ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.1002— 2021

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Параводород жидкий и газообразный. Плотность, энтальпия, энтропия, изохорная, изобарная теплоемкости и скорость звука при температурах от 14 К до 1000 К и давлениях до 100 МПа

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Главным научным метрологическим центром «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов» (ГНМЦ «ССД»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 180 «Государственная служба стандартных справочных данных»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 мая 2021 г. № 436-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Общие положения 1
4 Расширенные неопределенности расчетных значений стандартных справочных данных по свойствам параводорода 4
Приложение А (обязательное) Основные физические параметры и коэффициенты уравнений для определения значений стандартных справочных данных по свойствам параводорода 5
Приложение Б (обязательное) Таблицы контрольных стандартных значений термодинамических свойств параводорода на кривой насыщения 7
Приложение В (обязательное) Таблицы контрольных стандартных значений термодинамических свойств параводорода в однофазной области 9
Библиография 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Параводород жидкий и газообразный. Плотность, энтальпия, энтропия, изохорная, изобарная теплоемкости и скорость звука при температурах от 14 К до 1000 К и давлениях до 100 МПа

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference data. Parahydrogen, liquid and gaseous. Density, enthalpy, entropy, isochoric, isobaric heat capacities and speed of sound at temperatures from 14 K up to 1000 K and pressures up to 100 MPa

Дата введения — 2021—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на жидкий и газообразный параводород и устанавливает методы расчетного определения значений стандартных справочных данных по плотности ρ, энтальпии h, энтропии s, изохорной теплоемкости c_v, изобарной теплоемкости c_p, скорости звука w как в однофазных областях (газ, жидкость и флюид), так и на линии фазового перехода газ — жидкость (линии насыщения), а также значений давления на линии насыщения p_s.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.566 Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственная система данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения

ГОСТ Р 8.614 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Общие положения

Стандартные справочные значения (ГОСТ Р 8.614, ГОСТ 8.566) 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

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

Издание официальное

где f, f_0 и f_r — безразмерные полная свободная энергия, идеально-газовая и неидеальная составляющие свободной энергии, соответственно;

ω — относительная плотность, $\omega = \rho/\rho_c$;

τ — относительная температура, $\tau = T/T_c$.

Значения плотности (ρ_c) и температуры (T_c) параводорода в критической точке приведены в таблице А.1 приложения А.

Уравнение для идеально-газовой составляющей свободной энергии имеет следующий вид:

$$f_0 = \ln(\omega) + a_1 + a_2\tau^{-1} + a_3\ln\left(\tau^{-1}\right) + \sum_{i=4}^{10} a_i \ln\left[1 - \exp\left(-\delta_i\tau^{-1}\right)\right]. \quad (2)$$

Коэффициенты $\{a_i\}$ и параметры $\{\delta_i\}$ уравнения (2) приведены в таблице А.3 приложения А.

Уравнение для неидеальной составляющей свободной энергии имеет следующий вид:

$$f_r = \sum_{j=1}^{14} b_j \varphi_j, \quad (3)$$

где

$$\varphi_j = \begin{cases} \omega^{r_j}\tau^{t_j}\exp\left[g_j\omega^{l_j}\right], & j \le 9 \\ \omega^{r_j}\tau^{t_j}\exp\left[-\alpha_j\left(\omega-\varepsilon_j\right)^2 - \beta_j\left(\tau^{-1}-\gamma_j\right)^2\right], & j \ge 10. \end{cases} \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) 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 таблице А.2 приложения А.

Плотность ω в однофазных областях при заданных значениях давления p и температуры T определяют из решения следующего уравнения:

$$\pi = \omega\tau(1 + A_0)/z_c, \quad (5)$$

где $\pi = p/p_c$;

$z_c = 10^3 p_c/(\rho_c R T_c)$.

Значения давления (p_c) и фактора сжимаемости (z_c) в критической точке, а также газовой постоянной (R) параводорода приведены в таблице А.1 приложения А.

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

$$\begin{cases} \pi(\tau,\omega') - \pi(\tau,\omega'') = 0; \\ \varphi_r(\tau,\omega') - \varphi_r(\tau,\omega'') = 0. \end{cases} \quad (6)$$

где $\varphi_r(\tau, \omega)$ — безразмерная неидеальная составляющая изобарно-изотермического потенциала (потенциала Гиббса)

$$\varphi_r = f_r + A_0 + \ln(\omega). \quad (7)$$

Давление на линии насыщения p_s определяют по формуле (5) для переменной ω''.

Энтальпию, энтропию, изобарную и изохорную теплоемкости как в однофазных областях (для T и ω), так и на линии насыщения (для T, ω' или T, ω'') вычисляют по следующим формулам:

$$h = h_0 + A_3 RT; \quad (8)$$

$$s = s_0 + RA_4; \quad (9)$$

$$c_p = c_v + R(1 + A_2)^2/(1 + A_1); \quad (10)$$

$$c_v = c_{v0} + A_5 R; \quad (11)$$

$$w = \left\lfloor 10^3 RTc_p(1 + A_1)/c_v \right\rfloor^{0.5}, \quad (12)$$

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

Термодинамические свойства в идеально-газовом состоянии определяют по формулам, полученным из $f_0(\tau, \omega)$ с привлечением табличных данных (см. [1]):

$$c_{v0} = R\left[a_3 + \sum_{i=4}^{10} a_i E_i D_i^2\right]; \tag{13}$$

$$h_0 = RT\left[1 + a_3 + a_2\Theta + \sum_{i=4}^{10} a_i E_i D_i + \frac{h_{00}}{RT}\right]; \tag{14}$$

$$s_0 = R\left\{a_3(1-\ln\Theta) - a_1 + \sum_{i=4}^{10} a_i\left[E_i D_i - \ln(1-E_i)\right] + \frac{s_{00}}{R} - \ln\omega\right\}, \tag{15}$$

где $\Theta = \tau^{-1}$; E_i и D_i — функции от Θ, имеющие следующий вид:

$$E_i = \exp(-\delta_i\Theta),\ D_i = \delta_i\Theta/(1 - E_i). \tag{16}$$

Энтальпия и энтропия идеального газа при $T = 0$ K равны нулю; для энтальпии учитывают также теплоту сублимации идеального кристалла при $T = 0$ K (см. [1]).

Коэффициенты $\{\alpha_i\}$ в формулах (13) — (15) и параметры $\{\delta_i\}$ в (16), а также значения энтальпии h_{00} и энтропии s_{00} приведены в таблице А.3 приложения А.

Комплексы A_0 — A_5 в формулах (5) — (12) определяют по следующим соотношениям, полученным из уравнения (3) для f_r с использованием известных дифференциальных уравнений термодинамики.

$$A_0 = \sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j X_j; \tag{17}$$

$$A_1 = \sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j\left[X_j\left(X_j + 1\right) + U_j\right]; \tag{18}$$

$$A_2 = \sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j\left[X_j\left(Y_j + 1\right)\right]; \tag{19}$$

$$A_3 = \sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j\left[X_j - Y_j\right]; \tag{20}$$

$$A_4 = -\sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j\left[Y_j + 1\right]; \tag{21}$$

$$A_5 = -\sum_{j=1}^{14} b_j\varphi_j\left[Y_j\left(Y_j + 1\right) + Q_j\right], \tag{22}$$

где

$$X_j = \begin{cases} r_j + g_j l_j \omega^{l_j},\ j \le 9 \\ r_j - 2\alpha_j\omega\left(\omega - \varepsilon_j\right),\ j \ge 10; \end{cases} \tag{23}$$

$$U_j = \begin{cases} g_j l_j^2 \omega^{l_j},\ j \le 9 \\ -2\alpha_j\omega\left(2\omega - \varepsilon_j\right),\ j \ge 10; \end{cases} \tag{24}$$

$$Y_j = \begin{cases} -t_j,\ j \le 9 \\ 2\beta_j\tau^{-1}\left(\tau^{-1} - \gamma_j\right) - t_j,\ j \ge 10; \end{cases} \tag{25}$$

$$Q_j = \begin{cases} 0,\ j \le 9 \\ -2\beta_j\tau^{-1}\left(2\tau^{-1} - \gamma_j\right),\ j \ge 10. \end{cases} \tag{26}$$

Стандартные справочные данные расчетных контрольных значений термодинамических свойств параводорода на линии насыщения и в однофазной области приведены в таблицах Б.2 и В.1 (приложения Б и В).

4 Расширенные неопределенности расчетных значений стандартных справочных данных по свойствам параводорода

Расширенные неопределенности с доверительной вероятностью 95 % расчетных значений термодинамических свойств плотности $\delta\rho = \Delta\rho/\rho$ и давления $\delta p = \Delta p/p$ определяют в соответствии с оценками, приведенными в [1].

В соответствии с [1] расширенные неопределенности расчетных значений давления и плотностей на линии насыщения составляют $\delta p_s = \delta\rho' = \delta\rho'' = 0{,}1$ %; в околокритической области ($0{,}97 \le \tau \le 1{,}03$ и $0{,}75 \le \omega \le 1{,}25$) $\delta p = 0{,}2$ %.

Расширенные неопределенности расчетных значений плотности $\delta\rho$ в однофазных областях в зависимости от диапазонов температур и давлений представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Расширенные неопределенности расчетных значений плотности $\delta\rho$ параводорода в однофазных областях

ΔT, К	ΔP, МПа	$\delta\rho$, %
$14 \le T < 250$	$0{,}1 \le P \le 40$	0,10
$14 \le T < 250$	$40 < P \le 100$	1,0
$250 \le T \le 450$	$0{,}1 \le P \le 100$	0,04
$450 < T \le 700$	$0{,}1 \le P \le 100$	0,50
$700 < T \le 1000$	$0{,}1 \le P \le 100$	1,0

Для околокритической области (см. [1]) вместо δp приводят значения $\delta\rho$, поэтому значения $\delta\rho$ определяют в соответствии с теорией переноса ошибок по формуле

$$\delta\rho = \left(\frac{1 + A_0}{1 + A_1}\right) \cdot \delta p. \tag{27}$$

Расширенные неопределенности расчетных значений других термодинамических свойств параводорода определяют в соответствии с теорией переноса ошибок через $\delta\rho$ по следующим выражениям:

- для энтальпии

$$\Delta h = 0{,}1 + RT\left|\left(\frac{\partial A_3}{\partial \omega}\right)_\tau\right| \omega\delta\rho / 100, \text{ кДж/кг}; \tag{28}$$

- для остальных свойств $\{y\}$ (энтропии, изохорной и изобарной теплоемкостей, скорости звука)

$$\delta y = \left[\delta y_0 y_0(\tau) + \left|\left(\frac{\partial y_r}{\partial \omega}\right)_\tau\right| \omega\delta\rho\right] y^{-1}, \ \%. \tag{29}$$

где $y_0(\tau)$ — идеально-газовая составляющая, зависящая только от температуры,

$y_r = y - y_0$; δy_0 — неопределенность значения y_0:

$\delta s_0 = 0{,}01$ %, $\delta c_{v0} = \delta c_{p0} = \delta w_0 = 0{,}1$ %.

Расширенные неопределенности контрольных значений стандартных справочных данных параводорода представлены в таблицах Б.2 и В.1 (приложения Б и В).

Приложение А
(обязательное)

Основные физические параметры и коэффициенты уравнений для определения значений стандартных справочных данных по свойствам параводорода

Таблица А.1 — Основные физические параметры параводорода

Физический параметр, размерность	Значение
Молярная масса M, кг/кмоль	2,01590
Газовая постоянная R, кДж/(кг · К)	4,12445
Параметры в тройной точке:	
давление p_t, МПа	0,007041
температура T_t, К	13,8033
Параметры в критической точке:	
давление p_c, МПа	1,2858
температура T_c, К	32,938
плотность ρ_c, кг/м^3	31,323
фактор сжимаемости z_c	0,302161126

Таблица А.2 — Коэффициенты, показатели степеней и параметры уравнения для неидеальной составляющей ФУС параводорода [см. уравнения (3) и (4)]

j	b_j	r_j	t_j	g_j	f_j	α_j	β_j	ε_j	γ_j
1	−7,33375	1	0,6855	0	0	—	—	—	—
2	0,01	4	1	0	0	—	—	—	—
3	2,60375	1	1	0	0	—	—	—	—
4	4,66279	1	0,489	0	0				
5	0,682390	2	0,774	0	0	—	—	—	—
6	−1,47078	2	1,133	0	0	—	—	—	—
7	0,135801	3	1,386	0	0	—	—	—	—
8	−1,05327	1	1,619	−1	1	—	—	—	—
9	0,328239	3	1,162	−1	1	—	—	—	—
10	−0,0577833	2	3,96	−1	—	1,7437	0,194	1,5487	0,8048
11	0,0449743	1	5,276	−1	—	0,5516	0,2019	0,1785	1,5248
12	0,0703464	3	0,99	−1	—	0,0634	0,0301	1,28	0,6648
13	−0,0401766	1	6,791	−1	—	2,1341	0,2383	0,6319	0,6832
14	0,119510	1	3,19	−1	—	1,777	0,3253	1,7104	1,493

Таблица А.3 — Коэффициенты уравнений (2) и (13)—(16) для термодинамических свойств параводорода в идеально-газовом состоянии, энтальпия h_{00} и энтропия s_{00}

k	α_i	δ_i
1	−1,4485891134	—
2	1,884521239	—
3	1,5	—
4	4,30256	15,1496751472
5	13,0289	25,0925982148
6	−47,7365	29,4735563787

Окончание таблицы А.3

k	α_i	δ_i
7	50,0013	35,4059141417
8	−18,6261	40,724998482
9	0,993973	163,7925799988
10	0,536078	309,2173173842
h_{00} = 377,08 кДж/кг; s_{00} = 7,977 кДж/(кг·К)		

Приложение Б
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений термодинамических свойств параводорода на кривой насыщения

Таблица Б.1 — Обозначения и размерности термодинамических свойств и их неопределенностей параводорода, представленных в таблицах Б.2 и В.1 приложений Б, В

Наименование показателя	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
Относительная неопределенность термодинамических свойств, исключая энтальпию	δy	%
Абсолютная неопределенность энтальпии	Δh	кДж/кг

Примечание 1 — В таблице Б.2, где представлены контрольные стандартные значения термодинамических свойств (y) параводорода на линии насыщения, обозначения y' и y'' — свойства насыщенной жидкости и насыщенного пара, соответственно.

Примечание 2 — Запись $yE{\pm}n$ в таблице Б.2 нужно интерпретировать как $y\ 10^{\pm n}$.

Таблица Б.2 — Контрольные стандартные значения термодинамических свойств параводорода на кривой насыщения

T	p_s,	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''
	δp_s	$\delta\rho'$	$\delta\rho''$	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$
14,00	0,78840E-02	76,819	0,13878E+00	324,7	775,2	4,9913	37,1695
	0,10	0,10	0,10	1,1	0,1	0,11	0,02
17,00	0,32886E-01	74,220	0,49070E+00	347,5	801,0	6,4381	33,1197
	0,10	0,10	0,10	0,8	0,1	0,09	0,02
20,00	0,93414E-01	71,136	0,12440E+01	374,4	821,6	7,8489	30,2104
	0,10	0,10	0,10	0,6	0,1	0,07	0,02
22,00	0,16350E+00	68,743	0,20708E+01	395,4	831,3	8,8014	28,6140
	0,10	0,10	0,10	0,4	0,1	0,06	0,02
25,00	0,32917E+00	64,485	0,40178E+01	432,8	837,7	10,2877	26,4815
	0,10	0,10	0,10	0,2	0,2	0,04	0,02
30,00	0,82319E+00	53,977	0,10871E+02	521,3	812,8	13,1878	22,9032
	0,10	0,10	0,10	0,2	0,2	0,02	0,02
32,50	0,12059E+01	42,109	0,20884E+02	606,3	744,9	15,6398	19,9055
	0,10	0,10	0,10	0,3	0,3	0,02	0,02

Окончание таблицы Б.2

T	c_v'	c_v''	c_p'	c_p''	w'	w''
	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\delta w'$	$\delta w''$
14,00	5,158	6,236	6,981	10,559	1256,9	307,6
	0,22	0,10	0,28	0,10	0,23	0,10
17,00	5,400	6,357	8,062	11,063	1190,1	333,4
	0,12	0,10	0,36	0,10	0,27	0,11
20,00	5,637	6,450	9,569	11,920	1118,6	353,5
	0,11	0,10	0,37	0,11	0,28	0,11
22,00	5,811	6,541	10,865	12,884	1059,2	363,7
	0,11	0,10	0,39	0,11	0,29	0,11
25,00	6,048	6,776	13,561	15,480	951,2	374,0
	0,11	0,11	0,44	0,13	0,30	0,12
30,00	6,471	7,624	26,648	32,583	693,0	377,2
	0,14	0,12	0,67	0,25	0,33	0,14
32,50	7,386	8,600	143,809	197,370	461,0	369,4
	0,16	0,10	1,45	0,79	0,27	0,14

Приложение В
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений термодинамических свойств параводорода в однофазной области

Таблица В.1 — Контрольные стандартные значения термодинамических свойств параводорода в однофазной области

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w
	$\delta\rho$	δh	δs	δc_v	δc_p	δw
T = 14,0 K						
0,1	76,898	325,7	4,9787	5,163	6,971	1259,6
	0,10	1,1	0,11	0,2	0,3	0,2
0,5	77,234	330,2	4,9251	5,185	6,932	1270,9
	0,10	1,1	0,11	0,2	0,3	0,2
T = 33,0 K						
0,1	0,75435	964,2	35,4561	6,212	10,695	471,4
	0,10	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1
5,0	62,610	565,7	12,3450	6,445	14,106	1031,0
	0,10	0,2	0,04	0,1	0,3	0,2
50,0	90,705	977,8	7,7596	6,516	8,446	2027,4
	1,00	27,3	0,72	0,3	1,2	1,7
90,0	100,81	1346,9	6,3216	6,205	7,455	2404,7
	1,00	43,8	0,86	0,9	1,5	1,6
T = 150,0 K						
0,1	0,16155	2481,2	53,8860	12,081	16,217	911,8
	0,10	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1
5,0	7,8211	2461,8	37,4978	12,166	16,793	957,7
	0,10	0,1	0,02	0,1	0,1	0,1
50,0	50,710	2624,9	27,2272	12,795	17,784	1557,5
	1,00	6,1	0,03	0,2	0,1	0,8
100,0	71,233	3002,2	24,3213	13,270	17,503	2083,8
	1,00	18,6	0,07	0,2	0,1	1,0
T = 350,0 K						
0,1	0,06924	5568,9	67,0928	10,505	14,631	1418,7
	0,04	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1
5,0	3,3741	5596,1	50,9285	10,539	14,721	1457,8
	0,04	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1
50,0	27,142	5898,6	41,2867	10,826	15,134	1816,5
	0,04	0,3	0,01	0,1	0,1	0,1
100,0	44,639	6281,7	38,3817	11,097	15,265	2174,3
	0,04	0,6	0,01	0,1	0,1	0,1
T = 600,0 K						
0,1	0,04040	9204,7	74,9329	10,424	14,549	1859,1
	0,50	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1

Окончание таблицы В.1

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w
	$\delta\rho$	δh	δs	δc_v	δc_p	δw
5,0	1,9874	9243,8	58,7959	10,444	14,572	1889,0
	0,50	0,3	0,04	0,1	0,1	0,1
50,0	17,360	9608,3	49,2942	10,611	14,712	2153,2
	0,50	2,5	0,04	0,1	0,1	0,2
100,0	30,565	10018,0	46,4480	10,777	14,788	2421,4
	0,50	5,4	0,04	0,1	0,1	0,2
T = 1000,0 K						
0,1	0,02424	15093,7	82,4440	10,870	14,995	2385,7
	1,00	0,1	0,06	0,1	0,1	0,1
5,0	1,2005	15137,0	66,3128	10,882	14,998	2407,6
	1,00	0,5	0,07	0,1	0,1	0,1
50,0	11,063	15529,2	56,8489	10,979	15,024	2600,7
	1,00	4,8	0,08	0,1	0,1	0,2
100,0	20,411	15955,4	54,0251	11,078	15,040	2801,0
	1,00	10,0	0,07	0,1	0,1	0,2

Библиография

[1] ГСССД 391—2021. Параводород жидкий и газообразный. Плотность, энтальпия, энтропия, изохорная, изобарная теплоемкости и скорость звука при температурах от 14 К до 1000 К и давлениях до 100 МПа. — М: ФГУП «ВНИИМС», 2021. — 36 с.

УДК 546.11: 537.7:006.354 ОКС 07.030

Ключевые слова: государственная система обеспечения единства измерений, стандартные справочные данные, жидкий и газообразный параводород, термодинамические свойства, энтальпия, энтропия, изохорная и изобарная теплоемкости, скорость звука

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 27.05.2021. Подписано в печать 15.06.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л 1,86. Уч.-изд. л 1.68.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru