

1.3. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ¹

Для вычисления теплопроводности воды и водяного пара λ использовано уравнение, рекомендованное МАСВП в 1985 г. для применения в промышленных расчетах [8], которое после приведения к новой Международной температурной шкале МТШ-90 имеет вид

$$\lambda = \lambda_0(\tau) + \lambda_1(\delta) + \lambda_2(\tau, \delta), \quad (22)$$

где λ – теплопроводность, Вт·м⁻¹·К⁻¹; $\tau = T / T^*$, T – абсолютная температура (МТШ-90), К; $T^* = 647,26$ К; $\delta = \rho / \rho^*$, ρ – плотность, кг·м⁻³, $\rho^* = 317,7$ кг·м⁻³. Теплопроводность водяного пара в идеально-газовом состоянии λ_0 определяется по уравнению

$$\lambda_0(\tau) = \tau^{0,5} \sum_{k=0}^3 a_k \tau^k, \quad (23)$$

коэффициенты которого приведены в табл. 16.

Таблица 16. Коэффициенты уравнения (23)

i	a_i	i	a_i
0	0,0102811	2	0,0156146
1	0,0299621	3	-0,00422464

Функция $\lambda_1(\delta)$ имеет вид

$$\lambda_1(\delta) = b_0 + b_1\delta + b_2 \exp\{B_1(\delta + B_2)^2\}, \quad (24)$$

где коэффициенты приведены в табл. 17.

Таблица 17. Коэффициенты уравнения (24)

i	b_i	B_i
0	-0,397070	
1	0,400302	-0,171587
2	1,06000	2,392190

¹ <http://twf.mpei.ru/rbtpp/TC>

Функция $\lambda_2(\delta)$ определена как

$$\lambda_2(\tau, \delta) = \left(\frac{d_1}{\tau^{10}} + d_2 \right) \delta^{9/5} \exp[C_1(1 - \delta^{14/5})] + d_3 S \delta^Q \exp\left[\left(\frac{Q}{1+Q} \right) 1 - \delta^{1+Q} \right] + d_4 \exp\left(C_2 \tau^{3/2} + \frac{C_3}{\delta^5} \right). \quad (25)$$

Здесь Q и S являются функциями величины $\Delta\tau = |\tau - 1| + C_4$

$$Q = 2 + C_5 / \Delta\tau^{3/5}; \quad (26)$$

$$S = \begin{cases} 1 / \Delta\tau, & \text{для } \tau \geq 1; \\ \frac{C_6}{\Delta\tau^{3/5}}, & \text{для } \tau < 1. \end{cases} \quad (27)$$

Значения коэффициентов уравнений (25)–(27) указаны в табл. 18.

Таблица 18. Коэффициенты уравнений (25)–(27)

i	d_i	C_i
1	0,0701309	0,642857
2	0,0118520	-4,11717
3	0,00169937	-6,17937
4	-1,0200	0,00308976
5		0,0822994
6		10,0932

Уравнение (22) применимо в следующих диапазонах температур и давлений

$$p \leq 100 \text{ МПа для } 0 \text{ }^\circ\text{C} \leq t \leq 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p \leq 70 \text{ МПа для } 500 \text{ }^\circ\text{C} < t \leq 650 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p \leq 40 \text{ МПа для } 650 \text{ }^\circ\text{C} < t \leq 800 \text{ }^\circ\text{C}$$

Погрешность вычисляемых значений в области жидкости при температурах 25–200 °С и давлениях до 5 МПа составляет 1,5 %, а при более высоких давлениях и температурах до 300 °С – 2 %. Для водяного пара при температурах до 550 °С при давлении 0,1 МПа она равна 1,5 %, а при давлениях до 40 МПа – 3 %. Следует отметить, что уравнение (22) дает конечное значение теплопроводности в критической точке, в то время как по

теоретическим представлениям она должна быть бесконечной. Соответственно вблизи критической точки погрешность вычисляемых значений намного больше.