ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.948— 2018

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ. ИЗОБУТАН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ

Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 114 К до 600 К и давлениях до 35 МПа

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

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 «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 декабря 2018 г. № 1054-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, 2018

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 изобутана 5
Приложение А (обязательное) Основные физические параметры и коэффициенты уравнений для определения значений стандартных справочных данных по свойствам изобутана 6
Приложение Б (обязательное) Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств изобутана на кривой насыщения 9
Приложение В (обязательное) Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств изобутана в однофазной области 11
Библиография 13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ. ИЗОБУТАН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ

Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 114 К до 600 К и давлениях до 35 МПа

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference data. Liquid and gaseous isobutane. Thermodynamic properties, dynamic viscosity and thermal conductivity at temperatures from 114 K up to 600 K and pressures up to 35 MPa

Дата введения — 2019—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на жидкий и газообразный изобутан и устанавливает методы расчетного определения значений стандартных справочных данных по плотности ρ, энтальпии h, энтропии s, изобарной теплоемкости c_p, изохорной теплоемкости c_v, скорости звука w, коэффициента динамической вязкости μ и коэффициента теплопроводности λ для изобутана как в однофазных областях (газ, жидкость и флюид), так и на линии фазового перехода газ — жидкость (линии насыщения), а также значений давления 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, $\omega = \rho/\rho_{кр}$,

τ — относительная температура, $\tau = T/T_{кр}$.

Значения плотности ($\rho_{кр}$) и температуры ($T_{кр}$) изобутана в критической точке приведены в таблице А.1 приложения А.

Уравнение для идеально-газовой составляющей свободной энергии имеет следующий вид

$$f_0 = \ln(\omega) + a_1 + a_2\tau^{-1} + a_3\ln(\tau^{-1}) + \sum_{i=4}^{7} a_i \ln\left[1 - \exp(-\delta_i\tau^{-1})\right]. \quad (2)$$

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

$$f_r = \sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j, \quad (3)$$

где

$$\varphi_j = \begin{cases} \omega^{r_j}\tau^{t_j}\exp\left[g_j\omega^{l_j}\right], & j \le 23 \\ \omega^{r_j}\tau^{t_j}\exp\left[-\alpha_j(\omega-\varepsilon_j)^2 - \beta_j(\tau^{-1}-\gamma_j)^2\right], & j \ge 24. \end{cases} \quad (4)$$

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 (ρ) и температуры (T) определяют из решения следующего уравнения

$$\pi = \omega\tau(1 + A_0)/z_{кр}; \quad (5)$$

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) изобутана приведены в таблице А.1 приложения А.

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.

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

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 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'') вычисляют по следующим формулам:

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

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

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

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

$$w = [10^3 RTc_p(1 + A_1)/c_v]^{0,5}, \quad (12)$$

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 $f_0(\tau, \omega)$.

$$c_{v0} = R\left[a_3 + \sum_{i=4}^{7} a_i E_i D_i^2\right]; \tag{13}$$

$$h_0 = RT\left[1 + a_3 + a_2\Theta + \sum_{i=4}^{7} a_i E_i D_i + \frac{\Delta h_0}{RT}\right]; \tag{14}$$

$$s_0 = R\left\{a_3(1-\ln\Theta) - a_1 + \sum_{i=4}^{7} a_i\left[E_i D_i - \ln(1-E_i)\right] + \Delta s_0 / R - \ln\omega\right\}, \tag{15}$$

где $\Theta = \tau^{-1}$;

E_i и D_i — функции от Θ, имеющие следующий вид

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

Коэффициенты $\{a_i\}$ в формулах (13) — (15) и параметры $\{\delta_i\}$ в формуле (16), а также значения энтальпии Δh_0 и энтропии Δs_0 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

$$A_0 = \sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j X_j\ ; \tag{17}$$

$$A_1 = \sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j \left[X_j\left(X_j + 1\right) + U_j\right]; \tag{18}$$

$$A_2 = \sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j \left[X_j\left(Y_j + 1\right)\right]; \tag{19}$$

$$A_3 = \sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j \left[X_j - Y_j\right]; \tag{20}$$

$$A_4 = -\sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j \left[Y_j + 1\right]; \tag{21}$$

$$A_5 = -\sum_{j=1}^{25} b_j \varphi_j \left[Y_j\left(Y_j + 1\right) + Q_j\right], \tag{22}$$

где

$$X_j = \begin{cases} r_j + g_j l_j \omega^{l_j}, j \le 23 \\ r_j - 2\alpha_j\omega\left(\omega - \varepsilon_j\right), j \ge 24 \end{cases} \tag{23}$$

$$U_j = \begin{cases} g_j l_j^2 \omega^{l_j}, j \le 23 \\ -2\alpha_j\omega\left(2\omega - \varepsilon_j\right), j \ge 24 \end{cases} \tag{24}$$

$$Y_j = \begin{cases} -t_j, j \le 23 \\ 2\beta_j\tau^{-1}\left(\tau^{-1} - \gamma_j\right) - t_j, j \ge 24 \end{cases} \tag{25}$$

$$Q_j = \begin{cases} 0, j \le 23 \\ -2\beta_j\tau^{-1}\left(2\tau^{-1} - \gamma_j\right), j \ge 24 \end{cases} \tag{26}$$

Стандартные справочные значения коэффициента динамической вязкости изобутана рассчитывают по следующей формуле

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(1 + B_\mu \cdot \tilde{\rho}_\mu\right) + \Delta\mu\left(\omega_\mu, \tau_\mu\right), \tag{27}$$

где μ_0, B_μ и $\Delta\mu$ — коэффициент динамической вязкости изобутана в состоянии разреженного газа, второй вязкостный вириальный коэффициент и избыточная по отношению к μ_0 составляющая коэффициента динамической вязкости, соответственно;

$\tilde{\rho}_\mu = \rho/M$; $\omega_\mu = \tilde{\rho}_\mu/\tilde{\rho}_{c\mu}$; $\tau_\mu = T/T_{c\mu}$. Значения $\tilde{\rho}_{c\mu}$ и $T_{c\mu}$ приведены в таблице А.1.

Составляющие μ в (27) определяют по формулам:

$$\mu_0 = \frac{0{,}021357 \cdot \sqrt{MT}}{\sigma^2 \cdot \Omega(T_r)}, \tag{28}$$

$$\Omega(T_r) = \exp\left[\sum_{i=0}^{2} a_i \left(\ln T_r\right)^i\right]. \tag{29}$$

В уравнениях (28, 29) относительная температура $T_r = T/(\varepsilon/k)$; параметр ε/k приведен в таблице А.1, а коэффициенты $\{a_i\}$ уравнения (29) приведены в таблице А.4.

$$B_\mu = 0{,}6022137\sigma^3 \left[\sum_{i=0}^{6} b_i T_r^{\ 0.25i} + b_7 T_r^{\ 2.5} + b_8 T_r^{\ 5.5}\right]. \tag{30}$$

Параметр σ приведен в таблице А.1; коэффициенты $\{b_i\}$ уравнения (30) приведены в таблице А.5.

$$\Delta\mu\left(\omega_\mu, \tau_\mu\right) = \sum_{i=-2}^{5}\sum_{j=0}^{2} e_{ij}\omega_\mu^{\ i}\tau_\mu^{\ j} + f\left[\frac{\omega_\mu}{\omega_{0\mu}\left(\tau_\mu\right) - \omega_\mu} - \frac{\omega_\mu}{\omega_{0\mu}\left(\tau_\mu\right)}\right], \tag{31}$$

$$\omega_{0\mu}(\tau_\mu) = g_1 \cdot (1 + g_2\tau_\mu^{0,5}). \tag{32}$$

Коэффициенты $\{e_{ij}\}$, $\{g_1, g_2\}$ и f представлены в таблице А.6.

Стандартные справочные значения коэффициента теплопроводности изобутана рассчитывают по следующей формуле

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda + \Delta\lambda_{кр}, \tag{33}$$

где λ_0, $\Delta\lambda$ и $\Delta\lambda_{кр}$ — коэффициент теплопроводности изобутана в состоянии разреженного газа, избыточная по отношению к λ_0 составляющая коэффициента теплопроводности и аномальная составляющая коэффициента теплопроводности в околокритической области, соответственно

$$\lambda_0 = \sum_{i=0}^{2} a_i \tau_l^{\ i}; \tag{34}$$

$$\Delta\lambda = \sum_{i=1}^{5}\left(b_{1i} + b_{2i}\tau_l\right) \cdot \omega_l^i, \tag{35}$$

где $\tau_l = T/407{,}82$;

$\omega_l = \rho/224{,}4$.

$$\Delta\lambda_{кр} = \begin{cases} 0, \Delta\chi \le 0; \\ \dfrac{\rho c_p k_B R_0 T\left(\tilde{\Omega} - \tilde{\Omega}_0\right)}{6\pi\xi\mu\left(\tau, \omega\right)}, \Delta\chi > 0; \end{cases} \tag{36}$$

$$\Delta\chi = \left[\frac{\chi(\tau,\omega) - \chi(\tau_{ref},\omega)T_{ref}T^{\ 1}}{\Gamma}\right]; \tag{37}$$

$$\xi = \xi_0 \Delta\chi^{\nu/\gamma}; \tag{38}$$

$$\tilde{\Omega} = \frac{2}{\pi}\left[\left(1-\frac{c_v}{c_p}\right)\mathrm{arctg}(\xi / q_D) + \frac{c_v}{c_p}(\xi / q_D)\right]; \quad (39)$$

$$\tilde{\Omega}_0 = \frac{2}{\pi}\left\{1-\exp\left[\frac{-1}{(\xi / q_D)^{-1} + \frac{1}{3}\left(\xi q_D^{-1}\omega^{-1}\right)^2}\right]\right\}; \quad (40)$$

$$\chi(\tau,\omega) = \frac{\omega z_c}{\tau\left[1 + A_1(\tau,\omega)\right]}. \quad (41)$$

Значения коэффициентов $\{a_i\}$ и $\{b_{1i}\}$, $\{b_{2i}\}$ формул (34). (35) приведены в таблицах А.7 и А.8 приложения А. Универсальные теоретически обоснованные постоянные k_B = 1,380658·10^{-2}; R_0 = 1,03; ν = 0,63; γ = 1,239. Значения подгоночных параметров для изобутана ξ_0, Γ, q_D, T_{ref} приведены в таблице А.1 приложения А. В формулах (36), (39) — (41) теплоемкости c_p, c_v и расчетный комплекс A_1 определяют по формулам (10), (11) и (18), соответственно; коэффициент динамической вязкости μ(τ; ω) определяют по формулам (27) — (32).

Контрольные значения стандартных термодинамических и переносных (μ, λ) свойств изобутана приведены в таблицах Б.2 (линия насыщения) и В.1 (однофазные области) приложений Б и В.

4 Расширенные неопределенности расчетных значений стандартных справочных данных по свойствам изобутана

Расширенные неопределенности (с доверительной вероятностью 95 %) расчетных значений термодинамических свойств и свойств переноса: плотности $\delta\rho = \Delta\rho/\rho$, скорости звука $\delta w = \Delta w/w$, изохорной $\delta c_v = \Delta c_v/c_v$ и изобарной $\delta c_p = \Delta c_p/c_p$ теплоемкостей, коэффициента динамической вязкости $\delta\mu = \Delta\mu/\mu$ и коэффициента теплопроводности $\delta\lambda = \Delta\lambda/\lambda$ определяют в соответствии с оценками, приведенными в [1].

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

Приложение А
(обязательное)

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

Таблица А.1 — Основные физические параметры изобутана

Физический параметр, размерность	Значение
Молярная масса M, кг/кмоль	58,1222
Газовая постоянная R, кДж/(кг·К)	0,14305157
Параметры в тройной точке:	
давление p_t, МПа	$0{,}0219 \cdot 10^{-6}$
температура T_t, К	113,73
Параметры в критической точке:	
давление $p_{кр}$, МПа	3,629
температура $T_{кр}$, К	407,81
плотность $\rho_{кр}$, кг/м^3	225,5
фактор сжимаемости $z_{кр}$	0,275860756
Параметры для расчета μ:	
σ, нм	0,46445
ε/k, К	307,55
$\tilde{\rho}_{сц}$, кмоль/м^3	3,860
$T_{сц}$, К	407,817
Параметры для расчета $\Delta\lambda_{кр}$:	
ξ_0, нм	0,194
Γ	0,0496
q_D, нм	0,657661
T_{ref}, К	611,73

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

j	b_j	r_j	t_j	g_j	l_j	α_j	β_j	ε_j	γ_j
1	$0{,}20686820727966 \cdot 10^{1}$	1	0,5	0	0				
2	$-0{,}36400098615204 \cdot 10^{1}$	1	1	0	0				
3	0,51968754427244	1	1,5	0	0				
4	0,17745845870123	2	0	0	0				
5	−0,12361807851599	3	0,5	0	0				
6	$0{,}45145314010528 \cdot 10^{-1}$	4	0,5	0	0				
7	$0{,}30476479965980 \cdot 10^{-1}$	4	0,75	0	0				
8	0,75508387706302	1	2	−1	1				
9	−0,85885381015629	1	2,5	−1	1				
10	$0{,}36324009830684 \cdot 10^{-1}$	2	2,5	−1	1				
11	$-0{,}19548799450550 \cdot 10^{-1}$	7	1,5	−1	1				

Окончание таблицы А.2

j	b_j	r_j	t_j	g_j	l_j	α_j	β_j	ε_j	γ_j
12	$-0{,}44452392904960 \cdot 10^{-2}$	8	1	-1	1				
13	$0{,}46410763666460 \cdot 10^{-2}$	8	1,5	-1	1				
14	$-0{,}71444097992825 \cdot 10^{-1}$	1	4	-1	2				
15	$-0{,}80765060030713 \cdot 10^{-1}$	2	7	-1	2				
16	0,15560460945053	3	3	-1	2				
17	$0{,}20318752160332 \cdot 10^{-2}$	3	7	-1	2				
18	-0,10624883571689	4	3	-1	2				
19	$0{,}39807690546305 \cdot 10^{-1}$	5	1	-1	2				
20	$0{,}16371431292386 \cdot 10^{-1}$	5	6	-1	2				
21	$0{,}53212200682628 \cdot 10^{-3}$	10	0	-1	2				
22	$-0{,}78681561156387 \cdot 10^{-2}$	2	6	-1	3				
23	$-0{,}30981191888963 \cdot 10^{-2}$	6	13	-1	3				
24	$-0{,}42276036810382 \cdot 10^{-1}$	1	2	-1	2	10	150	0,85	1,16
25	$-0{,}53001044558079 \cdot 10^{-2}$	2	0	-1	2	10	200	1	1,13

Таблица А.3 — Коэффициенты уравнений (2) и (13) — (16) для термодинамических свойств изобутана в идеально-газовом состоянии, энтальпия Δh_0 и энтропия Δs_0

i	a_i	δ_i
1	11,60865546	0
2	-5,29450411	0
3	3,05956619	0
4	4,94641014	0,9512779015
5	4,09475197	2,3878958853
6	15,6632824	4,3469042691
7	9,73918122	10,36885863510
Δh_0 = 308,518 кДж/кг; Δs_0 = 5,08198 кДж/(кг·К)		

Таблица А.4 — Коэффициенты a_i уравнения (29) для Ω изобутана

i	a_i
0	0,53583008
1	-0,45629630
2	0,049911282

Таблица А.5 — Коэффициенты b_i уравнения (30) для B_μ изобутана

i	b_i
0	-19,572881
1	219,73999
2	-1015,3226
3	2471,01251
4	-3375,1717

Окончание таблицы А.5

i	b_i
5	2491,6597
6	–787,26086
7	14,085455
8	–0,34664158

Таблица А.6 — Коэффициенты $\{e_{ij}\}$, $\{g_1, g_2\}$ и f уравнений (31 и 32) для $\Delta\mu$ изобутана

i	e_{ij}		
	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$
2	103,511763411	–312,670896234	145,253750239
3	–210,649894193	386,269696509	–214,963015527
4	112,580360920	–223,242033154	119,114788598
5	–18,1909745900	36,0438957232	–21,3960184050
g_1 = 2,33859774637 g_2 = 1,00596672174		f = 1940,37606990	

Таблица А.7 — Коэффициенты a_i уравнения (34) для λ_0 изобутана

i	a_i
0	–2,37901
1	$1{,}06601 \cdot 10^1$
2	$2{,}15811 \cdot 10^1$

Таблица А.8 — Коэффициенты b_{ij} уравнения (35) для $\Delta\lambda$ изобутана

i	b_{ij}	
	$j = 1$	$j = 2$
1	$-4{,}11789 \cdot 10^1$	$4{,}76346 \cdot 10^1$
2	$1{,}46805 \cdot 10^2$	$-1{,}28445 \cdot 10^2$
3	$-1{,}19190 \cdot 10^2$	$1{,}07565 \cdot 10^2$
4	$4{,}10226 \cdot 10^1$	$-3{,}85968 \cdot 10^1$
5	–4,88704	5,20901

Приложение Б
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств изобутана на кривой насыщения

Таблица Б.1 — Обозначения и размерности теплофизических свойств и их неопределенностей, представленных в таблицах Б.2 и В.1 (приложение 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
Коэффициент динамической вязкости	μ	мкПа·с
Коэффициент теплопроводности	λ	мВт/(м·К)
Относительная неопределенность теплофизических свойств, исключая энтальпию	δA	%
Абсолютная неопределенность энтальпии	Δh	кДж/кг
Примечание — В таблице Б.2, где представлены контрольные стандартные значения теплофизических свойств (A) изобутана на кривой насыщения, обозначения A' и A'' — свойства насыщенной жидкости и насыщенного пара, соответственно.		

Таблица Б.2 — Контрольные стандартные значения теплофизических свойств изобутана на кривой насыщения

T	p_s	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''	c_v'	c_v''
	δp_s	δρ'	δρ''	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$
114,00	$0{,}24549\cdot10^{-7}$	740,08	$0{,}15054\cdot10^{-5}$	–405,1	75,4	1,8873	6,1020	1,175	0,738
	0,02	0,02	0,02	0,6	0,1	0,06	0,01	5,0	0,3
150,00	$0{,}23880\cdot10^{-4}$	706,04	$0{,}11130\cdot10^{-2}$	–342,2	110,0	2,3660	5,3805	1,251	0,894
	0,02	0,02	0,02	0,4	0,1	0,04	0,01	5,0	0,3
200,00	$0{,}38135\cdot10^{-2}$	657,71	0,13378	–247,9	166,5	2,9071	4,9792	1,363	1,095
	0,02	0,02	0,02	0,3	0,1	0,03	0,01	2,0	0,3
250,00	$0{,}63350\cdot10^{-1}$	606,28	$0{,}18253\cdot10^{1}$	–144,7	230,3	3,3665	4,8665	1,507	1,317
	0,02	0,02	0,02	0,2	0,1	0,02	0,01	2,0	0,3
300,00	0,37000	548,32	$0{,}96096\cdot10^{1}$	–29,6	297,2	3,7834	4,8730	1,690	1,578
	0,02	0,02	0,02	0,1	0,1	0,02	0,01	2,0	0,3
350,00	$0{,}12587\cdot101$	475,47	$0{,}33230\cdot10^{2}$	102,5	360,6	4,1846	4,9221	1,909	1,874
	0,10	0,50	0,10	0,4	0,1	0,10	0,01	2,0	0,3
400,00	$0{,}31856\cdot101$	341,03	$0{,}11839\cdot10^{3}$	272,2	390,1	4,6234	4,9181	2,250	2,354
	0,50	0,50	2,60	0,7	2,7	0,05	0,15	6,0	6,0
407,00	$0{,}35801\cdot101$	276,83	$0{,}17346\cdot10^{3}$	315,8	368,2	4,7282	4,8568	2,465	2,575
	0,50	8,11	18,92	9,3	21,6	0,49	1,10	6,0	6,0

Окончание таблицы Б.2

T	c_p'	c_p''	w'	w''	η'	η''	λ'	λ''
	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\Delta w'$	$\delta w''$	$\delta\eta'$	$\delta\eta''$	$\delta\lambda'$	$\delta\lambda''$
114,00	1,690	0,881	1997,4	139,5	8618,1	2,85	157,8	2,29
	5,0	0,3	5,00	2,00	3,0	4,0	3,0	5,0
150,00	1,805	1,037	1714,4	157,8	1747,6	3,80	148,3	4,46
	5,0	0,3	5,00	2,00	3,0	4,0	3,0	5,0
200,00	1,968	1,241	1389,1	179,4	547,1	5,08	129,0	8,03
	2,0	0,3	2,00	2,00	3,0	4,0	3,0	5,0
250,00	2,168	1,481	1093,4	194,5	262,0	6,30	107,9	12,18
	2,0	0,3	2,00	2,00	3,0	4,0	3,0	5,0
300,00	2,442	1,810	810,3	197,7	148,2	7,55	88,6	17,03
	2,0	0,3	2,00	2,00	3,0	3,0	3,0	3,0
350,00	2,898	2,355	523,9	181,6	88,6	9,24	72,7	23,93
	2,0	0,3	2,00	2,00	3,0	3,0	3,0	3,0
400,00	6,349	7,555	184,4	128,9	42,5	14,76	61,9	46,45
	6,0	6,0	5,00	5,00	3,0	3,0	5,0	5,0
407,00	42,319	61,185	117,0	113,8	31,1	19,21	77,3	81,05
	6,0	6,0	6,00	6,00	3,0	3,0	5,0	5,0

Приложение В
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств изобутана в однофазной области

Таблица В.1 — Контрольные стандартные значения теплофизических свойств изобутана в однофазной области

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	μ	λ
	$\Delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\mu$	$\delta\lambda$
T = 114,0 K								
0,1	740,12	-405,0	1,8871	1,175	1,690	1997,6	8628,35	157,82
	0,02	0,6	0,06	5,0	5,0	5,00	3,0	5,0
T = 200,0 K								
0,1	657,78	–247,8	2,9069	1,363	1,968	1389,7	547,68	129,02
	0,02	0,3	0,03	2,0	2,0	2,00	3,0	5,0
10,0	664,83	–237,2	2,8852	1,374	1,951	1445,4	603,11	133,02
	0,02	0,3	0,03	2,0	2,0	5,00	3,0	3,0
35,0	680,21	–209,7	2,8369	1,398	1,924	1567,6	751,38	142,10
	0,30	4,2	0,24	2,0	2,0	5,00	3,0	3,0
T = 300,0 K								
0,1	2,3913	308,1	5,0860	1,539	1,700	212,0	7,54	17,08
	0,02	0,1	0,01	0,3	0,3	2,00	0,4	5,0
10,0	566,36	–23,2	3,7473	1,698	2,358	926,1	172,11	95,38
	0,02	0,2	0,02	2,0	2,0	2,00	3,0	3,0
35,0	598,05	0,8	3,6791	1,719	2,272	1136,2	227,77	109,37
	0,50	3,0	0,19	2,0	2,0	2,00	3,0	3,0
T = 400,0 K								
0,1	1,7653	500,5	5,6364	2,001	2,151	245,5	9,93	28,88
	0,10	0,1	0,01	0,5	0,5	0,20	0,4	5,0
10,0	439,11	242,0	4,5059	2,125	3,003	486,2	72,80	70,55
	0,50	0,5	0,08	3,0	3,0	3,00	3,0	3,0
35,0	515,50	247,0	4,3890	2,128	2,686	824,9	117,42	88,16
	0,50	1,1	0,11	2,0	2,0	2,00	3,0	3,0
T = 500,0 K								
0,1	1,4048	737,1	6,1627	2,426	2,573	274,1	12,20	43,24
	0,40	0,1	0,02	0,5	0,5	0,20	0,4	5,0
10,0	238,30	587,3	5,2731	2,544	3,637	239,2	28,15	61,48
	0,40	0,5	0,03	3,0	3,0	3,00	3,0	3,0
35,0	433,69	535,2	5,0307	2,522	3,067	628,8	72,97	81,27
	0,40	0,2	0,06	3,0	3,0	3,00	3,0	3,0
T = 600,0 K								
0,1	1,1679	1012,9	6,6646	2,789	2,934	299,8	14,37	60,17
	0,40	0,1	0,02	0,5	0,5	0,20	0,4	5,0

Окончание таблицы В.1

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	μ	λ
	$\Delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\mu$	$\delta\lambda$
10,0	142,42	928,7	5,8964	2,846	3,321	274,0	22,08	69,54
	0,40	0,4	0,03	3,0	3,0	3,00	4,0	3,0
35,0	359,83	857,3	5,6170	2,863	3,359	528,8	49,69	84,60
	0,40	0,2	0,04	3,0	3,0	3,00	4,0	3,0

Библиография

[1] Таблицы стандартных справочных данных, ГСССД 337—2018. Изобутан жидкий и газообразный. Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 114 до 600 К и давлениях до 35 МПа. — ФГУП «ВНИИМС» — М., 2018. — 49 с.

УДК 547.214:006.354 ОКС 07.030

Ключевые слова: Государственная система обеспечения единства измерений, стандартные справочные данные, жидкий и газообразный изобутан, термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности

БЗ 12—2018/19

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

Сдано в набор 05.12.2018. Подписано в печать 27.12.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,86.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru