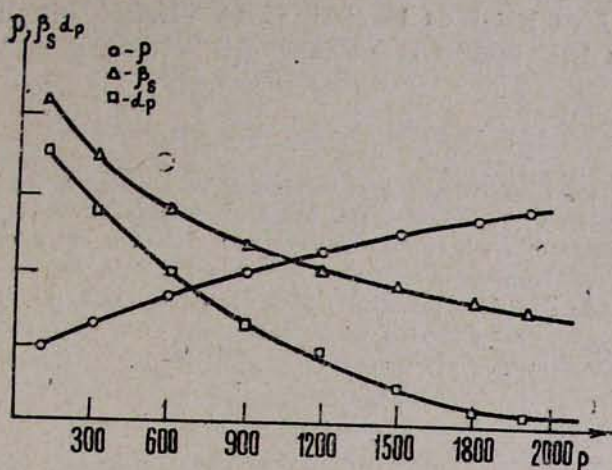
Таблица 2

$\beta_S \cdot 10^{11} \cdot \text{Па}^{-1}$					$\beta_T \cdot 10^{11} \cdot \text{Па}^{-1}$			
$t^\circ \text{C}$	40	60	80	100	40	60	80	100
$P_{\text{нм}}$								
1	85,0	96,8	111,0	127,8	100,8	112,7	127,6	145,2
100	76,4	86,1	96,7	109,7	89,1	99,4	110,2	123,6
200	69,4	77,5	86,4	95,5	80,4	88,8	97,7	106,7
300	64,1	72,9	78,1	86,3	73,9	80,8	87,9	96,0
400	59,6	65,4	71,6	78,5	68,4	74,2	80,2	86,9
500	55,6	60,8	66,2	72,2	63,6	68,7	73,8	79,6
600	52,4	56,9	61,7	66,8	59,6	64,1	68,6	73,4
700	49,3	53,6	58,8	62,4	55,9	60,2	64,0	68,4
800	47,1	50,7	54,5	58,7	53,2	56,7	60,2	64,1
900	44,8	48,1	51,4	55,4	50,6	53,7	56,7	60,4
1000	42,8	45,9	48,9	52,3	48,2	51,1	53,8	56,9
1100	41,0	43,8	46,6	49,7	46,0	48,6	51,1	53,9
1200	39,3	41,9	44,6	47,4	44,1	46,5	48,9	51,4
1300	37,8	40,3	42,6	45,1	42,3	44,6	46,6	48,7
1400	36,4	38,7	40,8	43,4	40,7	42,8	44,7	46,9
1500	35,2	37,3	39,3	41,7	39,2	41,2	42,9	45,0
1600	34,0	36,0	37,9	40,2	37,8	39,8	41,3	43,3
1700	33,0	34,8	36,7	38,7	36,6	38,3	39,9	41,6
1800	32,0	33,7	35,5	37,4	35,5	37,0	38,5	40,2
1900	31,0	32,7	34,3	35,8	34,3	35,8	37,2	38,8
2000	30,1	31,7	33,3	35,0	33,3	34,7	36,1	37,5

Таблица 3

α_p				
$t^\circ \text{C}$	40	60	80	100
$P_{\text{нм}}$				
1	887,2	914,6	943,2	973,1
100	840,0	859,6	879,1	900,3
200	834,2	820,3	805,6	840,0
300	773,6	779,0	784,1	789,6
400	737,2	744,5	751,8	759,5
500	713,2	720,2	727,0	734,3
600	695,1	696,7	698,3	699,8
700	694,0	685,6	676,2	666,8
800	648,3	653,9	659,6	665,5
900	618,1	631,6	644,1	657,4
1000	608,3	617,6	616,7	619,8
1100	599,9	602,2	604,5	606,8
1200	595,1	593,1	590,6	587,9
1300	582,6	579,7	576,1	572,7
1400	572,2	569,6	562,7	563,4
1500	553,8	553,2	552,2	556,4
1600	548,1	547,1	545,8	545,5
1700	537,2	535,1	533,1	540,8
1800	521,4	522,4	523,5	534,5
1900	512,6	517,1	521,7	526,3
2000	508,2	515,1	518,9	522,2

На рисунке приведены зависимости для ρ , β_S и α_p от приложенного давления при 60°C . Как видно из рисунка, во всем исследованном интервале давлений указанные параметры в зависимости от P изменяются по не-



Плотность, адиабатическая сжимаемость и коэффициент теплового расширения для ПЭС-2 при 60°C.

линейному закону. Плотность с ростом давления монотонно возрастает, а β_s и α_p плавно убывают.

Ереванский политехнический
институт

Поступила 24.V.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Расторгуев, В. Г. Немзер. Теплофизические свойства жидкостей, Изд. Наука, М., 1970, стр. 155.
2. В. Г. Немзер, Ю. А. Расторгуев. Пластические массы, № 1, 46 (1970).
3. Л. С. Каграманян, А. Л. Бадалян. Изв. АН АрмССР, Физика, 13, 478 (1978).
4. Н. Ф. Отпущенников, А. Л. Бадалян, И. В. Сысоев. Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, Курск, 1975, вып. 9, стр. 108.
5. Б. С. Кирьяков, Н. Ф. Отпущенников. Сб. Ультразвук и физико-химические свойства вещества, Курск, 1973, вып. 7, стр. 7.

ՈՐՈՇ ԹԵՐՄՈԴԻՆԱՄԻԿ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ՀԵՂՈՒԿ
ՊՈԼԻԹԵՐՄԻՆՈՔՍԱՆ—2-ՈՒՄ (ՊԷՍ-2) ՄԻՆՁԵՎ 2000 մթն
ՃՆՇՄԱՆ ՏԱԿ

Լ. Ս. ՂԱՀՐԱՄԱՆՅԱՆ, Ա. Լ. ՐԱԴԱԼՅԱՆ

Օգտագործելով ուլտրաձայնի տարածման արագության արժեքները, բերված են խտության, ադիաբատ և իզոթերմ սեղմելիության, ջերմունակությունների հարաբերության և ջերմաստիճանային ընդարձակման գործակցի արժեքները հեղուկ պոլիէթիլէնթրսան-2-ում (ՊԷՍ-2) մինչև 2000 մթն ճնշման տակ, 40÷100°C ջերմաստիճանային միջակայքում: Ցույց է տրված, որ վերը նշված պարամետրերի իզոթերմները, կախված ճնշումից, ունեն ոչ գծային տեսք, ընդ որում սեղմելիության և ջերմաստիճանային ընդարձակման գործակիցները կախված ճնշումից մոնոտոն նվազում են, իսկ խտությունը աճում է:

CALCULATION OF SOME THERMODYNAMIC PROPERTIES OF LIQUID POLYETHYLSILOXAN-2 UNDER PRESSURE UP TO 2000 atm

L. S. KAGRAMANYAN, A. L. BADALYAN

Based on the measured values of ultrasound propagation in liquid polyethylsiloxan-2 at pressures up to 2000 atm and temperatures from 40 to 100°C, the density, the adiabatic and isothermic condensabilities, the relation of thermal capacities $\gamma = C_p/C_v$ at the constant pressure were calculated. It is shown that in these conditions the isotherms of these parameters have non-linear character, the condensabilities and the coefficient of thermal extension steadily decreasing depending on the pressure, and the density increasing.