

Уравнение состояния гексафторида урана в широкой области параметров состояния

В. В. МАЛЫШЕВ

УДК 533.12

Методом пьезометра постоянного объема экспериментально исследована сжимаемость гексафторида урана (UF_6) в диапазоне изменения плотности до $3,417 \text{ г/см}^3$ с интервалом $\sim 0,1 \text{ г/см}^3$, температур $364-592,2^\circ \text{ К}$ с интервалом $\sim 10^\circ \text{ К}$ для газа и $\sim 5^\circ \text{ К}$ для жидкости, а также давлений до 242 бар . Погрешности в измерении давлений составляли менее $0,1-0,2\%$, плотности — $0,05-0,13\%$, температуры — $0,07^\circ \text{ К}$. Гексафторид урана подвергался специальной очистке от фтористого водорода, вследствие чего примесь последнего в исследуемом продукте была менее $0,002\%$.

Изучена область равновесия жидкость — пар. Экспериментальные данные для давления насыщенного пара P_s , равновесных плотностей пара $\rho_{\text{п}}$ и жидкости $\rho_{\text{ж}}$ аппроксимированы соответственно уравнениями:

$$\lg P_s (\text{бар}) = 10,5488 - 2344,4/T - 0,013624T + 1,0347 \cdot 10^{-5}T^2; \quad (1)$$

$$\rho_{\text{п}} (\text{г/см}^3) = 1,369 - 0,2826\Theta - 0,0211\Theta^2 + 0,00503\Theta^3; \quad (2)$$

$$\rho_{\text{ж}} (\text{г/см}^3) = 1,369 + 0,0616\Theta + 0,2757\Theta^2 + 0,09975\Theta^3 + 0,01677\Theta^4 - 0,001028\Theta^5, \quad (3)$$

$$\Theta = (504,5 - T)^{1/3}.$$

Уравнение (1) описывает опытные данные с погрешностью менее $0,3\%$ в диапазоне температур $364,0-504,5^\circ \text{ К}$, уравнение (2) — с погрешностью $0,5\%$ в диапазоне $403,7-504,5^\circ \text{ К}$, уравнение (3) — с погрешностью $0,2\%$ в диапазоне $372,6-504,5^\circ \text{ К}$.

Критические параметры UF_6 , определенные из выражений (1) — (3), принимают следующие значения: $\rho_{\text{к}} = 1,369 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$, $T_{\text{к}} = 504,5 \pm 0,2^\circ \text{ К}$, $P_{\text{к}} = 46,0 \pm 0,1 \text{ бар}$, $S_{\text{к}} = \rho_{\text{к}} T_{\text{к}} R_{\text{м}} / P_{\text{к}} = 3,55 \pm 0,02$, $R_{\text{м}} = R/\mu$.

Величины теплоты парообразования, рассчитанные по уравнению Клапейрона — Клаузиуса с использованием зависимостей (1), (3), аппроксимированы формулой Гизена $r \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right) = 128 (1 - \tau)^{0,406}$ с погрешностью $1,1\%$, где $\tau = T/T_{\text{к}}$.

Получено аналитическое выражение уравнения состояния UF_6 в форме интерполяционного полинома степени 5, имеющее в приведенных параметрах следующий вид:

$$\frac{\pi\varphi}{\tau} = 3,55 \left[1 + \sum_{\kappa} \sum_{m} b_{\kappa m} / \tau^{\kappa} \varphi^m \right], \quad (4)$$

где $\pi = P/P_{\text{к}}$, $\tau = T/T_{\text{к}}$, $\varphi = \rho_{\text{к}}/\rho$, а значения 21 коэффициента $b_{\kappa m}$ приведены в табл. 1.

Значения коэффициента $b_{\kappa m}$

Таблица 1

Значения m	Значения κ				
	0	1	2	3	4
1	18,295	-53,108	50,313	-16,690	
2	-41,084	92,104	-34,541	-39,884	2,368
3	133,936	-400,153	394,801	-127,996	
4	-101,408	308,826	-311,388	103,431	
5	25,155	-74,139	75,528	-25,397	

Уравнение (4) описывает экспериментальные данные с погрешностью $0,2-0,3\%$ во всей области существования перегретого пара ($\rho \leq 1,4 \text{ г/см}^3$) и не более 1% при плотностях UF_6 до $2,8 \text{ г/см}^3$.

Значения второго вириального коэффициента B для UF_6 в зависимости от температуры приведены в табл. 2.

Значения коэффициента B

Таблица 2

$T^\circ, \text{ К}$	$-B, \text{ см}^3/\text{г}$	$T^\circ, \text{ К}$	$-B, \text{ см}^3/\text{г}$	$T^\circ, \text{ К}$	$-B, \text{ см}^3/\text{г}$
463,3	1,036	507,9	0,841	552,5	0,675
473,2	0,983	512,9	0,832	562,5	0,626
483,2	0,939	522,8	0,794	572,4	0,608
493,0	0,892	532,8	0,763	582,3	0,561
502,9	0,862	542,6	0,724	592,2	0,533

Межмолекулярные параметры UF_6 , вычисленные по силовым постоянным потенциала Леннарда — Джонса (12-6), имеют следующие значения: $\epsilon/k = 258 \pm 6^\circ \text{ К}$, $b_0 = 452 \pm 14 \text{ см}^3/\text{моль}$, $\sigma = 7,10 \pm 0,06 \text{ \AA}$.

(№ 577/6423. Статья поступила в Редакцию 1/VI 1971 г., аннотация — 25/X 1971 г. Полный текст 0,7 а. л., 1 рис., 5 табл., 14 библиографических ссылок.)