ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.989— 2020

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ БЕНЗОЛ ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ

Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 280 К до 725 К и давлениях до 100 МПа

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

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 29 апреля 2020 г. № 182-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, 2020

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ. БЕНЗОЛ ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ

Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 280 К до 725 К и давлениях до 100 МПа

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference data. Liquid and gaseous benzene. Thermodynamic properties, dynamic viscosity and thermal conductivity at temperatures from 280 K to 725 K and pressures up to 100 MPa

Дата введения — 2021—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на жидкий и газообразный бензол 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 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, $\omega = \rho/\rho_{кр}$,

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

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

Уравнение для идеально-газовой составляющей свободной энергии имеет следующий вид

$$f_0 = \ln(\omega) + \alpha_1 + \alpha_2 \tau^{-1} + \alpha_3 \ln\left(\tau^{-1}\right) + \sum_{i=4}^{6} \alpha_i \ln\left[1 - \exp\left(-\delta_i \tau^{-1}\right)\right]. \quad (2)$$

Коэффициенты $\{\alpha_i\}$ 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

$$\varphi_j = \begin{cases} \omega^{r_j} \tau^{t_j} \exp\left[g_j \omega^{l_j}\right], & j \le 30, \\ \omega^{r_j} \tau^{t_j} \exp\left[-\alpha_j \left(\omega - \varepsilon_j\right)^2 - \beta_j \left(\tau^{-1} - \gamma_j\right)^2\right], & j \ge 31. \end{cases} \quad (4)$$

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

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

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 бензола 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 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:

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

$$s = s_0 + R A_4; \quad (9)$$

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

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

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

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 $f_0(\tau, \omega)$ с привлечением табличных данных (см. [1]).

$$c_{v0} = R\left[\alpha_3 + \sum_{i=4}^{6} \alpha_i E_i D_i^2\right]; \quad (13)$$

$$h_0 = RT\left[1 + \alpha_3 + \alpha_2\Theta + \sum_{i=4}^{6} \alpha_i E_i D_i + \frac{\Delta h_0}{RT}\right]; \quad (14)$$

$$s_0 = R\left\{\alpha_3(1-\ln\Theta) - \alpha_1 + \sum_{i=4}^{6} \alpha_i\left[E_i D_i - \ln(1-E_i)\right] + \Delta s_0 / R - \ln\omega\right\}. \quad (15)$$

где $\Theta = \tau^{-1}$;

E_i и D_i — функции от Θ, имеющие следующий вид:

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

Коэффициенты $\{\alpha_i\}$ 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. Значения Δh_0 и Δs_0 добавлены в выражения для h_0 и s_0 для удобства сравнения с табличными данными (см. [1]).

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

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

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

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

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

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

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

где

$$X_j = \begin{cases} r_j + g_j l_j \omega^{l_j}, & j \le 10 \\ r_j - 2\alpha_j\omega(\omega - \varepsilon_j), & j \ge 11 \end{cases}; \quad (23)$$

$$U_j = \begin{cases} g_j l_j^2 \omega^{l_j}, & j \le 10 \\ -2\alpha_j\omega(2\omega - \varepsilon_j), & j \ge 11 \end{cases}; \quad (24)$$

$$Y_j = \begin{cases} -t_j, & j \le 10 \\ 2\beta_j\tau^{-1}(\tau^{-1} - \gamma_j) - t_j, & j \ge 11 \end{cases}; \quad (25)$$

$$Q_j = \begin{cases} 0, & j \le 10 \\ -2\beta_j\tau^{-1}(2\tau^{-1} - \gamma_j), & j \ge 11. \end{cases} \quad (26)$$

Стандартные справочные значения коэффициента динамической вязкости бензола рассчитывают по следующему уравнению (см. [1]):

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

где μ_0, B_μ и $\Delta\mu$ — соответственно, коэффициент динамической вязкости в состоянии разреженного газа, второй вязкостный вириальный коэффициент и составляющая коэффициента динамической вязкости, отражающая поведение вязкости при высоких плотностях; $\tilde{\rho}_\mu = \rho / M$.

Составляющие μ в (27) определяют по следующим уравнениям:

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

$$\Omega(T_r) = \exp\left[\sum_{i=0}^{3} a_i (\ln T_r)^i\right]. \tag{29}$$

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

$$B_\mu = 0{,}6022137\sigma^3 \cdot \left[\sum_{i=0}^{6} b_i T_r^{\ 0{,}25i} + b_7 T_r^{\ 2.5} + b_8 T_r^{\ 5{,}5}\right]. \tag{30}$$

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

$$\Delta\mu(\omega, \tau) = \left(\omega^{2/3}\tau^{1/2}\right) \cdot \left\{c_0\omega^2 + \frac{c_1\omega}{c_2 + c_3\tau + c_4\omega} + \frac{c_5\omega + c_6\omega^2}{c_7 + c_8\omega^2}\right\}. \tag{31}$$

Коэффициенты $\{c_i\}$ уравнения (31) представлены в таблице А.6.

Стандартные справочные значения коэффициента теплопроводности бензола рассчитывают по следующему уравнению (см. [1]):

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda + \Delta\lambda_{кр}, \tag{32}$$

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

$$\lambda_0 = \frac{\sum_{i=1}^{3} a_i \tau^{i-1}}{\sum_{i=4}^{6} a_i \tau^{i-4}}; \tag{33}$$

$$\Delta\lambda = \sum_{i=1}^{5} \left(b_{1i} + b_{2i}\tau\right) \cdot \omega^i; \tag{34}$$

$$\Delta\lambda_{кр} = \begin{cases} 0, \ \Delta\chi \le 0; \\ \dfrac{\rho c_p k_B R_0 T \left(\bar{\Omega} - \bar{\Omega}_0\right)}{6\pi\xi\mu(\tau, \omega)}, \Delta\chi > 0; \end{cases} \tag{35}$$

$$\Delta\chi = \left[\frac{\chi(\tau, \omega) - \chi(\tau_{ref}, \omega) T_{ref} T^{-1}}{\Gamma}\right], \tag{36}$$

$$\xi = \xi_0 \Delta\chi^{\nu/\gamma}; \tag{37}$$

$$\bar{\Omega} = \frac{2}{\pi}\left[\left(1-\frac{c_v}{c_p}\right)\mathrm{arctg}(\xi / q_D) + \frac{c_v}{c_p}(\xi / q_D)\right]; \quad (38)$$

$$\bar{\Omega}_0 = \frac{2}{\pi}\left\{1-\exp\left[\frac{-1}{(\xi / q_D)^{-1} + \frac{1}{3}\left(\xi q_D^{-1}\omega^{-1}\right)^2}\right]\right\}; \quad (39)$$

$$\chi(\tau,\omega) = \frac{\omega z_c}{\tau\left[1 + A_1(\tau,\omega)\right]}. \quad (40)$$

Значения коэффициентов $\{a_i\}$ и $\{b_{1i}\}$, $\{b_{2i}\}$ уравнений (33, 34) приведены в таблице А.7 и А.8 приложения А. Универсальные теоретически обоснованные постоянные k_B = 1,380658·10^{-2}; R_0 = 1,02; v = 0,63; γ = 1,239. Значения подгоночных параметров для бензола ξ_0, Γ, q_D, T_{ref} приведены в таблице А.1 приложения А. В выражениях (35), (38) — (40) теплоемкости c_p, c_v и расчетный комплекс A_1 определяются по формулам (10) — (11) и (18), соответственно; коэффициент динамической вязкости $\mu(\tau,\omega)$ определяется по формулам (28) — (31).

Рассчитанные стандартные справочные данные контрольных значений термодинамических и переносных (μ, λ) свойств бензола приведены в таблицах Б.2 (линия насыщения) и В.1 (однофазные области).

4 Расширенные неопределенности расчетных значений стандартных справочных данных по свойствам бензола

Расширенные неопределенности с доверительной вероятностью 95 % расчетных значений термодинамических свойств: 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, а также давления насыщения $\delta p_s = \Delta p_s/p_s$ определяются в соответствии с оценками, приведенными в [1].

Для околокритической области авторы работы (см. [1]) вместо $\delta\rho$ приводят значения $\delta p = \Delta p/p$ = 0,2 %, поэтому значения $\delta\rho$ определяют в соответствии с теорией переноса ошибок по формуле

$$\delta\rho = \left(\frac{1 + A_0}{1 + A_1}\right)\cdot 0{,}2. \quad (41)$$

Расширенные неопределенности расчетных значений энтальпии Δh и энтропии $\delta s = \Delta s/s$ определяют в соответствии с теорией переноса ошибок через значение $\delta\rho$ по следующим выражениям:

$$\Delta h = 0{,}1 + RT\left|\left(\frac{\partial A_3}{\partial\omega}\right)_\tau\right|\omega\delta\rho / 100, \text{ кДж/кг}; \quad (42)$$

$$\delta s = \left\{0{,}01\cdot s_0(\tau) + R\left|\omega\left(\frac{\partial A_4}{\partial\omega}\right)_\tau - 1\right|\delta\rho\right\}s^{-1}, \%. \quad (43)$$

В формулах (42) — (43) A_3 и A_4 — расчетные комплексы (20) — (21); $s_0(\tau)$ рассчитывают по формуле (15), но без учета ln(ω).

Расширенные неопределенности с доверительной вероятностью 95 % расчетных значений 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 расчетных значений стандартных справочных данных бензола представлены в таблицах 10 и 11 (см. [1]), где для всех теплофизических свойств, кроме энтальпии, приведены относительные величины неопределенностей $\delta A = 100\,\Delta A/A$, %. 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 бензола

Таблица А.1 — Основные физические параметры бензола

Молярная масса M, кг/кмоль	78,1118
Газовая постоянная R, кДж/(кг·К)	0,1064432
Параметры в тройной точке: давление $p_т$, МПа температура $T_т$, К	 0,004785 278,674
Параметры в критической точке: давление $p_{кр}$, МПа температура $T_{кр}$, К плотность $\rho_{кр}$, кг/м^3 фактор сжимаемости $z_{кр}$	 4,894 562,02 304,792 0,268405066
Параметры для расчета μ: σ, нм ε/k, К	 0,540 412,0
Параметры для расчета $\Delta\lambda_{кр}$: ξ_0, нм Γ q_D, нм T_{ref}, К	 0,216 0,0569 0,620 843,0

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

i	b_i	r_i	t_i	g_i	l_i	α_i	β_i	ε_i	γ_i
1	$0{,}3513062\cdot10^{-1}$	4	1,0	0	0	—	—	—	—
2	$0{,}2229707\cdot10^{1}$	1	0,3	0	0	—	—	—	—
3	$-0{,}3100459\cdot10^{1}$	1	0,744	0	0	—	—	—	—
4	–0,5763224	2	1,174	0	0	—	—	—	—
5	0,2504179	3	0,68	0	0	—	—	—	—
6	–0,7049091	1	2,5	–1	2	—	—	—	—
7	–0,1393433	3	3,67	–1	2	—	—	—	—
8	0,8319673	2	1,26	–1	1	—	—	—	—
9	–0,3310741	2	2,6	–1	2	—	—	—	—
10	$-0{,}2793578\cdot10^{-1}$	7	0,95	–1	1	—	—	—	—
11	0,7087408	1	1,0	–1		1,032	1,867	0,7289	1,118
12	–0,3723906	1	2,47	–1		1,423	1,766	0,9074	0,6392
13	$-0{,}6267414\cdot10^{-1}$	3	3,35	–1		1,071	1,824	0,7655	0,6536
14	–0,8629500	3	0,75	–1		14,35	297,5	0,8711	1,164

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

i	α_i	δ_i
1	-0,6740687105	0
2	2,5560186958	0
3	2,94645	0
4	7,36374	7,323583
5	18,649	2,688516
6	4,01834	1,1209566
Δh_0 = 134,219 кДж/кг; Δs_0 = 2,52238 кДж/(кг·К)		

Таблица А.4 — Коэффициенты α_i уравнения (29) для μ_0 бензола

i	α_i
0	0,234018
1	–0,476136
2	0,0
3	–0,015269

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

i	b_i
0	–19,572881
1	219,73999
2	–1015,3226
3	2471,01251
4	–3375,1717
5	2491,6597
6	–787,26086
7	14,085455
8	–0,34664158

Таблица А.6 — Коэффициенты $\{c_i\}$ уравнения (31) для $\Delta\mu$ бензола

i	c_i
0	–9,98945
1	86,06260
2	2,74872
3	1,11130
4	–1,0
5	–134,1330
6	–352,473
7	6,60989
8	88,4174

Таблица А.7 — Коэффициенты a_i уравнения (33) для λ_0 бензола

i	a_i
1	101,404
2	-521,440
3	868,266
4	1,0
5	9,714
6	1,467

Таблица А.8 — Коэффициенты b_{ji} уравнения (34) для $\Delta\lambda$ бензола

i	b_{ji}	
	$j = 1$	$j = 2$
1	$2,82489 \cdot 10^1$	$-1,19268 \cdot 10^1$
2	$-7,73415 \cdot 10^1$	$8,33389 \cdot 10^1$
3	7,14001	$-8,98176 \cdot 10^1$
4	$-2,36798 \cdot 10^1$	$3,63025 \cdot 10^1$
5	3,00875	–4,90052

Приложение Б
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств бензола на кривой насыщения

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

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	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 стандартные справочные значения теплофизических свойств (A) бензола на кривой насыщения, обозначения A' и A'' есть свойства насыщенной жидкости и насыщенного пара, соответственно.		

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

T	p_s	ρ'	ρ''	h'	h''	s'	s''	c_v'	c_v''
	δp_s	$\delta\rho'$	$\delta\rho''$	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$
280,00	$0{,}51392\cdot10^{-2}$	892,70	0,17305	3,0	449,8	2,1075	3,7031	1,165	0,864
	0,10	0,10	1,00	1,0	0,1	0,09	0,04	1,0	1,0
300,00	$0{,}13818\cdot10^{-1}$	871,47	0,43610	37,3	469,6	2,2258	3,6665	1,216	0,947
	0,10	0,10	1,00	0,8	0,1	0,08	0,04	1,0	1,0
350,00	$0{,}91672\cdot10^{-1}$	817,03	$0{,}25411\cdot10^{1}$	128,1	524,1	2,5050	3,6366	1,359	1,160
	0,10	0,10	1,00	0,5	0,1	0,06	0,04	1,0	1,0
400,00	0,35255	758,65	$0{,}90189\cdot10^{1}$	227,4	584,1	2,7690	3,6609	1,508	1,374
	0,20	0,20	1,00	0,5	0,2	0,07	0,04	1,0	1,0
450,00	0,97145	692,71	$0{,}24297\cdot10^{2}$	336,5	646,2	3,0237	3,7121	1,655	1,583
	0,20	0,20	1,00	0,1	0,4	0,06	0,04	1,0	1,0
500,00	$0{,}21650\cdot10^{1}$	610,46	$0{,}57605\cdot10^{2}$	458,2	704,4	3,2762	3,7685	1,799	1,788
	0,20	0,20	1,00	0,3	0,6	0,04	0,05	1,0	1,0
560,00	$0{,}47838\cdot10^{1}$	386,25	$0{,}22476\cdot10^{3}$	653,3	715,5	3,6328	3,7439	2,119	2,196
	0,20	0,20	1,00	0,3	1,3	0,02	0,07	1,0	1,0

Окончание таблицы Б.2

T	c_p'	c_p''	w'	w''	η'	η''	λ'	λ''
	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\Delta w'$	$\delta w''$	$\delta\eta'$	$\delta\eta''$	$\delta\lambda'$	$\delta\lambda''$
280,00	1,691	0,972	1391,9	182,5	795,3	7,11	147,5	9,22
	1,0	1,0	0,50	0,50	1,8	0,2	4,4	4,0
300,00	1,740	1,057	1292,1	187,3	586,4	7,60	140,5	10,70
	1,0	1,0	0,50	0,50	1,8	0,2	4,4	4,0
350,00	1,894	1,284	1061,8	196,5	329,9	8,79	124,5	15,06
	1,0	1,0	0,50	0,50	1,8	0,2	4,4	4,0
400,00	2,075	1,532	852,2	199,2	209,9	9,95	109,7	20,26
	1,0	1,0	0,50	0,50	2,7	0,2	4,3	4,0
450,00	2,293	1,822	651,1	192,6	140,3	11,14	95,2	26,46
	1,0	1,0	0,50	0,50	2,7	0,2	4,3	4,0
500,00	2,645	2,285	441,3	171,6	93,6	12,58	80,8	34,84
	1,0	1,0	0,50	0,50	2,7	0,3	4,3	4,0
560,00	19,278	29,215	116,0	109,2	40,5	22,87	79,9	84,69
	1,0	1,0	0,50	0,50	5,0	0,4	4,2	4,1

Приложение В
(обязательное)

Таблицы контрольных стандартных значений теплофизических свойств бензола в однофазной области

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

ρ	ρ	h	s	c_v	c_p	w	μ	λ
	$\Delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\mu$	$\delta\lambda$
T = 280,0 K								
0,1	892,77	3,1	2,1074	1,166	1,691	1392,4	796,03	147,57
	0,10	1,0	0,09	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
1,0	893,44	3,8	2,1062	1,166	1,690	1396,6	802,76	147,89
	0,10	1,0	0,09	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
4,0	895,65	6,0	2,1022	1,168	1,687	1410,5	825,45	148,94
	0,10	1,0	0,09	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
T = 300,0 K								
0,1	871,54	37,4	2,2256	1,216	1,740	1292,5	586,83	140,52
	0,10	0,8	0,08	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
5,0	875,65	41,0	2,2189	1,219	1,734	1317,7	612,72	142,39
	0,10	0,9	0,08	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
50,0	906,95	75,4	2,1654	1,245	1,704	1510,3	877,41	157,27
	0,10	1,3	0,09	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
70,0	918,34	91,2	2,1452	1,256	1,698	1580,9	1016,98	162,95
	0,10	1,5	0,09	1,0	1,0	0,50	1,8	4,4
T = 400,0 K								
0,1	2,4011	592,7	3,8105	1,352	1,470	210,4	10,06	19,81
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50	0,2	4,0
5,0	766,99	229,6	2,7593	1,510	2,053	893,3	221,34	112,70
	0,10	0,3	0,05	1,0	1,0	0,50	2,7	4,3
50,0	822,30	258,6	2,6907	1,531	1,968	1171,8	320,58	134,40
	0,14	1,0	0,07	1,0	1,0	0,50	2,7	4,4
100,0	861,23	296,7	2,6377	1,554	1,942	1377,2	427,39	151,43
	0,18	2,0	0,10	1,0	1,0	0,50	2,9	4,4
T = 500,0 K								
0,1	1,8985	756,5	4,1745	1,682	1,794	235,8	12,56	30,17
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50	0,2	4,0
5,0	628,64	455,6	3,2617	1,794	2,519	503,9	101,58	84,83
	0,10	0,2	0,03	1,0	1,0	0,50	2,7	4,3
50,0	739,95	468,6	3,1583	1,802	2,227	928,6	175,22	117,94
	0,14	0,5	0,05	1,0	1,0	0,50	2,7	4,3
100,0	795,13	503,5	3,0980	1,824	2,187	1169,0	237,38	139,20
	0,18	1,3	0,06	1,0	1,0	0,50	2,9	4,3

Окончание таблицы В.1

p	ρ	h	s	c_v	c_p	w	μ	λ
	$\Delta\rho$	Δh	δs	δc_v	δc_p	δw	$\delta\mu$	$\delta\lambda$
T = 600,0 K								
0,1	1,5746	949,3	4,5254	1,945	2,054	258,3	15,03	41,05
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50	0,2	4,0
5,0	122,02	864,7	4,0004	2,054	2,775	176,3	17,54	51,29
	0,10	0,2	0,01	1,0	1,0	0,50	0,4	4,1
50,0	659,23	702,6	3,5843	2,033	2,445	753,2	112,80	106,44
	0,14	0,3	0,03	1,0	1,0	0,50	2,6	4,3
100,0	734,19	732,8	3,5155	2,052	2,393	1022,3	156,70	131,08
	0,18	0,9	0,05	1,0	1,0	0,50	5,0	4,3
T = 675,0 K								
0,1	1,3970	1109,6	4,7769	2,107	2,215	273,8	16,88	49,28
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50	0,2	4,0
5,0	86,822	1055,3	4,3002	2,154	2,459	228,1	18,29	55,14
	0,10	0,2	0,01	1,0	1,0	0,50	0,4	4,0
50,0	600,72	891,2	3,8802	2,181	2,579	658,7	87,54	101,64
	0,14	0,2	0,03	1,0	1,0	0,50	2,6	4,3
100,0	691,80	917,2	3,8050	2,197	2,522	941,1	122,97	127,26
	0,18	0,7	0,04	1,0	1,0	0,50	5,0	4,3
T = 725,0 K								
0,1	1,2996	1222,8	4,9386	2,202	2,310	283,7		54,75
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50		4,0
5,0	75,703	1178,4	4,4760	2,233	2,471	250,2		59,57
	0,10	0,1	0,01	1,0	1,0	0,50		4,0
50,0	563,46	1022,0	4,0672	2,268	2,654	611,3		100,41
	0,14	0,1	0,02	1,0	1,0	0,50		4,2
100,0	665,14	1045,2	3,9879	2,283	2,597	897,6		125,76
	0,18	0,7	0,04	1,0	1,0	0,50		4,3

Библиография

[1] ГСССД 370—2020. Бензол жидкий и газообразный. Термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах от 280 К до 725 К и давлениях до 100 МПа. — М: ФГУП «ВНИИМС», 2020. — 46 с.

УДК 547.214:006.354 ОКС 07.030

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

БЗ 6-7—2020/12

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

Сдано в набор 15.05.2020. Подписано в печать 16.06.2020. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.
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