

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ
(ГСССД)**

Разрешаю на дублирование
Генеральный директор
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
 А. А. Коровайцев
«31» октября 2013 г.

УДК 532.13

ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

**МЕТАН ЖИДКИЙ И ГАЗОБРАЗНЫЙ. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА, КОЭФФИЦИЕНТЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ И
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 91...700 К
И ДАВЛЕНИЯХ ДО 100 МПа**

ГСССД 284 – 2013

(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, тема RU.3.055-2014)

Москва – 2013

РАЗРАБОТАНЫ ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» с участием специалистов
канд. техн. наук. Мамонова Ю. В., Роговина М. Д., Рыбакова С. И.

ОДОБРЕНЫ экспертной комиссией в составе:

д-ра техн. наук А. А. Александрова,
д-ра техн. наук А. Д. Козлова,
канд. техн. наук В. К. Матющенкова,
канд. техн. наук С. А. Степанова.

ПОДГОТОВЛЕНЫ к утверждению Российским научно-техническим центром информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

УТВЕРЖДЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии **«31» октября 2013 г. (протокол № 3)**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВЧНЫХ ДАННЫХ**

Таблицы стандартных справочных данных

Метан жидкий и газообразный. Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах 91...700 К и давлениях до 100 МПа

**ГСССД
284 — 2013**
Взамен
ГСССД 195—01

Tables of Standard Reference Data

Tables of Standard Reference Data.
Methane Liquid and Gaseous. Thermodynamic properties, dynamic viscosity and thermal conductivity at temperatures from 91 ... 700 K and pressures up to 100 MPa.

**GSSSD
284—2013**
Instead of
GSSSD 195 - 01


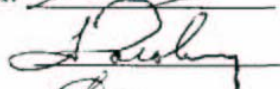
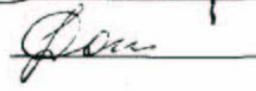
ДЕПОНИРОВАННАЯ РУКОПИСЬ

УДК 532.13

Таблицы стандартных справочных данных ГСССД 284 – 2013.

Метан жидкий и газообразный. Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах 91...700 К и давлениях до 100 МПа/Ю. В. Мамонов, М. Д. Роговин, С. И. Рыбаков; Росс. научн.–технич. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” – М., 2013, - 47 с.: Ил. – Библиогр. назв. Депонированы в ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” 31.10.2013 г., № 876 – 2013 кк.

Настоящие таблицы стандартных справочных данных содержат значения плотности, энтальпии, энтропии, изобарной теплоемкости, изохорной теплоемкости, скорости звука, коэффициента динамической вязкости и коэффициента теплопроводности для метана как в однофазных областях (газ, жидкость и флюид), так и на линии фазового перехода газ-жидкость (линии насыщения), а также значения давления насыщения.

Авторы:  Ю.В.Мамонов
 М.Д.Роговин
 С.И.Рыбаков

Настоящие таблицы стандартных справочных данных содержат значения плотности ρ , энтальпии h , энтропии s , изобарной теплоемкости c_p , изохорной теплоемкости c_v , скорости звука w , коэффициента динамической вязкости η и коэффициента теплопроводности λ для метана как в однофазных областях (газ, жидкость и флюид), так и на линии фазового перехода газ-жидкость (линии насыщения), а также значения давления насыщения p_s .

Уравнение состояния, используемое для расчета термодинамических свойств, взято из Таблиц ССД [1]. Уравнения, используемые для расчета коэффициентов динамической вязкости η и теплопроводности λ , получены авторами настоящих таблиц. Краткая характеристика методов получения уравнений для коэффициентов переноса и использованных при построении этих уравнений экспериментальных данных, а также, некоторые результаты статистической обработки приведены в приложении.

Уравнение состояния и уравнения для η и λ , используемые в настоящих таблицах, соответствуют новой Международной температурной шкале 1990 г. (ITS-90).

Стандартные справочные значения ρ , h , s , c_p , c_v , w и p_s рассчитаны по единому для жидкой и газовой фаз фундаментальному уравнению состояния (ФУС) - зависимости свободной энергии (функции Гельмгольца) F от плотности ρ и температуры T :

$$\frac{F(\rho, T)}{RT} = f(\omega, \tau) = f_0(\omega, \tau) + f_r(\omega, \tau), \quad (1)$$

В ФУС (1) f , f_0 и f_r – безразмерные полная свободная энергия, идеально-газовая и неидеальная составляющие свободной энергии, соответственно; относительная плотность $\omega = \rho/\rho_c$, относительная температура $\tau = T/T_c$; значения плотности (ρ_c) и температуры (T_c) азота в критической точке приведены в табл. 1.

Уравнение для неидеальной составляющей свободной энергии имеет следующий вид:

$$f_r = \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j, \quad (2)$$

где

$$\varphi_j = \begin{cases} \omega^{r_j} \tau^{-t_j} \exp[g_j \omega^{l_j}], & j \leq 36 \\ \omega^{r_j} \tau^{-t_j} \exp\left[-\alpha_j (\omega - \varepsilon_j)^2 - \beta_j (\tau^{-1} - \gamma_j)^2\right], & j \geq 37 \end{cases} \quad (3)$$

В формулах (2, 3) b_j – коэффициенты уравнения состояния, значения которых вместе с показателями степеней r_j , t_j , l_j и параметрами g_j , α_j , β_j , ε_j , γ_j приведены в табл. 2.

Плотность ω в однофазных областях при заданных значениях давления (p) и температуры (T) определяется из решения следующего уравнения

$$\pi = \omega \tau (1 + A_0) / z_{кр}, \quad (4)$$

где $\pi = p/p_{кр}$; $z_{кр} = 10^3 p_{кр} / (\rho_{кр} R T_{кр})$; значения давления ($p_{кр}$) и фактора сжимаемости ($z_{кр}$) в критической точке, а также, газовой постоянной (R) метана приведены в табл. 1.

Плотности газовой ω'' и жидкой ω' фаз на линии насыщения при заданной температуре T определяются из условий фазового равновесия в результате решения следующей системы уравнений :

$$\begin{cases} \pi(\tau, \omega') - \pi(\tau, \omega'') = 0, \\ \phi_r(\tau, \omega') - \phi_r(\tau, \omega'') = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $\phi_r(\tau, \omega)$ – безразмерная неидеальная составляющая изобарно-изотермического потенциала (потенциала Гиббса):

$$\phi_r = f_r + A_0 + \ln(\omega). \quad (6)$$

Давление на линии насыщения p_s определяется по выражению (3) для ω' .

Энтальпия, энтропия, изобарная и изохорная теплоемкости и скорость звука как в однофазных областях (для T и ω), так и на линии насыщения (для T , ω' или T , ω'') вычисляются по формулам

$$h = h_0 + A_3 RT, \quad (7)$$

$$s = s_0 + RA_4, \quad (8)$$

$$c_p = c_v + R(1 + A_2)^2 / (1 + A_1), \quad (9)$$

$$c_v = c_{v0} + A_5 R, \quad (10)$$

$$w = [10^3 RT c_p (1 + A_1) / c_v]^{0,5}, \quad (11)$$

где h_0 , s_0 , c_{v0} – энтальпия, энтропия и изохорная теплоемкость в идеально-газовом состоянии;

Термодинамические свойства в идеально-газовом состоянии определяются по формулам:

$$c_{v0} = R \cdot \left[\sum_{j=0}^{10} \alpha_j \tau^j + \sum_{j=1}^6 \beta_j \tau^{-j} - 1 \right], \quad (12)$$

$$h_0 = RT \cdot \left[\sum_{j=0}^{10} \frac{\alpha_j}{j+1} \tau^j - \sum_{j=2}^6 \frac{\beta_j}{j-1} \tau^{-j} + \frac{1}{\tau} (\beta_1 \ln \tau + \Delta_1 + \tilde{h}_{00}) + \frac{h_0^0}{RT} \right], \quad (13)$$

$$s_0 = R \cdot \left[\sum_{j=1}^{10} \frac{\alpha_j}{j} \tau^j - \sum_{j=1}^6 \frac{\beta_j}{j} \tau^{-j} + \alpha_0 \ln \tau + \Delta_2 + \tilde{s}_{00} - \ln \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right) \right], \quad (14)$$

$$\Delta_1 = \sum_{j=2}^6 \frac{\beta_j}{j-1} - \sum_{j=0}^{10} \frac{\alpha_j}{j+1}, \quad \Delta_2 = \sum_{j=1}^6 \frac{\beta_j}{j} - \sum_{j=1}^{10} \frac{\alpha_j}{j}, \quad (15)$$

где $\omega_0 = p_{ст}/(\rho_{кр} RT)$, $p_{ст} = 0,101325$ МПа; $\tilde{h}_{00} = 3.9941$; $\tilde{s}_{00} = 20.5613$; теплота сублимации равновесного кристалла при 0 К [1] $h_0^0 = 572.6$ кДж/кг, а коэффициенты α_i и β_i приведены в таблице 3. Значения $\{\alpha_i\}$, $\{\beta_i\}$, \tilde{h}_{00} , \tilde{s}_{00} отличаются от приведенных в [1], так как в формулах (12 – 15) принята температура отнесения равная T_c .

Комплексы $A_0 - A_5$ в формулах (4) – (11) определяются по следующим соотношениям, полученным из f_r с использованием известных дифференциальных уравнений термодинамики

$$A_0 = \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j X_j, \quad (16)$$

$$A_1 = \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j [X_j (X_j + 1) + U_j], \quad (17)$$

$$A_2 = \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j [X_j (Y_j + 1)], \quad (18)$$

$$A_3 = \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j [X_j - Y_j], \quad (19)$$

$$A_4 = - \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j [Y_j + 1], \quad (20)$$

$$A_5 = - \sum_{j=1}^{40} b_j \varphi_j [Y_j (Y_j + 1) + Q_j], \quad (21)$$

где

$$X_j = \begin{cases} r_j + g_j l_j \omega^{l_j}, j \leq 36 \\ r_j - 2\alpha_j \omega (\omega - \varepsilon_j), j \geq 37 \end{cases} \quad (22)$$

$$U_j = \begin{cases} g_j l_j^2 \omega^{l_j}, j \leq 36 \\ -2\alpha_j \omega (2\omega - \varepsilon_j), j \geq 37 \end{cases} \quad (23)$$

$$Y_j = \begin{cases} -t_j, j \leq 36 \\ 2\beta_j \tau^{-1} (\tau^{-1} - \gamma_j) - t_j, j \geq 37 \end{cases} \quad (24)$$

$$Q_j = \begin{cases} 0, j \leq 36 \\ -2\beta_j \tau^{-1} (2\tau^{-1} - \gamma_j), j \geq 37 \end{cases} \quad (25)$$

Стандартные справочные значения коэффициента динамической вязкости метана рассчитаны по следующему уравнению

$$\eta = \eta_0 + \Delta\eta, \quad (26)$$

где η_0 и $\Delta\eta$ – соответственно, коэффициент динамической вязкости метана в разреженном состоянии и избыточная по отношению к η_0 составляющая коэффициента динамической вязкости, определяемые по уравнениям

$$\eta_0 = \sum_{i=-5}^5 a_i \tau^{i/2}, \quad (27)$$

$$\Delta\eta = \sum_{i=1}^{15} c_i \omega^{r_i} / \tau^{t_i}. \quad (28)$$

Значения коэффициентов (a_i, c_i) уравнений (27), (28) и показателей степеней (r_i, t_i) уравнения (28) приведены в табл. 4, 5.

Стандартные справочные значения коэффициента теплопроводности метана рассчитаны по следующему уравнению

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda + \Delta\lambda_{кр}, \quad (29)$$

где λ_0 , $\Delta\lambda$ и $\Delta\lambda_{кр}$ – соответственно, коэффициент теплопроводности метана в разреженном состоянии, избыточная по отношению к λ_0 составляющая коэффициента теплопроводности и неаналитическая (аномальная) составляющая коэффициента теплопроводности, определяемые по уравнениям

$$\lambda_0 = \sum_{i=-5}^4 a_i \tau^{i/2}, \quad (30)$$

$$\Delta\lambda = \sum_{i=1}^{19} d_i \omega^{r_i} / \tau^{t_i}. \quad (31)$$

$$\Delta\lambda_{кр} = d_{20} \omega^{0,5} / \left[\tau^* + 0.9(\omega^*)^{1/0,35} \right]^{0,6}, \quad (32)$$

где $\tau^* = |\tau - 1|$, $\omega^* = |\omega - 1|$.

Значения коэффициентов (a_i, d_i) уравнений (30) – (32) и показателей степеней (r_i, t_i) уравнения (31) приведены в табл. 4, 6.

Рассчитанные стандартные справочные значения термодинамических и переносных (η, λ) свойств метана приведены в таблицах 8 (линия насыщения) и 9 (однофазные области).

Расширенные неопределенности табличных значений определялись в соответствии с рекомендациями [1], согласно которым неопределенность любого термодинамического свойства A вычисляется по формуле:

$$\Delta A = \pm t_c \left(\mathbf{r}^T \mathbf{G} \mathbf{r} \right)^{0,5}, \quad (33)$$

где t_c - квантиль Стьюдента при вероятности 95%; $\mathbf{G} = s^2 \mathbf{K}^{-1} + \mathbf{Q} + \mathbf{B}$ – обобщенная матрица ошибок; $s^2 \mathbf{K}^{-1}$, \mathbf{Q} и \mathbf{B} – ковариационные матрицы, учитывающие соответственно случайные, систематические и вычислительные составляющие неопределенности; \mathbf{r} – вектор производных от функции A по коэффициентам \mathbf{b} уравнения (1); значок "т" означает транспонированный вектор.

Так как независимыми переменными при расчете плотности выступают давление p и температура T , то вектор \mathbf{r}_p определяется, как производная неявной функции:

$$\mathbf{r}_p = (\partial p / \partial \mathbf{b}) = -(\partial p / \partial \mathbf{b}) / (\partial p / \partial p)_T. \quad (34)$$

Поскольку все прочие термодинамические функции F определяются не только коэффициентами \mathbf{b} , но и плотностью, которая сама зависит от \mathbf{b} , то при расчете погрешностей этих функций полные производные по \mathbf{b} вычисляются следующим образом:

$$\mathbf{r}_F = (\partial F / \partial \mathbf{b}) = (\partial F / \partial \mathbf{b})_p + (\partial F / \partial p)(\partial p / \partial \mathbf{b}). \quad (35)$$

Неопределенности табличных значений коэффициента динамической вязкости определяются по формуле:

$$\delta \eta = 100 \cdot \left\{ [\delta \eta_0 \cdot \eta_0]^2 + [\Delta(\Delta \eta)]^2 + [(\partial(\Delta \eta) / \partial \omega) \Delta \omega]^2 \right\}^{0.5} / \eta, \% \quad (36)$$

В формуле (36) $\delta \eta_0$ – относительная неопределенность расчетных значений η_0 , $\Delta(\Delta \eta)$ рассчитана по выражению аналогичному (33), где матрица \mathbf{G} и вектор \mathbf{r} определены для уравнения (28).

Неопределенности табличных значений коэффициента теплопроводности определяются по формуле:

$$\delta \lambda = 100 \cdot \left\{ [\delta \lambda_0 \cdot \lambda_0]^2 + [\Delta(\Delta \lambda + \Delta \lambda_{кр})]^2 + [(\partial(\Delta \lambda + \Delta \lambda_{кр}) / \partial \omega) \Delta \omega]^2 \right\}^{0.5} / \lambda, \%, \quad (37)$$

В формуле (37) $\delta \lambda_0$ – относительная неопределенность расчетных значений λ_0 , $\Delta(\Delta \lambda + \Delta \lambda_{кр})$ рассчитана по выражению аналогичному (33), где матрица \mathbf{G} и вектор \mathbf{r} определены для уравнений (31, 32).

Расширенные неопределенности расчетных значений стандартных справочных данных представлены в таблицах 8 и 9, где для всех теплофизических свойств, кроме энтальпии, приведены относительные величины неопределенностей $\delta A = 100 \cdot \Delta A / A$, %; для энтальпии приведена абсолютная величина Δh , кДж/кг.

Таблица 1. Основные физические параметры метана по данным [1]

Физический параметр, размерность	Значение
Молекулярная масса, кг\кмоль	16,0428
Газовая постоянная R , кДж/(кг·К)	0,5182705
Параметры в тройной точке: ▪ давление $p_{тр}$, МПа ▪ температура $T_{тр}$, К	0,011696 90,6941
Параметры в критической точке: ▪ давление $p_{кр}$, МПа ▪ температура $T_{кр}$, К ▪ плотность $\rho_{кр}$, кг/м ³ ▪ фактор сжимаемости $z_{кр}$	4,5922 190,564 162,66 0,28585295

Таблица 2. Коэффициенты, показатели степеней и параметры уравнения для неидеальной составляющей ФУС метана (2, 3)

j	b_j	r_j	t_j	g_j	l_j	α_j	β_j	ε_j	γ_j
1	$0,04367901028 \cdot 10^0$	1	-0,5	0	0				
2	$0,6709236199 \cdot 10^0$	1	0,5	0	0				
3	$-1,765577859 \cdot 10^0$	1	1	0	0				
4	$0,8582330241 \cdot 10^0$	2	0,5	0	0				
5	$-1,206513052 \cdot 10^0$	2	1	0	0				
6	$0,512046722 \cdot 10^0$	2	1,5	0	0				
7	$-4,000010791 \cdot 10^{-4}$	2	4,5	0	0				
8	$-0,01247842423 \cdot 10^0$	3	0	0	0				
9	$0,03100269701 \cdot 10^0$	4	1	0	0				
10	$1,754748522 \cdot 10^{-3}$	4	3	0	0				
11	$-3,171921605 \cdot 10^{-6}$	8	1	0	0				
12	$-2,24034684 \cdot 10^{-6}$	9	3	0	0				
13	$2,947056156 \cdot 10^{-7}$	10	3	0	0				
14	$0,1830487909 \cdot 10^0$	1	0	-1	1				
15	$0,1511883679 \cdot 10^0$	1	1	-1	1				
16	$-0,4289363877 \cdot 10^0$	1	2	-1	1				
17	$0,06894002446 \cdot 10^0$	2	0	-1	1				
18	$-0,01408313996 \cdot 10^0$	4	0	-1	1				

j	b_j	r_j	t_j	g_j	l_j	α_j	β_j	ε_j	γ_j
19	$-0,0306305483 \cdot 10^0$	5	2	-1	1				
20	$-0,02969906708 \cdot 10^0$	6	2	-1	1				
21	$-0,01932040831 \cdot 10^0$	1	5	-1	2				
22	$-0,1105739959 \cdot 10^0$	2	5	-1	2				
23	$0,09952548995 \cdot 10^0$	3	5	-1	2				
24	$8,548437825 \cdot 10^{-3}$	4	2	-1	2				
25	$-0,06150555662 \cdot 10^0$	4	4	-1	2				
26	$-0,04291792423 \cdot 10^0$	3	12	-1	3				
27	$-0,0181320729 \cdot 10^0$	5	8	-1	3				
28	$0,0344590476 \cdot 10^0$	5	10	-1	3				
29	$-2,38591945 \cdot 10^{-3}$	8	10	-1	3				
30	$-0,01159094939 \cdot 10^0$	2	10	-1	4				
31	$0,06641693602 \cdot 10^0$	3	14	-1	4				
32	$-0,0237154959 \cdot 10^0$	4	12	-1	4				
33	$-0,03961624905 \cdot 10^0$	4	18	-1	4				
34	$-0,01387292044 \cdot 10^0$	4	22	-1	4				
35	$0,03389489599 \cdot 10^0$	5	18	-1	4				
36	$-2,927378753 \cdot 10^{-3}$	6	14	-1	4				
37	$9,324799946 \cdot 10^{-5}$	2	2			20	200	1	1,07
38	$-6,287171518 \cdot 10^0$	0	0			40	250	1	1,11
39	$12,71069467 \cdot 10^0$	0	1			40	250	1	1,11
40	$-6,423953466 \cdot 10^0$	0	2			40	250	1	1,11

Таблица 3. Коэффициенты уравнений (12 - 15) для идеально-газовых функций метана

i	α_i	β_i
0	$0,146696186 \cdot 10^3$	
1	$-0,125151799 \cdot 10^3$	$-0,109797092 \cdot 10^3$
2	$0,736090931 \cdot 10^2$	$0,569812103 \cdot 10^2$
3	$-0,291295894 \cdot 10^2$	$-0,196097803 \cdot 10^2$
4	$0,800144126 \cdot 10^1$	$0,427956524 \cdot 10^1$
5	$-0,153956591 \cdot 10^1$	$-0,535186840 \cdot 10^0$
6	$0,206391316 \cdot 10^0$	$0,291635097 \cdot 10^{-1}$
7	$-0,188543357 \cdot 10^{-1}$	
8	$0,111757914 \cdot 10^{-2}$	
9	$-0,387107440 \cdot 10^{-4}$	
10	$0,594263793 \cdot 10^{-6}$	

Таблица 4. Коэффициенты a_i уравнений (27), (30) для η_0 и λ_0 метана

i	η_0	λ_0
-5	-0.416356419	$0.144641918 \cdot 10^3$
-4	$0.205484577 \cdot 10^1$	$-0.913837779 \cdot 10^3$
-3	0	$0.188185078 \cdot 10^4$
-2	$-0.222703691 \cdot 10^2$	0
-1	$0.700225165 \cdot 10^2$	$-0.643271916 \cdot 10^4$
0	$-0.104061810 \cdot 10^3$	$0.120931405 \cdot 10^5$
1	$0.818051562 \cdot 10^2$	$-0.109161943 \cdot 10^5$
2	$-0.232092635 \cdot 10^2$	$0.539779036 \cdot 10^4$
3	$0.344474962 \cdot 10^1$	$-0.138118308 \cdot 10^4$
4	0	$0.147172633 \cdot 10^3$
5	$-0.256824367 \cdot 10^{-1}$	0

Таблица 5. Коэффициенты c_i уравнения (28) для $\Delta\eta$ метана

i	c_i	r_i	t_i
1	$0.331650192 \cdot 10^2$	1	-1
2	$-0.103113734 \cdot 10^3$	1	-2
3	$0.136538610 \cdot 10^3$	1	-3
4	$-0.768431692 \cdot 10^2$	1	-4
5	$0.132263320 \cdot 10^2$	1	-5
6	$0.178427316 \cdot 10^2$	2	-1
7	$-0.142588266 \cdot 10^2$	2	-2
8	$-0.163377114 \cdot 10^2$	2	-4
9	$0.206377453 \cdot 10^2$	2	-5
10	$0.972429201 \cdot 10^1$	3	-4
11	$-0.111571722 \cdot 10^2$	3	-5
12	$-0.115075263 \cdot 10^1$	4	-1
13	$0.108893802 \cdot 10^1$	5	-1
14	-0.556375923	5	-2
15	0.361567397	5	-5

Таблица 6. Коэффициенты d_i уравнений (31) и (32) для $\Delta\lambda$ и $\Delta\lambda_{кр}$ метана

i	d_i	r_i	t_i
1	$0.712946875 \cdot 10^2$	1	0
2	$-0.130591363 \cdot 10^3$	1	-1
3	$0.549838286 \cdot 10^2$	1	-2
4	$-0.206162927 \cdot 10^3$	2	0
5	$0.369957635 \cdot 10^3$	2	-1
6	$-0.127809700 \cdot 10^3$	2	-3
7	$0.779347036 \cdot 10^2$	2	-4
8	$0.335036935 \cdot 10^3$	3	0
9	$-0.510131059 \cdot 10^3$	3	-1
10	$0.449995519 \cdot 10^2$	3	-2
11	$-0.202810841 \cdot 10^2$	3	-5
12	$-0.253323785 \cdot 10^3$	4	0
13	$0.339829592 \cdot 10^3$	4	-1
14	$0.645084464 \cdot 10^1$	4	-5
15	$0.959403127 \cdot 10^2$	5	0
16	$-0.122014216 \cdot 10^3$	5	-1
17	$-0.136681080 \cdot 10^2$	6	0
18	$0.171195083 \cdot 10^2$	6	-1
19	-0.490786781	6	-4
20	$0.269771125 \cdot 10^1$		

Таблица 7. Обозначения и размерности теплофизических свойств и их неопределенностей, представленных в таблицах 8 и 9.

Наименование	Обозначение	Размерность
Температура	T	К
Давление	p	МПа
Давление насыщения	p_s	МПа
Плотность	ρ	кг/м ³
Энтальпия	h	кДж/кг
Энтропия	s	кДж/(кг·К)
Изохорная теплоемкость	c_v	кДж/(кг·К)
Изобарная теплоемкость	c_p	кДж/(кг·К)
Скорость звука	w	м/с
Коэффициент динамической вязкости	η	мкПа·с
Коэффициент теплопроводности	λ	мВт/(м·К)
Относительная неопределенность теплофизических свойств, исключая энтальпию	δA	%
Абсолютная неопределенность энтальпии	Δh	кДж/кг
Примечание – в таблице 8, где представлены стандартные справочные данные теплофизических свойств (A) метана на кривой насыщения обозначения A' и A'' есть свойства насыщенной жидкости и насыщенного пара, соответственно.		

Таблица 8. Стандартные значения теплофизических свойств метана на кривой насыщения

T	p_s	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''	c_v'	c_v''
	δp_s	$\delta \rho'$	$\delta \rho''$	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$
91,00	$0,1216 \cdot 10^{-1}$	451,07	$0,2600 \cdot 10^0$	215,3	759,1	4,2353	10,2114	2,166	1,574
	0,10	0,06	0,11	0,71	0,10	0,18	0,01	3,3	0,2
95,00	$0,1981 \cdot 10^{-1}$	445,71	$0,4070 \cdot 10^0$	228,8	766,9	4,3805	10,0442	2,141	1,580
	0,07	0,04	0,07	0,49	0,13	0,11	0,01	2,3	0,3
100,00	$0,3438 \cdot 10^{-1}$	438,89	$0,6746 \cdot 10^0$	245,8	776,3	4,5545	9,8594	2,114	1,589
	0,05	0,02	0,06	0,30	0,15	0,07	0,01	1,5	0,3
105,00	$0,5638 \cdot 10^{-1}$	431,92	$0,1061 \cdot 10^1$	263,0	785,4	4,7214	9,6969	2,088	1,599
	0,05	0,02	0,06	0,19	0,18	0,04	0,01	1,0	0,4
110,00	$0,8813 \cdot 10^{-1}$	424,78	$0,1598 \cdot 10^1$	280,3	794,1	4,8817	9,5530	2,064	1,611
	0,05	0,02	0,06	0,15	0,20	0,03	0,01	0,7	0,4
115,00	$0,1322 \cdot 10^0$	417,45	$0,2319 \cdot 10^1$	297,8	802,4	5,0364	9,4241	2,041	1,624
	0,05	0,02	0,07	0,15	0,22	0,02	0,02	0,5	0,5
120,00	$0,1914 \cdot 10^0$	409,90	$0,3262 \cdot 10^1$	315,5	810,1	5,1860	9,3077	2,020	1,639
	0,05	0,02	0,07	0,16	0,23	0,02	0,02	0,4	0,5
125,00	$0,2688 \cdot 10^0$	402,11	$0,4467 \cdot 10^1$	333,5	817,3	5,3311	9,2015	1,999	1,656
	0,04	0,02	0,07	0,17	0,24	0,02	0,02	0,3	0,6
130,00	$0,3673 \cdot 10^0$	394,04	$0,5980 \cdot 10^1$	351,7	823,8	5,4723	9,1034	1,980	1,674
	0,04	0,02	0,07	0,17	0,24	0,02	0,02	0,2	0,6
135,00	$0,4904 \cdot 10^0$	385,64	$0,7855 \cdot 10^1$	370,3	829,5	5,6103	9,0118	1,962	1,694
	0,04	0,02	0,06	0,17	0,24	0,02	0,02	0,2	0,8
140,00	$0,6412 \cdot 10^0$	376,87	$0,1015 \cdot 10^2$	389,3	834,4	5,7455	8,9250	1,945	1,717
	0,04	0,02	0,07	0,16	0,24	0,02	0,02	0,2	0,9
145,00	$0,8232 \cdot 10^0$	367,65	$0,1295 \cdot 10^2$	408,7	838,4	5,8785	8,8418	1,931	1,743
	0,03	0,02	0,07	0,16	0,24	0,02	0,02	0,2	1,0
150,00	$0,1040 \cdot 10^1$	357,90	$0,1633 \cdot 10^2$	428,7	841,3	6,0100	8,7606	1,919	1,773
	0,03	0,02	0,07	0,15	0,24	0,02	0,01	0,2	1,2
155,00	$0,1295 \cdot 10^1$	347,51	$0,2042 \cdot 10^2$	449,4	843,0	6,1408	8,6800	1,909	1,807
	0,03	0,02	0,07	0,15	0,24	0,01	0,01	0,2	1,3
160,00	$0,1592 \cdot 10^1$	336,31	$0,2538 \cdot 10^2$	470,9	843,2	6,2717	8,5984	1,904	1,847
	0,03	0,02	0,08	0,14	0,25	0,01	0,01	0,2	1,4
165,00	$0,1935 \cdot 10^1$	324,10	$0,3145 \cdot 10^2$	493,4	841,5	6,4040	8,5138	1,903	1,896
	0,03	0,02	0,08	0,13	0,25	0,01	0,01	0,2	1,4
170,00	$0,2328 \cdot 10^1$	310,50	$0,3897 \cdot 10^2$	517,3	837,6	6,5393	8,4234	1,910	1,956
	0,02	0,02	0,08	0,13	0,26	0,01	0,01	0,2	1,4
175,00	$0,2777 \cdot 10^1$	294,94	$0,4856 \cdot 10^2$	543,2	830,6	6,6806	8,3230	1,927	2,033
	0,02	0,02	0,09	0,12	0,26	0,01	0,01	0,3	1,4
180,00	$0,3285 \cdot 10^1$	276,23	$0,6138 \cdot 10^2$	572,0	818,9	6,8330	8,2046	1,967	2,140
	0,02	0,02	0,09	0,12	0,26	0,01	0,01	0,3	1,4
185,00	$0,3862 \cdot 10^1$	251,36	$0,8043 \cdot 10^2$	606,6	798,6	7,0104	8,0481	2,062	2,312
	0,02	0,04	0,13	0,12	0,33	0,01	0,01	0,6	1,5
186,00	$0,3986 \cdot 10^1$	244,93	$0,8570 \cdot 10^2$	614,9	792,6	7,0521	8,0076	2,098	2,362
	0,02	0,05	0,16	0,14	0,38	0,01	0,02	0,8	1,6
187,00	$0,4114 \cdot 10^1$	237,61	$0,9187 \cdot 10^2$	623,9	785,4	7,0978	7,9613	2,145	2,423
	0,02	0,08	0,20	0,16	0,46	0,01	0,02	1,0	1,8

Таблица 8. Стандартные значения теплофизических свойств метана на кривой насыщения - продолжение

T	p_s	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''	c_v'	c_v''
	δp_s	$\delta \rho'$	$\delta \rho''$	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$
188,00	$0,4245 \cdot 10^1$	228,93	$0,9938 \cdot 10^2$	634,2	776,5	7,1495	7,9064	2,213	2,500
	0,02	0,12	0,27	0,22	0,59	0,01	0,02	1,3	2,0
189,00	$0,4380 \cdot 10^1$	217,87	$0,1093 \cdot 10^3$	646,6	764,5	7,2121	7,8363	2,325	2,613
	0,02	0,20	0,41	0,34	0,85	0,01	0,03	1,7	2,3
190,00	$0,4519 \cdot 10^1$	200,78	$0,1252 \cdot 10^3$	664,4	745,1	7,3026	7,7276	2,602	2,855
	0,02	0,77	1,12	1,30	2,07	0,04	0,07	3,7	3,7

□

Таблица 8. Стандартные значения теплофизических свойств метана на кривой насыщения - продолжение

T	c_p'	c_p''	w'	w''	η'	η''	λ'	λ''
	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\delta w'$	$\delta w''$	$\delta \eta'$	$\delta \eta''$	$\delta \lambda'$	$\delta \lambda''$
91,00	3,369	2,111	1535,8	249,5	205,5	3,46		9,59
	2,1	0,3	0,47	0,02	2,0	3,0		1,4
95,00	3,385	2,125	1499,1	254,4	180,8	3,58		10,06
	1,6	0,3	0,36	0,02	1,4	3,2		1,6
100,00	3,409	2,146	1452,0	260,1	156,3	3,73	205,0	10,66
	1,1	0,4	0,26	0,02	1,2	3,3	2,2	1,9
105,00	3,437	2,173	1403,9	265,3	136,9	3,88	194,6	11,26
	0,7	0,4	0,20	0,03	1,2	3,3	1,0	2,2
110,00	3,469	2,205	1354,7	270,0	121,3	4,04	186,2	11,88
	0,5	0,5	0,17	0,03	1,1	3,3	0,9	2,6
115,00	3,506	2,245	1304,6	274,2	108,4	4,22	178,8	12,51
	0,3	0,5	0,15	0,03	1,0	3,2	0,8	2,9
120,00	3,549	2,293	1253,5	277,8	97,5	4,41	171,6	13,15
	0,2	0,5	0,14	0,03	0,9	3,1	0,8	3,2
125,00	3,599	2,351	1201,3	280,8	88,3	4,62	164,5	13,82
	0,2	0,6	0,13	0,04	0,8	2,9	0,7	3,5
130,00	3,658	2,421	1148,1	283,1	80,3	4,85	157,4	14,53
	0,2	0,7	0,13	0,04	0,8	2,8	0,7	3,7
135,00	3,728	2,506	1093,6	284,9	73,2	5,10	150,3	15,29
	0,1	0,8	0,13	0,05	0,8	2,7	0,6	3,8
140,00	3,813	2,611	1037,7	285,9	67,0	5,37	143,2	16,12
	0,1	0,9	0,12	0,06	0,8	2,6	0,6	3,9
145,00	3,917	2,742	980,2	286,3	61,3	5,67	136,0	17,06
	0,1	1,1	0,12	0,07	0,8	2,5	0,6	3,9

Таблица 8. Стандартные значения теплофизических свойств метана на кривой насыщения - продолжение

T	c_p'	c_p''	w'	w''	η'	η''	λ'	λ''
	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\delta w'$	$\delta w''$	$\delta \eta'$	$\delta \eta''$	$\delta \lambda'$	$\delta \lambda''$
150,00	4,047	2,908	920,8	286,0	56,2	6,00	128,9	18,13
	0,1	1,2	0,12	0,08	0,8	2,5	0,6	3,8
155,00	4,215	3,126	859,4	284,9	51,4	6,36	121,8	19,38
	0,1	1,4	0,13	0,10	0,8	2,5	0,6	3,6
160,00	4,435	3,419	795,4	283,0	47,0	6,76	114,8	20,88
	0,1	1,4	0,14	0,12	0,8	2,6	0,6	3,4
165,00	4,740	3,833	728,4	280,3	42,9	7,21	107,7	22,70
	0,1	1,5	0,18	0,15	0,8	2,7	0,6	3,2
170,00	5,187	4,459	657,5	276,7	38,9	7,74	100,7	24,98
	0,1	1,5	0,22	0,18	0,9	2,7	0,6	2,9
175,00	5,910	5,502	581,3	272,0	35,0	8,37	93,7	27,93
	0,1	1,4	0,26	0,22	0,9	2,8	0,6	2,6
180,00	7,292	7,574	497,0	266,0	31,0	9,18	86,8	32,03
	0,2	1,4	0,36	0,27	1,0	2,7	0,6	2,3
185,00	11,109	13,527	398,6	258,0	26,7	10,40	80,5	38,74
	0,5	2,1	0,71	0,36	1,2	2,7	0,7	1,9
186,00	12,883	16,333	375,9	256,0	25,8	10,74	79,6	40,83
	0,8	2,4	0,87	0,40	1,2	2,7	0,7	1,8
187,00	15,677	20,761	351,5	253,6	24,7	11,14	78,9	43,49
	1,2	3,0	1,09	0,44	1,3	2,7	0,7	1,8
188,00	20,738	28,774	324,6	250,7	23,6	11,65	78,9	47,20
	1,8	3,9	1,35	0,52	1,4	2,6	0,8	1,7
189,00	32,730	47,610	293,2	246,8	22,2	12,33	80,7	53,34
	3,3	5,9	1,66	0,66	1,5	2,6	1,0	1,7
190,00	94,013	140,809	250,3	238,5	20,2	13,48	91,9	70,19
	25,7	21,4	3,41	1,37	1,9	2,6	2,6	2,8

□

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$

T= 91,0 K

0,1	451,13	215,4	4,2347	2,166	3,368	1536,4	205,71	
	0,06	0,71	0,18	3,3	2,1	0,47	2,0	
0,5	451,39	216,1	4,2321	2,167	3,366	1539,1	206,77	
	0,06	0,71	0,18	3,3	2,1	0,46	1,9	
1,0	451,72	216,9	4,2288	2,168	3,363	1542,5	208,10	
	0,06	0,72	0,18	3,3	2,1	0,46	1,9	

T= 100,0 K

0,1	438,94	245,9	4,5541	2,114	3,408	1452,5	156,43	205,08
	0,02	0,30	0,07	1,5	1,1	0,26	1,2	2,2
0,5	439,24	246,6	4,5512	2,115	3,405	1455,7	157,22	205,54
	0,02	0,30	0,07	1,5	1,1	0,26	1,1	2,2
1,0	439,62	247,3	4,5477	2,116	3,401	1459,6	158,21	206,10
	0,02	0,30	0,07	1,5	1,1	0,25	1,1	2,3
2,0	440,37	248,9	4,5406	2,119	3,394	1467,4	160,19	207,23
	0,02	0,30	0,07	1,5	1,1	0,25	1,0	2,3
3,0	441,11	250,5	4,5337	2,122	3,387	1475,0	162,17	208,35
	0,02	0,30	0,07	1,5	1,1	0,24	0,9	2,4
4,0	441,84	252,1	4,5268	2,124	3,380	1482,5	164,16	209,45
	0,03	0,30	0,07	1,5	1,1	0,24	0,9	2,5
5,0	442,55	253,6	4,5200	2,127	3,373	1489,9	166,16	210,55
	0,03	0,30	0,07	1,5	1,1	0,23	0,8	2,6
7,0	443,97	256,8	4,5067	2,132	3,361	1504,5	170,16	212,70
	0,03	0,31	0,07	1,6	1,1	0,22	0,8	2,8
10,0	446,02	261,6	4,4872	2,139	3,344	1525,7	176,20	215,85
	0,03	0,31	0,07	1,6	1,1	0,22	0,8	3,2
15,0	449,28	269,7	4,4562	2,151	3,319	1559,3	186,34	220,92
	0,03	0,33	0,07	1,6	1,2	0,21	0,9	3,6
20,0	452,37	277,8	4,4266	2,162	3,297	1591,1	196,58	225,78
	0,04	0,36	0,08	1,6	1,2	0,22	1,0	4,1
25,0	455,31	286,0	4,3983	2,172	3,279	1621,4	206,91	230,46
	0,05	0,39	0,09	1,6	1,3	0,24	1,1	4,5
30,0	458,12	294,2	4,3712	2,182	3,263	1650,3	217,33	234,98

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
35,0	0,05	0,43	0,09	1,6	1,4	0,26	1,1	4,8
	460,81	302,5	4,3451	2,192	3,249	1677,9	227,82	239,36
	0,06	0,48	0,10	1,6	1,5	0,28	1,3	5,0
T= 110,0 K								
0,1	424,79	280,3	4,8816	2,064	3,469	1354,8	121,28	186,26
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,17	1,1	0,9
0,5	425,15	280,9	4,8784	2,065	3,465	1358,5	121,90	186,68
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,16	1,1	0,8
1,0	425,61	281,6	4,8744	2,067	3,459	1363,2	122,67	187,20
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,16	1,0	0,8
2,0	426,50	283,1	4,8666	2,070	3,449	1372,3	124,21	188,24
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,15	1,0	0,7
3,0	427,38	284,6	4,8588	2,072	3,439	1381,2	125,75	189,27
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,15	0,9	0,7
4,0	428,24	286,1	4,8512	2,075	3,429	1390,0	127,30	190,28
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,14	0,9	0,6
5,0	429,09	287,6	4,8437	2,078	3,420	1398,6	128,84	191,29
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,13	0,9	0,6
7,0	430,74	290,6	4,8289	2,083	3,403	1415,5	131,92	193,27
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,13	0,8	0,5
10,0	433,13	295,2	4,8076	2,091	3,380	1439,8	136,56	196,17
	0,02	0,15	0,03	0,7	0,5	0,12	0,8	0,5
15,0	436,90	303,0	4,7737	2,103	3,346	1478,0	144,29	200,85
	0,02	0,15	0,03	0,8	0,6	0,12	0,8	0,5
20,0	440,43	310,9	4,7418	2,115	3,318	1513,8	152,03	205,36
	0,02	0,16	0,03	0,8	0,6	0,13	0,8	0,7
25,0	443,76	318,9	4,7115	2,126	3,294	1547,5	159,79	209,73
	0,02	0,17	0,03	0,8	0,7	0,15	0,9	0,8
30,0	446,91	326,9	4,6826	2,136	3,274	1579,5	167,57	213,98
	0,03	0,19	0,04	0,8	0,7	0,17	1,0	1,0
35,0	449,91	335,0	4,6551	2,147	3,256	1609,9	175,37	218,12
	0,03	0,21	0,04	0,8	0,8	0,19	1,2	1,1
40,0	452,77	343,2	4,6286	2,156	3,241	1639,0	183,19	222,18
	0,03	0,23	0,04	0,9	0,8	0,21	1,4	1,2
45,0	455,51	351,4	4,6032	2,166	3,227	1666,8	191,03	226,16
	0,04	0,27	0,05	0,9	0,9	0,23	1,7	1,3
50,0	458,14	359,7	4,5786	2,175	3,215	1693,5	198,89	230,08
	0,04	0,30	0,06	0,9	1,0	0,25	2,0	1,4
60,0	463,10	376,2	4,5320	2,192	3,196	1744,0	214,68	237,75
	0,05	0,39	0,07	0,9	1,2	0,30	2,7	1,7
70,0	467,74	392,9	4,4882	2,209	3,180	1791,3	230,55	245,26
	0,06	0,50	0,09	1,0	1,4	0,34	3,4	2,0
80,0	472,09	409,6	4,4467	2,224	3,168	1835,6	246,50	252,65
	0,08	0,62	0,11	1,0	1,6	0,39	4,1	2,4

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$

T= 120,0 K

0,1	1,6550	815,3	9,6736	1,594	2,174	282,8	4,54	12,92
	0,03	0,15	0,01	0,3	0,3	0,02	2,0	1,9
0,5	410,25	315,9	5,1831	2,020	3,544	1256,9	97,93	171,95
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,13	0,9	0,8
1,0	410,80	316,6	5,1786	2,022	3,536	1262,4	98,58	172,52
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,13	0,9	0,7
2,0	411,88	317,9	5,1696	2,025	3,521	1273,3	99,87	173,63
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,12	0,9	0,7
3,0	412,94	319,3	5,1608	2,028	3,507	1283,8	101,16	174,72
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,11	0,8	0,6
4,0	413,98	320,7	5,1522	2,030	3,493	1294,2	102,45	175,81
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,11	0,8	0,6
5,0	415,00	322,1	5,1437	2,033	3,480	1304,3	103,74	176,88
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,10	0,8	0,5
7,0	416,97	324,9	5,1272	2,039	3,456	1323,9	106,30	178,98
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,2	0,09	0,8	0,5
10,0	419,79	329,2	5,1035	2,047	3,424	1351,9	110,11	182,05
	0,02	0,16	0,02	0,4	0,3	0,09	0,8	0,4
15,0	424,18	336,6	5,0663	2,060	3,380	1395,4	116,43	186,98
	0,02	0,17	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,5
20,0	428,24	344,2	5,0316	2,072	3,343	1435,7	122,69	191,73
	0,02	0,17	0,02	0,4	0,3	0,09	0,9	0,6
25,0	432,03	351,9	4,9989	2,083	3,313	1473,2	128,92	196,33
	0,02	0,18	0,03	0,5	0,3	0,11	1,0	0,7
30,0	435,58	359,7	4,9681	2,094	3,287	1508,5	135,12	200,80
	0,02	0,18	0,03	0,5	0,3	0,12	1,1	0,9
35,0	438,93	367,6	4,9388	2,105	3,265	1541,8	141,30	205,18
	0,02	0,19	0,03	0,5	0,4	0,13	1,3	1,0
40,0	442,11	375,6	4,9108	2,115	3,246	1573,4	147,47	209,47
	0,02	0,20	0,03	0,5	0,4	0,15	1,6	1,1
45,0	445,14	383,7	4,8841	2,125	3,229	1603,5	153,62	213,69
	0,02	0,21	0,03	0,5	0,5	0,17	1,9	1,2
50,0	448,03	391,8	4,8584	2,135	3,215	1632,4	159,75	217,86
	0,02	0,22	0,03	0,5	0,5	0,18	2,2	1,4
60,0	453,45	408,2	4,8099	2,153	3,191	1686,5	172,01	226,06
	0,03	0,25	0,04	0,6	0,6	0,21	2,8	1,6
70,0	458,47	424,7	4,7645	2,170	3,172	1736,8	184,25	234,15
	0,03	0,29	0,04	0,6	0,8	0,24	3,5	2,0
80,0	463,16	441,2	4,7219	2,186	3,157	1783,9	196,48	242,15
	0,04	0,35	0,05	0,6	0,9	0,28	4,2	2,3
90,0	467,57	457,9	4,6817	2,202	3,146	1828,1	208,71	250,12
	0,05	0,42	0,06	0,7	1,1	0,31	4,8	2,8
100,0	471,72	474,6	4,6434	2,216	3,136	1870,0	220,95	258,07

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,06	0,51	0,08	0,7	1,2	0,34	5,5	3,3
T= 130,0 K								
0,1	1,5182	836,9	9,8464	1,581	2,146	295,6	5,00	13,99
	0,02	0,10	0,01	0,2	0,2	0,01	1,5	1,5
0,5	394,22	351,9	5,4709	1,980	3,655	1149,9	80,42	157,58
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,13	0,8	0,7
1,0	394,92	352,4	5,4656	1,981	3,642	1156,6	81,01	158,21
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,12	0,8	0,6
2,0	396,27	353,6	5,4551	1,984	3,619	1169,7	82,18	159,47
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,11	0,8	0,6
3,0	397,58	354,8	5,4449	1,987	3,598	1182,4	83,34	160,71
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,11	0,8	0,5
4,0	398,86	356,0	5,4349	1,990	3,578	1194,8	84,49	161,92
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,10	0,8	0,5
5,0	400,10	357,3	5,4252	1,992	3,559	1206,8	85,63	163,11
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,09	0,8	0,5
7,0	402,49	359,8	5,4064	1,998	3,524	1229,8	87,89	165,45
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,09	0,8	0,4
10,0	405,87	363,7	5,3797	2,006	3,480	1262,3	91,24	168,84
	0,02	0,17	0,02	0,3	0,2	0,08	0,8	0,4
15,0	411,04	370,6	5,3383	2,019	3,420	1312,1	96,71	174,22
	0,02	0,18	0,02	0,3	0,2	0,07	0,9	0,5
20,0	415,75	377,8	5,3002	2,032	3,372	1357,3	102,08	179,36
	0,02	0,18	0,02	0,3	0,2	0,08	0,9	0,7
25,0	420,08	385,1	5,2649	2,044	3,333	1399,0	107,37	184,31
	0,02	0,19	0,02	0,3	0,2	0,09	1,0	0,8
30,0	424,10	392,7	5,2317	2,055	3,301	1437,9	112,59	189,10
	0,02	0,20	0,03	0,3	0,2	0,10	1,2	0,9
35,0	427,86	400,3	5,2004	2,066	3,274	1474,3	117,76	193,76
	0,02	0,20	0,03	0,3	0,2	0,11	1,4	1,0
40,0	431,40	408,1	5,1708	2,077	3,251	1508,6	122,89	198,33
	0,02	0,21	0,03	0,3	0,2	0,12	1,7	1,1
45,0	434,74	416,0	5,1426	2,087	3,231	1541,2	127,97	202,82
	0,02	0,22	0,03	0,3	0,2	0,13	1,9	1,1
50,0	437,92	423,9	5,1157	2,097	3,214	1572,1	133,03	207,24
	0,02	0,23	0,03	0,3	0,3	0,14	2,2	1,2
60,0	443,85	440,1	5,0651	2,116	3,186	1630,0	143,05	215,94
	0,02	0,24	0,03	0,4	0,3	0,16	2,8	1,3
70,0	449,29	456,3	5,0181	2,133	3,164	1683,4	152,99	224,49
	0,02	0,26	0,03	0,4	0,4	0,18	3,4	1,5
80,0	454,34	472,8	4,9742	2,150	3,146	1733,1	162,87	232,96
	0,03	0,28	0,04	0,4	0,5	0,20	4,0	1,8
90,0	459,05	489,3	4,9329	2,166	3,132	1779,6	172,69	241,39
	0,03	0,31	0,04	0,4	0,6	0,22	4,6	2,1

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
100,0	463,48 0,04	505,9 0,35	4,8939 0,05	2,181 0,4	3,121 0,7	1823,5 0,24	182,48 5,2	249,80 2,4
T= 140,0 K								
0,1	1,4034 0,01	858,2 0,07	10,0048 0,01	1,574 0,1	2,129 0,1	307,6 0,01	5,42 1,3	15,09 1,2
0,5	7,6355 0,03	841,4 0,20	9,0890 0,01	1,665 0,5	2,433 0,5	292,3 0,03	5,37 2,1	15,73 3,2
1,0	377,51 0,02	389,6 0,16	5,7408 0,02	1,946 0,2	3,798 0,1	1043,7 0,12	67,37 0,8	143,69 0,6
2,0	379,27 0,02	390,5 0,16	5,7281 0,02	1,948 0,2	3,761 0,1	1060,1 0,11	68,49 0,8	145,16 0,5
3,0	380,95 0,02	391,4 0,16	5,7159 0,02	1,951 0,2	3,726 0,1	1075,8 0,11	69,60 0,8	146,59 0,5
4,0	382,57 0,02	392,4 0,16	5,7041 0,02	1,954 0,2	3,695 0,1	1090,8 0,10	70,69 0,8	147,99 0,5
5,0	384,13 0,02	393,4 0,16	5,6927 0,02	1,956 0,2	3,666 0,1	1105,3 0,10	71,77 0,8	149,35 0,4
7,0	387,10 0,02	395,5 0,16	5,6708 0,02	1,961 0,2	3,615 0,1	1132,9 0,09	73,89 0,8	152,00 0,4
10,0	391,22 0,02	398,9 0,16	5,6401 0,02	1,969 0,2	3,552 0,1	1171,0 0,08	76,99 0,8	155,78 0,5
15,0	397,39 0,02	405,0 0,17	5,5935 0,02	1,982 0,2	3,469 0,2	1228,1 0,07	81,98 0,9	161,71 0,6
20,0	402,88 0,02	411,6 0,17	5,5513 0,02	1,995 0,2	3,406 0,2	1279,1 0,07	86,80 1,0	167,29 0,7
25,0	407,86 0,02	418,6 0,18	5,5127 0,02	2,007 0,2	3,357 0,2	1325,5 0,08	91,50 1,1	172,59 0,9
30,0	412,43 0,02	425,7 0,19	5,4769 0,02	2,019 0,2	3,317 0,2	1368,2 0,09	96,10 1,3	177,70 0,9
35,0	416,66 0,02	433,1 0,19	5,4434 0,02	2,030 0,2	3,284 0,2	1407,9 0,10	100,62 1,5	182,63 1,0
40,0	420,61 0,02	440,6 0,20	5,4119 0,02	2,041 0,2	3,256 0,2	1445,1 0,10	105,07 1,7	187,44 1,1
45,0	424,31 0,02	448,3 0,21	5,3821 0,03	2,052 0,2	3,233 0,2	1480,1 0,11	109,46 1,9	192,14 1,1
50,0	427,81 0,02	456,1 0,22	5,3538 0,03	2,062 0,3	3,213 0,2	1513,3 0,12	113,80 2,2	196,75 1,1
60,0	434,28 0,02	471,9 0,24	5,3009 0,03	2,081 0,3	3,180 0,2	1574,9 0,13	122,36 2,7	205,78 1,2
70,0	440,17 0,02	487,9 0,25	5,2522 0,03	2,099 0,3	3,154 0,2	1631,4 0,14	130,79 3,2	214,62 1,3
80,0	445,60 0,02	504,2 0,27	5,2070 0,03	2,116 0,3	3,134 0,3	1683,7 0,15	139,12 3,8	223,33 1,4
90,0	450,65	520,5	5,1646	2,132	3,119	1732,5	147,36	231,97

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
100,0	0,02	0,29	0,04	0,3	0,3	0,16	4,3	1,6
	455,37	537,0	5,1246	2,148	3,106	1778,4	155,53	240,56
	0,03	0,31	0,04	0,3	0,4	0,18	4,8	1,8
T= 150,0 K								
0,1	1,3055	879,5	10,1512	1,570	2,118	319,0	5,83	16,22
	0,01	0,05	0,01	0,1	0,1	0,01	1,3	1,1
0,5	6,9757	865,2	9,2531	1,630	2,335	306,7	5,84	16,68
	0,02	0,14	0,01	0,3	0,3	0,02	1,5	2,3
1,0	15,536	843,4	8,7909	1,756	2,840	287,8	5,98	17,97
	0,04	0,22	0,01	1,0	1,0	0,07	2,4	3,7
2,0	360,21	429,1	5,9945	1,920	3,981	941,4	57,29	130,64
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,11	0,8	0,6
3,0	362,49	429,6	5,9792	1,921	3,921	961,6	58,42	132,36
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,11	0,8	0,5
4,0	364,63	430,1	5,9645	1,923	3,868	980,6	59,52	134,01
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,10	0,8	0,5
5,0	366,67	430,7	5,9506	1,925	3,822	998,6	60,60	135,60
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,10	0,8	0,4
7,0	370,48	432,2	5,9243	1,930	3,742	1032,2	62,70	138,65
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,09	0,8	0,4
10,0	375,63	434,9	5,8882	1,937	3,647	1077,6	65,70	142,94
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,08	0,8	0,5
15,0	383,10	440,0	5,8349	1,949	3,531	1143,8	70,45	149,50
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,1	0,07	0,9	0,6
20,0	389,59	445,9	5,7878	1,962	3,448	1201,4	74,96	155,55
	0,02	0,16	0,02	0,2	0,2	0,07	1,0	0,8
25,0	395,35	452,3	5,7453	1,974	3,386	1252,9	79,29	161,23
	0,02	0,16	0,02	0,2	0,2	0,08	1,1	0,9
30,0	400,56	459,0	5,7064	1,986	3,336	1299,8	83,48	166,63
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,08	1,3	1,0
35,0	405,33	466,0	5,6704	1,997	3,296	1343,0	87,57	171,81
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,09	1,4	1,1
40,0	409,73	473,2	5,6368	2,008	3,263	1383,1	91,57	176,81
	0,02	0,18	0,02	0,2	0,2	0,10	1,6	1,1
45,0	413,84	480,6	5,6052	2,019	3,235	1420,7	95,49	181,68
	0,02	0,19	0,02	0,2	0,2	0,10	1,9	1,1
50,0	417,69	488,2	5,5754	2,029	3,212	1456,1	99,36	186,43
	0,02	0,20	0,02	0,2	0,2	0,11	2,1	1,1
60,0	424,75	503,6	5,5201	2,049	3,174	1521,5	106,92	195,67
	0,02	0,21	0,02	0,2	0,2	0,11	2,6	1,1
70,0	431,13	519,4	5,4695	2,067	3,145	1581,1	114,32	204,65
	0,02	0,23	0,03	0,2	0,2	0,12	3,0	1,1
80,0	436,96	535,5	5,4228	2,084	3,122	1635,9	121,58	213,44
	0,02	0,25	0,03	0,2	0,2	0,13	3,5	1,2

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
90,0	442,35	551,7	5,3793	2,101	3,105	1686,9	128,73	222,11
	0,02	0,26	0,03	0,2	0,2	0,13	3,9	1,3
100,0	447,37	568,0	5,3384	2,116	3,090	1734,7	135,80	230,70
	0,02	0,28	0,03	0,2	0,3	0,14	4,3	1,6
T= 160,0 K								
0,1	1,2208	900,6	10,2877	1,568	2,111	330,0	6,22	17,36
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	1,2	1,1
0,5	6,4398	888,2	9,4018	1,611	2,276	319,8	6,27	17,73
	0,02	0,11	0,01	0,2	0,2	0,02	1,3	1,8
1,0	13,965	870,3	8,9650	1,683	2,588	305,2	6,42	18,63
	0,03	0,15	0,01	0,4	0,3	0,03	1,6	2,8
2,0	337,78	470,7	6,2626	1,903	4,375	807,6	47,55	115,70
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,13	0,8	0,6
3,0	341,14	470,2	6,2417	1,902	4,250	835,5	48,81	117,88
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,11	0,8	0,6
4,0	344,21	470,1	6,2223	1,901	4,147	860,9	50,02	119,93
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,10	0,8	0,5
5,0	347,04	470,1	6,2043	1,902	4,062	884,3	51,17	121,86
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,09	0,8	0,5
7,0	352,16	470,5	6,1712	1,904	3,925	926,7	53,36	125,47
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,09	0,8	0,5
10,0	358,81	471,9	6,1275	1,909	3,777	981,8	56,41	130,40
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	0,8	0,5
15,0	368,05	475,7	6,0652	1,920	3,611	1059,0	61,09	137,72
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	0,9	0,7
20,0	375,79	480,6	6,0119	1,932	3,500	1124,3	65,44	144,30
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	0,9	0,8
25,0	382,50	486,3	5,9648	1,944	3,419	1181,5	69,55	150,36
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,0	0,9
30,0	388,46	492,5	5,9224	1,956	3,358	1232,9	73,48	156,06
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,2	0,08	1,2	1,0
35,0	393,84	499,0	5,8835	1,967	3,310	1279,7	77,28	161,47
	0,02	0,15	0,02	0,2	0,2	0,08	1,4	1,1
40,0	398,76	505,9	5,8476	1,978	3,271	1322,9	80,97	166,66
	0,02	0,16	0,02	0,2	0,2	0,09	1,5	1,1
45,0	403,31	513,0	5,8141	1,989	3,238	1363,1	84,57	171,67
	0,02	0,16	0,02	0,2	0,2	0,09	1,7	1,1
50,0	407,55	520,3	5,7826	1,999	3,211	1400,7	88,10	176,53
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,10	1,9	1,1
60,0	415,25	535,4	5,7247	2,019	3,168	1469,9	94,96	185,91
	0,02	0,18	0,02	0,2	0,2	0,11	2,4	1,1
70,0	422,14	550,8	5,6722	2,038	3,136	1532,5	101,62	194,94
	0,02	0,20	0,02	0,2	0,2	0,11	2,8	1,1
80,0	428,40	566,6	5,6240	2,055	3,111	1589,9	108,13	203,73

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,02	0,22	0,02	0,2	0,2	0,11	3,2	1,1
90,0	434,15	582,6	5,5792	2,072	3,091	1643,0	114,51	212,34
	0,02	0,23	0,02	0,2	0,2	0,12	3,5	1,2
100,0	439,48	598,8	5,5373	2,087	3,075	1692,7	120,79	220,82
	0,02	0,25	0,03	0,2	0,3	0,12	3,9	1,4
T= 170,0 K								
0,1	1,1467	921,7	10,4155	1,568	2,106	340,5	6,60	18,50
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	1,1	1,0
0,5	5,9914	910,7	9,5385	1,600	2,236	332,0	6,67	18,83
	0,01	0,09	0,01	0,1	0,1	0,01	1,2	1,5
1,0	12,769	895,5	9,1177	1,650	2,460	320,2	6,82	19,52
	0,02	0,12	0,01	0,3	0,2	0,02	1,3	2,1
2,0	30,533	856,2	8,5888	1,820	3,467	290,5	7,38	22,83
	0,03	0,16	0,01	0,6	0,6	0,07	2,1	2,9
3,0	314,45	515,7	6,5169	1,902	4,939	687,1	39,96	102,74
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,17	0,8	0,6
4,0	319,52	513,8	6,4876	1,894	4,673	725,1	41,44	105,50
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,13	0,8	0,6
5,0	323,91	512,6	6,4617	1,890	4,479	758,1	42,79	108,00
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,11	0,8	0,6
7,0	331,34	511,1	6,4171	1,886	4,211	814,3	45,24	112,44
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,08	0,8	0,6
10,0	340,33	510,6	6,3616	1,887	3,959	883,0	48,50	118,23
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	0,8	0,6
15,0	352,06	512,3	6,2870	1,895	3,712	974,1	53,28	126,46
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	0,8	0,7
20,0	361,40	515,9	6,2259	1,906	3,562	1048,2	57,57	133,62
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	0,9	0,9
25,0	369,26	520,7	6,1733	1,918	3,460	1111,7	61,56	140,11
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	1,0	1,0
30,0	376,11	526,2	6,1267	1,929	3,384	1167,8	65,33	146,11
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	1,1	1,0
35,0	382,20	532,2	6,0847	1,940	3,326	1218,4	68,93	151,75
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	1,2	1,1
40,0	387,70	538,7	6,0462	1,951	3,280	1264,7	72,40	157,11
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,2	0,08	1,4	1,1
45,0	392,74	545,4	6,0106	1,962	3,243	1307,5	75,77	162,25
	0,02	0,15	0,01	0,2	0,2	0,09	1,6	1,1
50,0	397,39	552,4	5,9773	1,973	3,212	1347,4	79,05	167,21
	0,02	0,15	0,01	0,2	0,2	0,09	1,8	1,1
60,0	405,78	567,0	5,9166	1,992	3,163	1420,3	85,40	176,71
	0,02	0,16	0,02	0,2	0,2	0,10	2,1	1,1
70,0	413,22	582,1	5,8620	2,011	3,127	1485,9	91,53	185,77
	0,02	0,18	0,02	0,2	0,2	0,10	2,5	1,0

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
80,0	419,93	597,7	5,8122	2,028	3,099	1545,7	97,48	194,51
	0,02	0,19	0,02	0,2	0,2	0,11	2,8	1,0
90,0	426,05	613,5	5,7662	2,045	3,078	1600,9	103,30	203,01
	0,02	0,20	0,02	0,2	0,2	0,11	3,1	1,1
100,0	431,70	629,5	5,7233	2,061	3,061	1652,3	109,00	211,34
	0,02	0,22	0,02	0,2	0,2	0,11	3,5	1,3
T= 180,0 K								
0,1	1,0813	942,7	10,5358	1,568	2,104	350,7	6,97	19,65
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	1,1	1,0
0,5	5,6083	933,0	9,6655	1,594	2,210	343,4	7,06	19,96
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	1,1	1,3
1,0	11,807	919,7	9,2559	1,631	2,380	333,7	7,19	20,53
	0,02	0,10	0,01	0,2	0,1	0,02	1,1	1,7
2,0	26,904	888,0	8,7706	1,731	2,968	311,3	7,64	22,93
	0,02	0,13	0,01	0,3	0,3	0,04	1,5	2,3
3,0	50,073	841,1	8,3568	1,957	5,011	280,3	8,61	28,66
	0,03	0,15	0,01	0,8	0,7	0,13	2,3	2,4
4,0	285,08	566,3	6,7872	1,930	6,159	552,7	32,83	90,08
	0,01	0,12	0,01	0,2	0,2	0,22	0,9	0,6
5,0	293,96	561,3	6,7398	1,904	5,412	609,5	34,78	93,74
	0,01	0,12	0,01	0,2	0,1	0,15	0,8	0,5
7,0	306,47	555,4	6,6704	1,882	4,711	691,8	37,87	99,57
	0,01	0,12	0,01	0,2	0,1	0,11	0,7	0,6
10,0	319,56	551,4	6,5949	1,873	4,226	780,8	41,56	106,51
	0,02	0,12	0,01	0,2	0,1	0,08	0,7	0,7
15,0	334,90	550,1	6,5027	1,876	3,842	889,4	46,60	115,80
	0,02	0,12	0,01	0,2	0,1	0,07	0,7	0,8
20,0	346,34	551,9	6,4316	1,884	3,637	973,5	50,94	123,60
	0,02	0,12	0,01	0,2	0,1	0,07	0,8	0,9
25,0	355,62	555,5	6,3723	1,895	3,506	1043,8	54,87	130,51
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	0,9	1,0
30,0	363,50	560,2	6,3210	1,906	3,414	1104,9	58,54	136,82
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	1,0	1,1
35,0	370,39	565,6	6,2753	1,917	3,345	1159,3	62,00	142,69
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,1	1,1
40,0	376,54	571,5	6,2340	1,928	3,291	1208,7	65,32	148,23
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	1,3	1,1
45,0	382,12	577,9	6,1961	1,939	3,248	1254,1	68,52	153,50
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,08	1,4	1,1
50,0	387,23	584,5	6,1609	1,949	3,213	1296,3	71,62	158,55
	0,02	0,15	0,01	0,2	0,2	0,08	1,6	1,1
60,0	396,36	598,6	6,0973	1,969	3,159	1372,8	77,58	168,15
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,2	0,09	1,9	1,0
70,0	404,37	613,4	6,0406	1,987	3,119	1441,2	83,30	177,23

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,2	0,10	2,2	1,0
80,0	411,54	628,6	5,9891	2,005	3,089	1503,3	88,83	185,93
	0,02	0,17	0,02	0,2	0,2	0,10	2,5	1,0
90,0	418,06	644,2	5,9418	2,021	3,066	1560,5	94,21	194,33
	0,02	0,18	0,02	0,2	0,2	0,10	2,8	1,1
100,0	424,04	660,1	5,8979	2,037	3,047	1613,5	99,47	202,50
	0,02	0,19	0,02	0,2	0,2	0,10	3,1	1,3
T= 190,0 K								
0,1	1,0230	963,8	10,6495	1,571	2,104	360,5	7,34	20,80
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,0
0,5	5,2758	955,0	9,7845	1,591	2,192	354,3	7,43	21,12
	0,01	0,06	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,2
1,0	11,007	943,2	9,3831	1,619	2,326	346,2	7,56	21,62
	0,02	0,09	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,5
2,0	24,354	916,4	8,9241	1,691	2,732	328,4	7,94	23,51
	0,02	0,11	0,01	0,2	0,2	0,03	1,2	1,9
3,0	41,946	882,3	8,5799	1,795	3,574	307,5	8,59	27,31
	0,02	0,12	0,01	0,3	0,2	0,05	1,5	2,1
4,0	70,942	829,9	8,2054	2,028	6,887	279,4	9,98	35,95
	0,03	0,13	0,01	0,5	0,3	0,12	2,0	1,9
5,0	240,69	631,1	7,1165	2,052	10,712	393,4	25,18	80,35
	0,03	0,13	0,01	0,4	0,4	0,32	1,0	0,7
7,0	273,88	607,1	6,9497	1,905	5,795	553,1	30,70	87,35
	0,01	0,11	0,01	0,2	0,2	0,12	0,7	0,6
10,0	295,43	595,6	6,8336	1,869	4,638	675,1	35,30	95,56
	0,02	0,11	0,01	0,1	0,1	0,10	0,7	0,7
15,0	316,34	589,3	6,7147	1,861	4,007	805,8	40,80	105,93
	0,02	0,11	0,01	0,1	0,1	0,06	0,7	0,8
20,0	330,53	588,7	6,6305	1,867	3,725	901,0	45,26	114,33
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,06	0,7	0,9
25,0	341,53	590,8	6,5633	1,876	3,558	978,3	49,19	121,64
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,07	0,8	1,0
30,0	350,62	594,5	6,5064	1,886	3,446	1044,4	52,79	128,24
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	0,9	1,1
35,0	358,43	599,1	6,4567	1,897	3,365	1102,7	56,16	134,32
	0,02	0,13	0,01	0,2	0,1	0,07	1,0	1,1
40,0	365,30	604,5	6,4122	1,908	3,303	1155,2	59,36	140,01
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,1	1,1
45,0	371,46	610,4	6,3719	1,918	3,255	1203,1	62,43	145,41
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,3	1,1
50,0	377,07	616,7	6,3347	1,928	3,215	1247,4	65,39	150,55
	0,02	0,15	0,01	0,2	0,1	0,08	1,4	1,1
60,0	386,98	630,2	6,2680	1,948	3,155	1327,4	71,05	160,25
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,1	0,08	1,7	1,0

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
70,0	395,59	644,5	6,2090	1,966	3,112	1398,5	76,44	169,36
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,2	0,09	1,9	1,0
80,0	403,25	659,5	6,1558	1,984	3,080	1462,8	81,64	178,02
	0,02	0,17	0,01	0,2	0,2	0,09	2,2	1,0
90,0	410,16	674,8	6,1072	2,000	3,055	1521,8	86,68	186,34
	0,02	0,18	0,02	0,2	0,2	0,09	2,4	1,1
100,0	416,48	690,5	6,0623	2,016	3,035	1576,5	91,59	194,38
	0,02	0,19	0,02	0,2	0,2	0,09	2,7	1,4
T= 200,0 K								
0,1	0,97088	984,8	10,7575	1,574	2,106	370,0	7,71	21,95
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,9	1,0
0,5	4,9837	976,8	9,8966	1,591	2,180	364,7	7,79	22,25
	0,01	0,05	0,01	0,1	0,1	0,01	0,9	1,1
1,0	10,326	966,3	9,5014	1,613	2,289	357,8	7,92	22,70
	0,01	0,08	0,01	0,1	0,1	0,01	0,9	1,3
2,0	22,392	942,9	9,0604	1,667	2,592	343,3	8,25	24,21
	0,02	0,11	0,01	0,1	0,1	0,02	1,0	1,7
3,0	37,150	915,4	8,7495	1,736	3,098	327,5	8,75	26,93
	0,02	0,12	0,01	0,2	0,2	0,03	1,1	1,8
4,0	56,723	880,7	8,4668	1,831	4,122	310,2	9,57	31,65
	0,02	0,12	0,01	0,3	0,2	0,05	1,3	1,8
5,0	87,764	830,5	8,1438	1,996	7,273	291,3	11,19	41,10
	0,04	0,13	0,01	0,3	0,3	0,09	1,4	1,6
7,0	220,96	679,0	7,3175	2,001	9,369	394,1	22,68	75,87
	0,06	0,18	0,01	0,3	0,5	0,22	0,8	0,8
10,0	266,19	645,0	7,0870	1,878	5,304	567,9	29,49	85,15
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,11	0,6	0,7
15,0	296,09	630,3	6,9253	1,852	4,211	724,7	35,71	96,64
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,09	0,6	0,8
20,0	313,91	626,5	6,8240	1,853	3,824	831,6	40,36	105,64
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,06	0,6	0,9
25,0	327,00	626,7	6,7472	1,861	3,615	915,9	44,32	113,33
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,06	0,7	1,0
30,0	337,50	629,1	6,6840	1,870	3,481	986,9	47,88	120,20
	0,02	0,12	0,01	0,1	0,1	0,07	0,8	1,0
35,0	346,33	632,9	6,6298	1,880	3,387	1048,9	51,18	126,49
	0,02	0,13	0,01	0,1	0,1	0,07	0,9	1,1
40,0	353,99	637,6	6,5820	1,891	3,316	1104,3	54,29	132,34
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,0	1,1
45,0	360,79	643,0	6,5390	1,901	3,262	1154,7	57,25	137,86
	0,02	0,14	0,01	0,2	0,1	0,07	1,1	1,1
50,0	366,92	648,9	6,4997	1,911	3,218	1201,0	60,09	143,09
	0,02	0,15	0,01	0,2	0,1	0,07	1,2	1,1
60,0	377,65	661,7	6,4298	1,930	3,153	1284,1	65,50	152,91

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,1	0,07	1,5	1,1
70,0	386,89	675,6	6,3685	1,949	3,106	1357,8	70,64	162,07
	0,02	0,17	0,01	0,2	0,1	0,08	1,7	1,0
80,0	395,05	690,2	6,3136	1,966	3,071	1424,2	75,56	170,72
	0,02	0,18	0,01	0,2	0,1	0,08	1,9	1,0
90,0	402,37	705,3	6,2636	1,983	3,045	1484,9	80,32	178,98
	0,02	0,18	0,01	0,2	0,2	0,08	2,1	1,2
100,0	409,03	720,8	6,2177	1,998	3,024	1541,0	84,95	186,92
	0,02	0,19	0,01	0,2	0,2	0,09	2,3	1,4
T= 250,0 K								
0,1	0,77425	1090,9	11,2307	1,620	2,145	413,0	9,47	27,93
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,6	1,0
0,5	3,9212	1085,5	10,3817	1,627	2,183	410,4	9,54	28,24
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	0,6	1,0
1,0	7,9721	1078,7	10,0034	1,636	2,234	407,2	9,63	28,60
	0,01	0,04	0,01	0,1	0,1	0,01	0,6	1,0
2,0	16,497	1064,6	9,6044	1,655	2,349	401,1	9,84	29,42
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,6	1,1
3,0	25,647	1049,9	9,3521	1,676	2,486	395,3	10,10	30,50
	0,01	0,10	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,2
4,0	35,506	1034,5	9,1582	1,697	2,647	390,2	10,42	31,88
	0,01	0,11	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,2
5,0	46,159	1018,4	8,9951	1,720	2,838	386,0	10,81	33,61
	0,01	0,13	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,2
7,0	70,139	984,1	8,7179	1,765	3,318	381,4	11,84	38,17
	0,02	0,14	0,01	0,1	0,1	0,02	0,6	1,2
10,0	112,43	930,6	8,3689	1,820	4,169	392,2	14,21	47,52
	0,02	0,15	0,01	0,1	0,1	0,04	0,5	1,0
15,0	180,09	861,5	7,9550	1,840	4,545	473,0	19,61	63,24
	0,03	0,14	0,01	0,1	0,1	0,07	0,4	0,8
20,0	223,23	828,6	7,7247	1,834	4,130	580,4	24,49	74,57
	0,03	0,13	0,01	0,1	0,1	0,09	0,4	0,7
25,0	250,65	813,6	7,5807	1,834	3,811	677,2	28,45	83,10
	0,03	0,13	0,01	0,1	0,1	0,08	0,5	0,8
30,0	270,18	806,9	7,4771	1,839	3,605	760,3	31,83	90,37
	0,03	0,14	0,01	0,1	0,1	0,07	0,6	0,8
35,0	285,30	804,6	7,3957	1,846	3,466	832,7	34,85	96,92
	0,03	0,14	0,01	0,1	0,1	0,06	0,6	0,9
40,0	297,64	804,9	7,3284	1,855	3,367	897,0	37,60	102,98
	0,02	0,14	0,01	0,1	0,1	0,07	0,6	1,0
45,0	308,08	806,9	7,2705	1,864	3,292	954,9	40,17	108,67
	0,02	0,15	0,01	0,1	0,1	0,07	0,6	1,0
50,0	317,15	810,2	7,2197	1,873	3,234	1007,8	42,60	114,06
	0,02	0,15	0,01	0,1	0,1	0,07	0,6	1,0

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
60,0	332,38	819,2	7,1328	1,890	3,150	1102,0	47,13	124,12
	0,02	0,16	0,01	0,1	0,1	0,07	0,7	1,0
70,0	344,96	830,5	7,0596	1,908	3,092	1184,5	51,36	133,42
	0,02	0,17	0,01	0,1	0,1	0,06	0,8	1,1
80,0	355,70	843,1	6,9961	1,924	3,051	1258,2	55,36	142,11
	0,02	0,18	0,01	0,1	0,1	0,06	0,9	1,2
90,0	365,11	856,7	6,9395	1,940	3,019	1325,2	59,19	150,31
	0,02	0,19	0,01	0,2	0,1	0,06	1,0	1,4
100,0	373,51	871,0	6,8885	1,955	2,994	1386,7	62,88	158,09
	0,02	0,20	0,01	0,2	0,1	0,06	1,1	1,8
T= 300,0 K								
0,1	0,64425	1200,2	11,6291	1,713	2,236	449,7	11,14	34,54
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
0,5	3,2432	1196,3	10,7856	1,717	2,259	448,5	11,19	34,89
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
1,0	6,5415	1191,5	10,4144	1,722	2,289	447,0	11,26	35,25
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
2,0	13,307	1181,6	10,0311	1,732	2,352	444,4	11,43	35,96
	0,01	0,04	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
3,0	20,300	1171,7	9,7964	1,742	2,420	442,2	11,62	36,72
	0,01	0,06	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
4,0	27,522	1161,7	9,6224	1,752	2,493	440,4	11,83	37,55
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
5,0	34,972	1151,5	9,4814	1,762	2,570	439,3	12,07	38,46
	0,01	0,08	0,01	0,1	0,1	0,01	0,5	1,1
7,0	50,522	1131,2	9,2558	1,781	2,737	438,9	12,65	40,62
	0,01	0,09	0,01	0,1	0,1	0,01	0,5	1,1
10,0	75,175	1101,2	8,9942	1,807	3,002	444,5	13,75	44,68
	0,01	0,11	0,01	0,1	0,1	0,02	0,5	1,0
15,0	117,21	1056,0	8,6677	1,840	3,380	473,6	16,20	53,00
	0,01	0,13	0,01	0,1	0,1	0,03	0,4	0,9
20,0	155,28	1021,8	8,4308	1,858	3,548	524,8	19,06	61,50
	0,02	0,14	0,01	0,1	0,1	0,04	0,4	0,7
25,0	186,27	999,1	8,2575	1,868	3,546	587,6	21,93	69,11
	0,02	0,14	0,01	0,1	0,1	0,05	0,4	0,7
30,0	210,76	985,1	8,1271	1,876	3,481	652,6	24,62	75,77
	0,02	0,14	0,01	0,1	0,1	0,06	0,4	0,7
35,0	230,36	977,0	8,0247	1,884	3,406	715,5	27,11	81,71
	0,02	0,15	0,01	0,1	0,1	0,06	0,5	0,8
40,0	246,46	972,9	7,9410	1,892	3,338	774,8	29,42	87,17
	0,02	0,16	0,01	0,1	0,1	0,06	0,5	0,8
45,0	260,02	971,4	7,8705	1,900	3,280	830,2	31,58	92,30
	0,02	0,17	0,01	0,2	0,1	0,07	0,6	0,9
50,0	271,69	972,0	7,8095	1,908	3,232	881,9	33,63	97,20

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,02	0,18	0,01	0,2	0,1	0,07	0,6	1,0
60,0	291,01	976,9	7,7076	1,924	3,157	976,0	37,45	106,47
	0,02	0,20	0,01	0,2	0,1	0,07	0,6	1,0
70,0	306,65	985,3	7,6241	1,940	3,103	1059,7	41,00	115,21
	0,02	0,21	0,01	0,2	0,1	0,07	0,6	1,1
80,0	319,80	995,8	7,5529	1,955	3,064	1135,1	44,34	123,53
	0,02	0,23	0,01	0,2	0,1	0,07	0,7	1,2
90,0	331,15	1007,9	7,4906	1,970	3,033	1204,0	47,53	131,47
	0,02	0,24	0,01	0,2	0,1	0,07	0,7	1,5
100,0	341,16	1021,0	7,4351	1,984	3,010	1267,5	50,61	139,08
	0,02	0,25	0,01	0,2	0,2	0,07	0,8	1,8

T= 350,0 K

0,1	0,55179	1315,2	11,9834	1,848	2,370	481,8	12,71	41,96
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
0,5	2,7690	1312,3	11,1428	1,851	2,386	481,3	12,75	42,33
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
1,0	5,5628	1308,6	10,7754	1,854	2,405	480,8	12,82	42,71
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
2,0	11,223	1301,3	10,3999	1,860	2,446	480,0	12,95	43,41
	0,01	0,04	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,1
3,0	16,977	1294,0	10,1735	1,866	2,488	479,5	13,10	44,07
	0,01	0,05	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
4,0	22,819	1286,8	10,0081	1,872	2,531	479,3	13,27	44,73
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
5,0	28,743	1279,6	9,8762	1,878	2,575	479,6	13,45	45,40
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
7,0	40,802	1265,4	9,6695	1,889	2,665	481,3	13,87	46,82
	0,01	0,09	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
10,0	59,261	1244,8	9,4374	1,905	2,802	487,3	14,61	49,25
	0,01	0,10	0,01	0,1	0,1	0,02	0,5	1,1
15,0	90,095	1213,7	9,1544	1,926	3,009	507,1	16,15	54,20
	0,01	0,11	0,01	0,1	0,1	0,03	0,5	1,1
20,0	119,41	1187,9	8,9436	1,943	3,160	538,6	17,95	59,88
	0,01	0,12	0,01	0,1	0,1	0,04	0,4	0,9
25,0	145,84	1168,0	8,7791	1,956	3,244	578,8	19,88	65,62
	0,01	0,13	0,01	0,1	0,1	0,05	0,4	0,9
30,0	168,88	1153,7	8,6475	1,967	3,277	624,3	21,83	71,08
	0,02	0,15	0,01	0,1	0,1	0,06	0,4	0,8
35,0	188,71	1144,0	8,5398	1,976	3,278	671,9	23,73	76,15
	0,02	0,16	0,01	0,2	0,1	0,07	0,5	0,8
40,0	205,79	1137,9	8,4498	1,985	3,263	719,8	25,56	80,87
	0,02	0,18	0,01	0,2	0,1	0,08	0,5	0,9
45,0	220,60	1134,5	8,3731	1,993	3,241	766,7	27,31	85,31
	0,02	0,20	0,01	0,2	0,1	0,08	0,6	1,0

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
50,0	233,59	1133,2	8,3066	2,001	3,218	812,2	28,98	89,54
	0,02	0,21	0,01	0,2	0,1	0,08	0,7	1,0
60,0	255,39	1135,1	8,1954	2,016	3,174	897,9	32,15	97,61
	0,02	0,25	0,01	0,2	0,1	0,08	0,8	1,2
70,0	273,15	1141,2	8,1047	2,031	3,137	976,7	35,11	105,31
	0,02	0,29	0,01	0,2	0,1	0,07	0,9	1,3
80,0	288,09	1150,0	8,0281	2,045	3,107	1049,3	37,91	112,77
	0,02	0,33	0,01	0,2	0,1	0,08	1,0	1,4
90,0	300,96	1160,7	7,9616	2,058	3,083	1116,4	40,59	120,04
	0,02	0,36	0,01	0,3	0,1	0,08	1,0	1,6
100,0	312,26	1172,7	7,9027	2,071	3,064	1178,9	43,18	127,12
	0,02	0,38	0,01	0,3	0,1	0,08	1,1	2,0

T= 400,0 K

0,1	0,48260	1437,7	12,3103	2,013	2,534	510,6	14,19	50,19
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
0,5	2,4174	1435,4	11,4714	2,015	2,545	510,5	14,23	50,56
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
1,0	4,8457	1432,6	11,1063	2,017	2,559	510,6	14,28	50,95
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
2,0	9,7326	1427,0	10,7354	2,021	2,587	510,8	14,40	51,65
	0,01	0,05	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,1
3,0	14,657	1421,5	10,5136	2,025	2,616	511,3	14,53	52,29
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,1
4,0	19,613	1416,0	10,3529	2,029	2,645	512,1	14,67	52,89
	0,01	0,08	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,2
5,0	24,598	1410,6	10,2258	2,033	2,674	513,1	14,82	53,46
	0,01	0,10	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,2
7,0	34,628	1400,0	10,0289	2,040	2,732	516,0	15,15	54,58
	0,01	0,12	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,2
10,0	49,736	1384,8	9,8112	2,051	2,818	522,6	15,72	56,32
	0,01	0,15	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,2
15,0	74,650	1361,9	9,5504	2,066	2,950	539,5	16,84	59,65
	0,01	0,17	0,01	0,1	0,1	0,03	0,4	1,2
20,0	98,543	1342,5	9,3567	2,079	3,057	563,5	18,13	63,57
	0,02	0,18	0,01	0,1	0,1	0,04	0,4	1,2
25,0	120,79	1326,8	9,2033	2,091	3,135	593,4	19,53	67,82
	0,02	0,19	0,01	0,1	0,1	0,06	0,4	1,1
30,0	141,08	1314,8	9,0776	2,100	3,185	627,4	20,98	72,14
	0,02	0,21	0,01	0,2	0,1	0,07	0,4	1,0
35,0	159,33	1305,9	8,9723	2,109	3,214	664,2	22,43	76,35
	0,02	0,22	0,01	0,2	0,1	0,08	0,5	1,0
40,0	175,67	1299,8	8,8825	2,118	3,227	702,3	23,86	80,37
	0,03	0,24	0,01	0,2	0,1	0,09	0,6	1,1
45,0	190,30	1296,1	8,8047	2,126	3,230	740,9	25,26	84,22

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,03	0,26	0,01	0,2	0,1	0,10	0,7	1,1
50,0	203,43	1294,1	8,7365	2,133	3,227	779,4	26,63	87,89
	0,03	0,28	0,01	0,2	0,1	0,10	0,7	1,2
60,0	226,01	1294,7	8,6214	2,147	3,213	854,4	29,24	94,88
	0,03	0,33	0,01	0,2	0,1	0,10	0,9	1,4
70,0	244,81	1299,4	8,5271	2,161	3,195	925,7	31,71	101,57
	0,03	0,38	0,01	0,2	0,1	0,09	1,0	1,6
80,0	260,79	1307,0	8,4473	2,174	3,178	992,9	34,07	108,08
	0,03	0,43	0,02	0,3	0,1	0,09	1,2	1,7
90,0	274,65	1316,7	8,3782	2,186	3,162	1056,2	36,33	114,50
	0,03	0,48	0,02	0,3	0,1	0,09	1,3	1,9
100,0	286,86	1327,9	8,3171	2,198	3,149	1115,8	38,51	120,85
	0,03	0,53	0,02	0,3	0,1	0,09	1,4	2,2

T= 450,0 K

0,1	0,42886	1568,8	12,6190	2,194	2,714	537,0	15,59	59,11
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
0,5	2,1459	1567,1	11,7813	2,195	2,722	537,3	15,63	59,48
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
1,0	4,2957	1564,8	11,4176	2,197	2,733	537,7	15,68	59,88
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,0
2,0	8,6051	1560,5	11,0496	2,200	2,754	538,6	15,78	60,58
	0,01	0,06	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,1
3,0	12,925	1556,1	10,8307	2,202	2,775	539,8	15,90	61,20
	0,01	0,08	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,1
4,0	17,253	1551,9	10,6729	2,205	2,796	541,1	16,02	61,78
	0,01	0,10	0,01	0,1	0,1	0,01	0,3	1,2
5,0	21,585	1547,7	10,5487	2,208	2,817	542,6	16,14	62,31
	0,01	0,12	0,01	0,1	0,1	0,02	0,3	1,2
7,0	30,247	1539,6	10,3576	2,213	2,858	546,3	16,42	63,30
	0,01	0,16	0,01	0,1	0,1	0,02	0,3	1,3
10,0	43,185	1528,0	10,1484	2,221	2,918	553,3	16,88	64,71
	0,01	0,20	0,01	0,1	0,1	0,03	0,4	1,3
15,0	64,364	1510,6	9,9006	2,232	3,011	569,0	17,76	67,18
	0,02	0,25	0,01	0,1	0,1	0,04	0,4	1,3
20,0	84,715	1495,8	9,7178	2,243	3,089	589,5	18,76	70,02
	0,02	0,28	0,01	0,1	0,1	0,05	0,4	1,3
25,0	103,92	1483,6	9,5727	2,252	3,152	614,0	19,84	73,21
	0,02	0,30	0,01	0,1	0,1	0,06	0,4	1,3
30,0	121,80	1474,0	9,4527	2,260	3,198	641,6	20,96	76,61
	0,03	0,32	0,01	0,2	0,1	0,07	0,5	1,3
35,0	138,29	1466,8	9,3512	2,268	3,231	671,6	22,11	80,06
	0,03	0,34	0,01	0,2	0,1	0,09	0,5	1,3
40,0	153,41	1461,6	9,2635	2,276	3,254	703,0	23,25	83,47
	0,04	0,36	0,01	0,2	0,1	0,10	0,6	1,3

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
45,0	167,25	1458,3	9,1869	2,283	3,268	735,3	24,39	86,79
	0,04	0,37	0,01	0,2	0,1	0,11	0,7	1,3
50,0	179,92	1456,6	9,1190	2,290	3,276	768,0	25,51	90,01
	0,04	0,40	0,01	0,2	0,1	0,11	0,8	1,4
60,0	202,23	1456,9	9,0035	2,303	3,280	833,3	27,67	96,16
	0,05	0,44	0,01	0,2	0,1	0,12	1,0	1,6
70,0	221,23	1461,1	8,9079	2,315	3,277	896,9	29,75	102,03
	0,05	0,49	0,02	0,2	0,1	0,12	1,1	1,8
80,0	237,63	1468,1	8,8267	2,327	3,270	958,2	31,75	107,75
	0,05	0,55	0,02	0,3	0,1	0,11	1,3	2,0
90,0	251,99	1477,2	8,7562	2,339	3,262	1016,9	33,67	113,38
	0,05	0,61	0,02	0,3	0,1	0,11	1,4	2,2
100,0	264,73	1487,9	8,6940	2,350	3,255	1072,8	35,54	118,99
	0,04	0,67	0,02	0,3	0,1	0,11	1,5	2,5

T= 500,0 K

0,1	0,38591	1709,2	12,9146	2,381	2,901	561,8	16,92	68,60
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,0
0,5	1,9297	1707,8	12,0777	2,382	2,908	562,3	16,95	68,96
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,0
1,0	3,8595	1706,0	11,7150	2,383	2,916	563,0	17,00	69,36
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,0
2,0	7,7187	1702,6	11,3488	2,385	2,932	564,4	17,09	70,05
	0,01	0,06	0,01	0,1	0,1	0,01	0,4	1,1
3,0	11,575	1699,2	11,1319	2,388	2,948	565,9	17,19	70,67
	0,01	0,09	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,1
4,0	15,428	1695,8	10,9761	2,390	2,964	567,6	17,30	71,23
	0,01	0,12	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,2
5,0	19,273	1692,6	10,8538	2,392	2,979	569,5	17,41	71,75
	0,01	0,14	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,3
7,0	26,934	1686,2	10,6664	2,396	3,010	573,6	17,65	72,67
	0,01	0,19	0,01	0,1	0,1	0,02	0,4	1,3
10,0	38,322	1677,3	10,4628	2,401	3,055	581,0	18,03	73,91
	0,02	0,25	0,01	0,1	0,1	0,03	0,4	1,4
15,0	56,884	1663,9	10,2234	2,410	3,124	596,1	18,76	75,91
	0,02	0,33	0,01	0,1	0,1	0,04	0,4	1,4
20,0	74,731	1652,5	10,0478	2,418	3,184	614,6	19,57	78,09
	0,03	0,38	0,01	0,1	0,1	0,05	0,5	1,4
25,0	91,693	1643,1	9,9086	2,426	3,234	636,0	20,44	80,54
	0,03	0,42	0,01	0,1	0,1	0,06	0,5	1,4
30,0	107,66	1635,6	9,7932	2,433	3,274	659,8	21,35	83,22
	0,03	0,45	0,01	0,2	0,1	0,08	0,5	1,4
35,0	122,60	1630,0	9,6951	2,440	3,305	685,4	22,28	86,04
	0,04	0,47	0,01	0,2	0,1	0,09	0,6	1,4
40,0	136,51	1626,0	9,6099	2,446	3,329	712,3	23,21	88,91

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,04	0,49	0,01	0,2	0,1	0,11	0,7	1,5
45,0	149,43	1623,5	9,5349	2,453	3,346	740,2	24,15	91,78
	0,05	0,52	0,01	0,2	0,1	0,12	0,8	1,5
50,0	161,43	1622,3	9,4682	2,459	3,359	768,6	25,08	94,60
	0,05	0,54	0,02	0,2	0,1	0,13	0,9	1,6
60,0	182,95	1623,1	9,3537	2,471	3,373	825,9	26,90	100,07
	0,06	0,59	0,02	0,2	0,1	0,14	1,0	1,8
70,0	201,65	1627,4	9,2583	2,482	3,379	882,9	28,67	105,31
	0,07	0,64	0,02	0,2	0,1	0,14	1,2	2,0
80,0	218,04	1634,3	9,1768	2,493	3,379	938,6	30,37	110,39
	0,07	0,69	0,02	0,3	0,1	0,14	1,3	2,2
90,0	232,55	1643,2	9,1058	2,503	3,378	992,7	32,02	115,39
	0,07	0,75	0,02	0,3	0,1	0,13	1,5	2,4
100,0	245,53	1653,6	9,0430	2,513	3,375	1044,8	33,63	120,36
	0,07	0,82	0,03	0,3	0,1	0,13	1,6	2,7
T= 600,0 K								
0,1	0,32153	2018,0	13,4766	2,754	3,273	608,0	19,39	88,77
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,0
0,5	1,6066	2017,1	12,6407	2,755	3,278	608,8	19,42	89,12
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,0
1,0	3,2104	2016,0	12,2791	2,755	3,283	609,7	19,46	89,50
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,0
2,0	6,4093	2013,9	11,9154	2,757	3,293	611,7	19,54	90,18
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,01	0,7	1,1
3,0	9,5958	2011,7	11,7008	2,758	3,303	613,7	19,62	90,79
	0,01	0,10	0,01	0,1	0,1	0,02	0,7	1,1
4,0	12,769	2009,7	11,5473	2,759	3,313	615,9	19,71	91,33
	0,02	0,13	0,01	0,1	0,1	0,02	0,7	1,2
5,0	15,927	2007,6	11,4273	2,760	3,323	618,1	19,79	91,83
	0,02	0,16	0,01	0,1	0,1	0,03	0,7	1,2
7,0	22,198	2003,8	11,2444	2,763	3,343	622,9	19,98	92,70
	0,02	0,22	0,01	0,1	0,1	0,03	0,7	1,3
10,0	31,474	1998,3	11,0473	2,766	3,371	630,6	20,27	93,80
	0,03	0,31	0,01	0,1	0,1	0,04	0,7	1,4
15,0	46,538	1990,4	10,8179	2,772	3,414	645,2	20,80	95,35
	0,03	0,43	0,01	0,1	0,1	0,05	0,7	1,5
20,0	61,038	1983,8	10,6512	2,777	3,452	661,7	21,38	96,84
	0,04	0,53	0,01	0,1	0,1	0,06	0,7	1,5
25,0	74,916	1978,5	10,5194	2,782	3,486	679,8	21,99	98,44
	0,04	0,61	0,01	0,1	0,1	0,07	0,7	1,6
30,0	88,140	1974,4	10,4103	2,787	3,515	699,3	22,63	100,19
	0,05	0,67	0,02	0,1	0,1	0,08	0,8	1,6
35,0	100,70	1971,6	10,3172	2,792	3,539	720,0	23,29	102,10
	0,05	0,72	0,02	0,1	0,1	0,10	0,8	1,6

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофазной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
40,0	112,59	1969,8	10,2361	2,797	3,559	741,6	23,95	104,14
	0,06	0,77	0,02	0,2	0,1	0,11	0,9	1,7
45,0	123,84	1969,0	10,1643	2,802	3,576	763,9	24,63	106,25
	0,06	0,80	0,02	0,2	0,1	0,13	0,9	1,7
50,0	134,47	1969,2	10,1000	2,807	3,589	786,7	25,30	108,41
	0,07	0,84	0,02	0,2	0,1	0,14	1,0	1,8
60,0	154,01	1971,8	9,9888	2,816	3,609	833,2	26,63	112,75
	0,08	0,91	0,02	0,2	0,1	0,16	1,1	1,9
70,0	171,49	1977,1	9,8952	2,825	3,622	880,2	27,95	117,03
	0,09	0,97	0,02	0,2	0,1	0,18	1,2	2,1
80,0	187,20	1984,5	9,8146	2,834	3,630	927,0	29,23	121,21
	0,10	1,03	0,03	0,2	0,1	0,18	1,4	2,3
90,0	201,39	1993,6	9,7441	2,842	3,635	973,2	30,49	125,32
	0,11	1,10	0,03	0,3	0,1	0,18	1,5	2,5
100,0	214,28	2004,1	9,6814	2,851	3,638	1018,4	31,71	129,37
	0,11	1,17	0,03	0,3	0,1	0,18	1,6	2,8

T= 700,0 K

0,1	0,27557	2363,3	14,0082	3,109	3,628	650,8	21,67	109,99
	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,0
0,5	1,3765	2362,7	13,1727	3,110	3,631	651,7	21,70	110,32
	0,01	0,02	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,0
1,0	2,7495	2362,1	12,8119	3,110	3,635	652,8	21,73	110,68
	0,01	0,03	0,01	0,1	0,1	0,01	1,0	1,0
2,0	5,4851	2360,8	12,4494	3,111	3,642	655,1	21,80	111,33
	0,01	0,07	0,01	0,1	0,1	0,02	1,0	1,0
3,0	8,2061	2359,5	12,2362	3,111	3,649	657,4	21,86	111,92
	0,02	0,10	0,01	0,1	0,1	0,02	1,0	1,1
4,0	10,912	2358,2	12,0839	3,112	3,656	659,8	21,93	112,45
	0,02	0,13	0,01	0,1	0,1	0,03	1,0	1,1
5,0	13,603	2357,0	11,9652	3,113	3,663	662,2	22,01	112,94
	0,03	0,17	0,01	0,1	0,1	0,03	1,0	1,2
7,0	18,938	2354,8	11,7848	3,114	3,676	667,2	22,15	113,79
	0,03	0,23	0,01	0,1	0,1	0,04	1,0	1,2
10,0	26,816	2351,7	11,5913	3,117	3,695	675,2	22,38	114,84
	0,04	0,33	0,01	0,1	0,1	0,05	1,0	1,4
15,0	39,597	2347,3	11,3675	3,120	3,725	689,5	22,80	116,23
	0,04	0,49	0,01	0,1	0,1	0,06	1,0	1,5
20,0	51,918	2343,9	11,2057	3,124	3,752	704,9	23,24	117,43
	0,05	0,62	0,01	0,1	0,1	0,07	1,0	1,5
25,0	63,760	2341,4	11,0783	3,128	3,776	721,4	23,70	118,61
	0,06	0,74	0,02	0,1	0,1	0,08	1,0	1,6
30,0	75,114	2339,9	10,9731	3,131	3,797	738,7	24,19	119,86
	0,06	0,84	0,02	0,1	0,1	0,09	1,0	1,6
35,0	85,982	2339,1	10,8832	3,135	3,815	756,7	24,68	121,22

Таблица 9. Стандартные значения теплофизических свойств метана в однофаз-
ной области - продолжение

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	η	λ
	$\delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\eta$	$\delta\lambda$
	0,07	0,92	0,02	0,1	0,1	0,10	1,0	1,7
40,0	96,370	2339,2	10,8049	3,139	3,831	775,4	25,18	122,69
	0,07	0,99	0,02	0,1	0,1	0,12	1,1	1,7
45,0	106,29	2339,9	10,7354	3,142	3,845	794,5	25,69	124,25
	0,08	1,05	0,02	0,2	0,1	0,13	1,1	1,7
50,0	115,76	2341,3	10,6731	3,146	3,857	814,1	26,20	125,90
	0,09	1,11	0,02	0,2	0,1	0,15	1,1	1,8
60,0	133,43	2346,0	10,5650	3,153	3,876	853,9	27,22	129,33
	0,10	1,21	0,03	0,2	0,1	0,18	1,2	1,9
70,0	149,54	2352,6	10,4735	3,160	3,890	894,3	28,24	132,85
	0,11	1,30	0,03	0,2	0,1	0,20	1,3	2,1
80,0	164,27	2361,0	10,3944	3,167	3,900	934,9	29,24	136,37
	0,13	1,38	0,03	0,2	0,1	0,21	1,4	2,3
90,0	177,77	2370,7	10,3248	3,174	3,908	975,2	30,22	139,85
	0,14	1,46	0,03	0,2	0,1	0,23	1,5	2,5
100,0	190,20	2381,7	10,2628	3,181	3,913	1015,1	31,19	143,30
	0,15	1,54	0,04	0,3	0,1	0,23	1,6	2,7

ХАРАКТЕРИСТИКА УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МЕТАНА

Для описания термодинамических свойств метана в широкой области фазовых состояний (газ, жидкость и граница сосуществования газовой и жидкой фаз - кривая насыщения) в настоящих Таблицах использовано фундаментальное уравнение состояния (ФУС) из Таблиц ССД ГСССД 195-01 [1], полученное авторами работы [2]. Это же ФУС в настоящее время используется в Национальном Институте Стандартов (NIST) США.

Проведенная нами проверка уравнения состояния на новых высокоточных экспериментальных данных [3], не использованных при построении этого уравнения, в целом подтверждает оценки неопределенностей расчетных значений термодинамических свойств, приведенные в Таблицах 8 и 9.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ УРАВНЕНИЙ
ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ И
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТАНА
И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

При построении новых уравнений для коэффициентов динамической вязкости и теплопроводности метана с учетом современных экспериментальных данных использованы те же методы, что и в Таблицах [1], хорошо зарекомендовавшие себя для получения стандартных справочных данных (ССД) по коэффициентам переноса. Значения коэффициентов переноса рассчитываются по единым для газовой и жидкой фаз уравнениям в виде суммы вкладов, отображающих, соответственно, составляющие для разреженного газа, избыточной вязкости и теплопроводности и дополнительного вклада, отражающего аномальное поведение теплопроводности в околоскритической области.

В настоящих Таблицах уравнение вязкости метана (24) определено в виде суммы двух составляющих, отображающих, соответственно, вязкость в состоянии

разреженного газа $\eta_0(\tau)$ (25) и избыточную по отношению к η_0 составляющую $\Delta\eta(\tau, \omega)$ (26); при описании теплопроводности к двум аналогичным составляющим $\lambda_0(\tau)$ (28) и $\Delta\lambda(\tau, \omega)$ (29) в уравнении (27) добавлен дополнительный член, отображающий в соответствии с упрощенной масштабной теорией неаналитическую (аномальную) составляющую теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}(\tau, \omega)$ (30).

Уравнение вязкости метана в состоянии разреженного газа (25) получено в результате статистической обработки экспериментальных данных работ [4 - 8] с использованием уравнения Чепмена-Энскога для η_0 и приведенного эмпирического интеграла столкновений. Уравнение теплопроводности метана в состоянии разреженного газа получено в результате аппроксимации расчетных данных из работы [9]. Расширенные неопределенности расчетных значений η_0 составляют 0,3 – 1,6 % в зависимости от температуры. Расширенные неопределенности расчетных значений λ_0 составляют 1,0 %. Расширенные неопределенности расчетных значений η_0 и λ_0 учтены при получении уравнений для $\Delta\eta$ и $\Delta\lambda$, а также при оценке неопределенностей расчетных значений коэффициентов переноса в Таблицах 8 и 9.

Избыточная составляющая вязкости определена в виде (26). Структура уравнения (26) и значения коэффициентов $\{c_i\}$ найдены методом восстановления зависимостей по опытным данным. В процессе получения уравнения также вычислялась реалистическая матрица ошибок, учитывающая случайные и возможные систематические погрешности в данных.

Избыточная составляющая теплопроводности (29) определена совместно с околоскритической составляющей (30). Такая операция оказывается возможной благодаря применению выражения упрощенной масштабной теории, когда неизвестный параметр входит линейно в уравнение (30). Структура уравнения (29) и значения коэффициентов $\{d_i\}$, а также матрица ошибок, учитывающая как случайные, так и возможные систематические погрешности в данных найдены методом восстановления зависимостей по опытным данным.

Основные экспериментальные работы, данные которых были использованы при построении и аттестации уравнений (24) и (27) для коэффициентов, соответ-

ственно, динамической вязкости и теплопроводности метана, перечислены в таблицах П.1 и П.2.

Таблица П.1. Экспериментальные данные о коэффициенте динамической вязкости метана

Год	Ис-точ-ник	Фаза	Диапазон температур, К	Диапазон давлений, МПа	Число экс-перимен-тальных данных	Погреш-ность данных, %	Метод изме-рения
1954	[10]	ф	258 – 523	0,1 – 81	170 (169)	2,0 (1,67)	К
1966	[11]	ф	283 – 411	0,1 – 55	100 (100)	1,0 (1,07)	К
1970	[12]	ж	97 – 187	0,04 – 10	56 (28)	2,0 (1,60)	КД
1975	[13]	ф	288 – 418	0,1 – 458	66 (21)	2,0 (1,44)	К
1976	[14]	ж, ф	100 – 300	1,3 – 340	261 (193)	3,0 (2,27)	ПГ
1976	[15]	г, ф	173 – 273	0,4 – 50	36 (33)	2,0 (1,57)	К
1980	[16]	ж, ф	100 – 300	0,6 – 33	116 (114)	1,0 (1,06)	П
1986	[17]	г-ж	91 – 185	–	40 (40)	2,0 (0,91)	Р
1992	[18]	ф	273	1,1 – 953	125 (56)	2,0 (1,21)	КН
2002	[19]	ф	233 - 523	0,13 – 30	61 (61)	1,00 (0,88)	МП
2004	[20]	ф	260 - 360	0,2 – 29	340 (340)	0,30 (0,13)	КН
2007	[7]	ф	211 - 392	0,1	13 (13)	0,10 (0,09)	К
2011	[8]	ф	292 - 682	0,1	33 (33)	0,20 (0,10)	КД

Примечания.

1. В этой таблице и далее, в таблице П.2, приняты следующие сокращения: г – газ; ж – жидкость; ф – флюид; г-ж – кривая насыщения (газ-жидкость).
2. Для обозначения методов измерения использованы следующие сокращения: К – капилляр; КД – колеблющийся диск; ПГ – падающий груз; П – пьезокристалл; КН – колеблющаяся нить; МП – магнитная подвеска; Р – расчет.
3. В скобках указаны количество экспериментальных данных, использованных для построения уравнения (24), и среднее квадратическое отклонение, характеризующее качество описания данных уравнением (24).

Таблица П.2. Экспериментальные данные о коэффициенте теплопроводности метана

Год	Источник	Фаза	Диапазон температур, К	Диапазон давлений, МПа	Число экспериментальных данных	Погрешность данных, %	Метод измерения
1963	[21]	ж, ф	99 – 235	0,2 – 51	45 (42)	3,0 (1,73)	КЦ
1969	[22]	ф	335 – 435	0,1 – 70	52 (41)	3,0 (2,16)	КЦ
1972	[23]	ф	298 – 725	0,1 – 110	108 (108)	2,5 (1,06)	КЦ
1979	[24]	ф	300	1,6 – 35	33 (26)	0,5 (0,54)	НН (Н)
1979	[25]	ф	298 – 348	0,1 – 9	30 (30)	2,0 (0,82)	КЦ
1983	[26]	ф	298 – 323	0,1 – 20	25 (24)	3,0 (2,21)	КЦ
1984	[27]	ж, ф	120 – 400	2 – 70	188 (177)	1,0 (0,97)	НН (Н)
1985	[28]	г, ж, ф	111 – 310	0,3 – 70	225 (223)	1,6 (1,07)	НН (Н)
1987	[29]	ж; г-ж	110 – 180	0,2 – 9	38 (37) 4 (4)	0,5 (0,51) 1,0 (0,47)	НН (Н)
1988	[30]	ф	309 – 426	0,7 – 10	88 (87)	1,0 (0,90)	НН (Н)
1996	[31]	ф	191 – 308	0,1 – 35	67 (42)	1 – 4 (1,89)	ПП
2002	[32]	ф	289 – 360	0,3 – 16	126 (126)	0,7 (0,57)	НН (Н)

Примечания.

1. Для обозначения методов измерения использованы следующие сокращения: КЦ – коаксиальные цилиндры; НН (Н) – нагретая нить (нестационарный); ПП – параллельные пластины.
2. В скобках указаны количество экспериментальных данных, использованных для построения уравнения (27), и среднее квадратическое отклонение, характеризующее качество описания данных уравнением (27).

АНАЛИЗ ДАННЫХ И КАЧЕСТВА ПОЛУЧЕННЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА

После предварительного анализа в обработку при построении уравнений для коэффициентов переноса метана были включены наиболее надежные экспериментальные данные по вязкости (при давлениях не более 100 Мпа) и теплопроводности. Для всех значений η и λ , включенных в обработку, значения ω при экспериментальных T и p рассчитаны по ФУС (1).

Анализ полученных уравнений для вязкости и теплопроводности показал, что как сами уравнения, так и их коэффициенты существенно значимы, они с достаточной точностью отображают используемые при их получении данные по вязкости и теплопроводности. Средняя квадратическая погрешность описания данных каждого экспериментального исследования, как правило, не превосходит оцененной погрешности, а суммарная средняя квадратическая погрешность по всему массиву данных составляет, соответственно, для вязкости 1,32 % (при максимальной погрешности 6,1 %) и 1,16 % для теплопроводности (при максимальной погрешности 5,6 %).

Статистический анализ уравнений вязкости и теплопроводности доказывает, что распределение взвешенных остатков подчиняется нормальному закону распределения, модели адекватны опытным данным, хотя и обнаружена корреляция остатков, что объясняется тем, что многие из исходных экспериментальных данных имеют систематические погрешности.

Методом математического эксперимента определены ковариационные матрицы, характеризующие влияние систематических погрешностей в данных, с учетом которой вычислена полная матрица ошибок.

Список литературы

1. Козлов А.Д. и др. Метан жидкий и газообразный. Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах 91...700 К и давлениях 0,1...100 МПа// Таблицы ССД. ГСССД 195-01. М: Стандартиформ, 2008, 31 с.
2. Setzmann U. and Wagner W. New equation of state and tables of thermodynamic properties for methane covering the range from the melting line to 625 K at pressures up to 1000 MPa. – J. Phys. Chem. Ref. Data, 1991, v.20, No.6, p.1061.
3. Cristancho D. E. et al. Accurate $P\rho T$ Data for Methane from (300 to 450) K up to 180 MPa. – J. Chem. Eng. Data 2010, vol. 55, pp. 826-829.
4. Clarke A. G. and Smith E. B. Low – Temperature Viscosities and Intermolecular Forces of Simple Gases. – J. Chem. Physics, 1969, vol. 51, No. 9, pp. 4156-4161.
5. Dawe R. A. et al. High – Temperature Viscosities and Intermolecular Forces of Quasi-spherical Molecules. – Trans. Faraday Soc., 1970, vol. 66, pp. 1955-1965.
6. Maitland G. C. and Smith E. B. Viscosities of Binary Gas Mixtures at High Temperatures. – J. Chem. Soc. Faraday Trans. I, 1974, vol. 70, pp.1191-1199.
7. May E. F., Berg R.F., and Moldover M.R. Reference Viscosities of H₂, CH₄, Ar, and Xe at Low Densities. – International Journal of Thermophysics, 2007, Vol. 28, No. 4, pp. 1085-1110.
8. Vogel E. Reference Viscosities of Gaseous Methane and Hydrogen Sulfide at Low Density in the Temperature Range from 292 to 682 K. – J. Chem. Eng. Data, 2011, Vol. 56, pp. 3265-3272.
9. Hellmann R. et al. Calculation of the transport and relaxation properties of methane. II. Thermal conductivity, thermomagnetic effects, volume viscosity and nuclear-spin relaxation. - J. Chem. Physics, 2009, vol. 130, pp. 124309-1 – 124309-11.
10. Мещеряков Н.В., Голубев И.Ф. Вязкость углеводородных газов при высоких давлениях. – Труды ГИАП, 1954, вып.4, с.22.

11. Giddings J.G., Kao J.T.F., and Kobayashi R. Development of a high-pressure capillary-tube viscometer and its application to methane, propane, and their mixtures in the gaseous and liquid regions. – J. of Chemical Physics, 1966, v.45, No.2, p.578.
12. Hellemans J., Zink H. and Van Paemel O. The viscosity of liquid argon and liquid methane along isotherms as a function of pressure. – Physica 46, 1970, p.395.
13. Голубев И.Ф., Назаренко В.А. Измерение вязкости газов и жидкостей при давлениях до 5000 кгс/см² и различных температурах. – Труды ГИАП, 1975, вып.35, с.18.
14. Руденко Н.С., Слюсарь В.П. Вязкость криогенных веществ под давлением. – Харьков: Издательство ХФТИ, 1976.
15. Chuang S., Chapple P.S., and Kobayashi R. Viscosity of methane, hydrogen, and four mixtures of methane and hydrogen from -100 °C to 0 °C at high pressures. – J. of Chem. and Eng. Data, 1976, v.21, No.4, p.403.
16. Diller D.E. Measurements of the viscosity of compressed gaseous and liquid methane. – Physica 104A, 1980, p.417.
17. Козлов А.Д. и др. Метан. Коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах 91...1000 К и давлениях от соответствующих разреженному газу до 100 МПа// Таблицы ССД. ГСССД 94-86. М: Издательство стандартов, 1986, 16 с.
18. Van der Gulik P.S., Mostert R. and Van den Berg H.R. The viscosity of methane at 273 K up to 1 GPa. – Fluid Phase Equilibria, 1992, v.79, p.301.
19. Evers C., Losch H.W., and Wagner W. An Absolute Viscometer-Densimeter and Measurements of the Viscosity of Nitrogen, Methane, Helium, Neon, Argon, and Krypton over Wide Range of Density and Temperature. – International Journal of Thermophysics, 2002, Vol. 23, No. 6, pp. 1411-1439.
20. Schley P., Jaeschke M., Kuchenmeister C., and Vogel E. Viscosity Measurements and Predictions for Natural Gas. – International Journal of Thermophysics, 2004, Vol. 25, No. 6, pp. 1623-1652.

21. Ikenberry L. D. and Rice S. A. On the Kinetic Theory of Dense Fluids. XIV. Experimental and Theoretical Studies of Thermal Conductivity in Liquid Ar, Kr, Xe and CH₄. – The Journal of Chemical Physics, 1963, Vol. 39, No. 6, pp. 1561-1571.
22. Rosenbaum B.M. and Thodos G. Thermal conductivity of mixtures in the dense gaseous state: the methane-carbon dioxide system. – J. of Chem. Phys., 1969, v.51, No.4, p.1361.
23. Le Neindre B. Contribution a l'etude experimentale de la conductivite thermique de quelques fluides a haute temperature et a haute pression. – Int. J. Heat Mass Transfer., 1972, v.15, p.1.
24. Clifford A.A., Kestin J. and Wakeham W.A. Thermal conductivity of N₂, CH₄ and CO₂ at room temperature and at pressures up to 35 MPa. – Physica 97A, 1979, No.2, p.287.
25. Tanaka Y. et al. Thermal conductivity of gaseous methane and sulfur hexafluoride under pressure. – J. Chem. Eng. Japan, 1979, v.12, No.3, p.171.
26. Yorzane M. et al. Thermal conductivity of pure gases at high pressures by use of a coaxial cylindrical cell. – Ind. Eng. Chem. Fundam., 1983, v.22, p.454.
27. Prasad R.C., Mani N., Venart J.E.S. Thermal Conductivity of methane. – Intern. J. Thermophys., 1984, v.5, No.3, p.265.
28. Roder H.M. Thermal conductivity of methane for temperatures between 110 and 310 K with pressures to 70 MPa. – Intern. J. Thermophys., 1985, v.6, No.2, p.119.
29. Mardolcar U.V. and Nieto de Castro C.A. The thermal conductivity of liquid methane. – Ber. Bunsenges. Phys. Chem., 1987, 91, p.152.
30. Millat J. et al. The thermal conductivity of neon, methane and tetrafluoromethane. – Physica 148A, 1988, p.124.
31. Sakonidou E. P., van den Berg H. R., and ten Seldam C. A. The thermal conductivity of methane in the critical region. – J. Chem. Phys., 1996, Vol. 105, No. 23, pp. 10535-10555.
32. Patek J., Klomfar J. Measurement of the thermal conductivity of argon and methane: a test of a transient hot-wire apparatus. - Fluid Phase Equilib., 2002, Vol. 198, pp. 147-163.