

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

## 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 ([www.gost.ru](http://www.gost.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  $\rho$ , энталпии  $h$ , энтропии  $s$ , изобарной теплоемкости  $c_p$ , изохорной теплоемкости  $c_v$ , скорости звука  $w$ , коэффициента динамической вязкости  $\mu$  и коэффициента теплопроводности  $\lambda$  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

**П р и м е ч а н и е** — 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 изменен 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)  $\rho$ ,  $h$ ,  $s$ ,  $c_p$ ,  $c_v$ ,  $w$  и  $p_s$  рассчитаны по единому для жидкой и газовой фаз фундаментальному уравнению состояния (ФУС) — зависимости свободной энергии (функции Гельмгольца)  $F$  от плотности  $\rho$  и температуры  $T$

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

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

$\omega$  — относительная плотность,  $\omega = \rho/\rho_{kp}$ ,

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

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

Уравнение для идеально-газовой составляющей свободной энергии имеет следующий вид

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

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

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

В формулах (3) и (4)  $b_j$  — коэффициенты уравнения состояния, значения которых вместе с показателями степеней  $r_j$ ,  $t_j$ ,  $l_j$  и параметрами  $g_j$ ,  $\alpha_j$ ,  $\beta_j$ ,  $\epsilon_j$ ,  $\gamma_j$  приведены в таблице А.2 приложения А.

Плотность  $\omega$  в однофазных областях при заданных значениях давления  $p$  и температуры  $T$  определяют из решения следующего уравнения

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

где  $\pi = p/p_{kp}$ ;

$$z_{kp} = 10^3 p_{kp}/(\rho_{kp} R T_{kp}).$$

Значения давления  $p_{kp}$  и фактора сжимаемости  $z_{kp}$  в критической точке, а также газовой постоянной  $R$  бензола приведены в таблице А.1 приложения А.

Плотности газовой  $\omega''$  и жидкой  $\omega'$  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  $\omega''$ .

Энтальпия, энтропия, изобарная и изохорная теплоемкости и скорость звука как в однофазных областях (для  $T$  и  $\omega$ ), так и на линии насыщения (для  $T$ ,  $\omega'$  или  $T$ ,  $\omega''$ ) вычисляют по следующим формулам:

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

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

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

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

$$w = [10^3 R T c_p (1 + A_1)/c_v]^{0.5}, \quad (12)$$

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]).

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

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

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

где  $\Theta = \tau^{-1}$ ;

$E_i$  и  $D_i$  — функции от  $\Theta$ , 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 энталпии  $\Delta h_0$  и энтропии  $\Delta s_0$  приведены в таблице А.3 приложения А. Значения  $\Delta h_0$  и  $\Delta s_0$  добавлены в выражении 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  $f_j$  с использованием известных дифференциальных уравнений термодинамики

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

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

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

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

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

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

где

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

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

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

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

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

$$\mu = \mu_0 \cdot (1 + B_\mu \cdot \bar{\rho}_\mu) + \Delta\mu(\omega, \tau), \quad (27)$$

где  $\mu_0$ ,  $B_\mu$  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;  $\bar{\rho}_\mu = \rho / M$ .

Составляющие  $\mu$  в (27) определяют по следующим уравнениям:

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

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

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

$$B_\mu = 0,6022137 \sigma^3 \cdot \left[ \sum_{i=0}^6 b_i T_r^{-0,25i} + b_7 T_r^{-2,5} + b_8 T_r^{-5,5} \right]. \quad (30)$$

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

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

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

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

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda + \Delta\lambda_{kp}, \quad (32)$$

где  $\lambda_0$ ,  $\Delta\lambda$  и  $\Delta\lambda_{kp}$  — соответственно, коэффициент теплопроводности в состоянии разреженного газа, избыточная по отношению к  $\lambda_0$  составляющая коэффициента теплопроводности и аномальная составляющая коэффициента теплопроводности в околоскритической области.

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

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

$$\Delta\lambda_{kp} = \begin{cases} 0, & \Delta\chi \leq 0; \\ \frac{\rho c_p k_B R_0 T (\bar{\Omega} - \bar{\Omega}_0)}{6\pi\xi\mu(\tau, \omega)}, & \Delta\chi > 0; \end{cases} \quad (35)$$

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

$$\xi = \xi_0 \Delta\chi^{v/\gamma}; \quad (37)$$

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

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

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

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  $k_B = 1,380658 \cdot 10^{-2}$ ;  $R_0 = 1,02$ ;  $v = 0,63$ ;  $\gamma = 1,239$ . Значения подгоночных параметров для бензола  $\xi_0, \Gamma, q_D, T_{ref}$  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 ( $\mu, \lambda$ ) 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  $\delta\omega = \Delta\omega/\omega$ , 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  $\delta\rho = \Delta\rho/\rho = 0,2\%$ , 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 энталпии  $\Delta h$  и энтропии  $\delta s = \Delta s/s$  определяют в соответствии с теорией переноса ошибок через значение  $\delta\rho$  по следующим выражениям:

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

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

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

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 энталпии, приведены относительные величины неопределенностей  $\delta A = 100 \Delta A/A, \%$ . Для энталпии приведена абсолютная величина  $\Delta h, \text{ кДж/кг}$ .

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 $p_c$ , МПа температура $T_c$ , К	0,004785 278,674
Параметры в критической точке: давление $p_{kp}$ , МПа температура $T_{kp}$ , К плотность $\rho_{kp}$ , кг/м <sup>3</sup> фактор сжимаемости $z_{kp}$	4,894 562,02 304,792 0,268405066
Параметры для расчета $\mu$ : $\sigma$ , нм $\epsilon/k$ , К	0,540 412,0
Параметры для расчета $\Delta\lambda_{kp}$ : $\xi_0$ , нм $\Gamma$ $q_D$ , 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)]

$j$	$b_j$	$r_j$	$t_j$	$g_j$	$l_j$	$\alpha_j$	$\beta_j$	$\varepsilon_j$	$\gamma_j$
1	$0,3513062 \cdot 10^{-1}$	4	1,0	0	0	—	—	—	—
2	$0,2229707 \cdot 10^1$	1	0,3	0	0	—	—	—	—
3	$-0,3100459 \cdot 10^1$	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	$-0,2793578 \cdot 10^{-1}$	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	$-0,6267414 \cdot 10^{-1}$	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

Т а б л и ц а А.3 — Коэффициенты уравнений (2) и (13) — (16) для термодинамических свойств бензола в идеально-газовом состоянии, энталпия  $\Delta h_0$  и энтропия  $\Delta s_0$

<i>i</i>	$\alpha_i$	$\delta_i$
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
$\Delta h_0 = 134,219 \text{ кДж/кг};$ $\Delta s_0 = 2,52238 \text{ кДж/(кг·К)}$		

Т а б л и ц а А.4 — Коэффициенты  $\alpha_i$  уравнения (29) для  $\mu_0$  бензола

<i>i</i>	$\alpha_i$
0	0,234018
1	-0,476136
2	0,0
3	-0,015269

Т а б л и ц а А.5 — Коэффициенты  $b_i$  уравнения (30) для  $B_\mu$  бензола

<i>i</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

Т а б л и ц а А.6 — Коэффициенты  $\{c_i\}$  уравнения (31) для  $\Delta\mu$  бензола

<i>i</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  $\lambda_0$  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  $b_{ij}$  уравнения (34) для  $\Delta\lambda$  бензола

$i$	$b_j$	
	$j = 1$	$j = 2$
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**

Т а б л и ц а 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	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>
Энталпия	$h$	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	$\mu$	мкПа·с
Коэффициент теплопроводности	$\lambda$	мВт/(м·К)
Относительная неопределенность теплофизических свойств, исключая энталпию	$\delta A$	%
Абсолютная неопределенность энталпии	$\Delta h$	кДж/кг

П р и м е ч а н и е — 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.

Т а б л и ц а Б.2 — Контрольные стандартные значения теплофизических свойств бензола на кривой насыщения

T	$p_s$	$p'$	$p''$	$h'$	$h''$	$s'$	$s''$	$c_v'$	$c_v''$
	$\delta p_s$	$\delta p'$	$\delta p''$	$\Delta h'$	$\Delta h''$	$\delta s'$	$\delta s''$	$\delta c_v'$	$\delta c_v''$
280,00	$0,51392 \cdot 10^{-2}$	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	$0,13818 \cdot 10^{-1}$	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	$0,91672 \cdot 10^{-1}$	817,03	$0,25411 \cdot 10^1$	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	$0,90189 \cdot 10^1$	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	$0,24297 \cdot 10^2$	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	$0,21650 \cdot 10^1$	610,46	$0,57605 \cdot 10^2$	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	$0,47838 \cdot 10^1$	386,25	$0,22476 \cdot 10^3$	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

<i>T</i>	<i>c<sub>p</sub>'</i>	<i>c<sub>p</sub>''</i>	<i>w'</i>	<i>w''</i>	<i>η'</i>	<i>η''</i>	<i>λ'</i>	<i>λ''</i>
	$\delta c_p'$	$\delta c_p''$	$\Delta w'$	$\delta w''$	$\delta \eta'$	$\delta \eta''$	$\delta \lambda'$	$\delta \lambda''$
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

$\rho$	$\rho$	$h$	$s$	$c_v$	$c_p$	$w$	$\mu$	$\lambda$
	$\Delta\rho$	$\Delta h$	$\delta s$	$\delta c_v$	$\delta c_p$	$\delta w$	$\delta\mu$	$\delta\lambda$
<b>T = 280,0 K</b>								
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
<b>T = 300,0 K</b>								
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
<b>T = 400,0 K</b>								
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
<b>T = 500,0 K</b>								
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

$p$	$\rho$	$h$	$s$	$c_v$	$c_p$	$w$	$\mu$	$\lambda$
	$\Delta p$	$\Delta h$	$\delta s$	$\delta c_v$	$\delta c_p$	$\delta w$	$\delta \mu$	$\delta \lambda$
$T = 600,0\text{ K}$								
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
$T = 675,0\text{ K}$								
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
$T = 725,0\text{ K}$								
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

---

**Б3 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<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. 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.  
[www.gosinfo.ru](http://www.gosinfo.ru) [info@gosinfo.ru](mailto:info@gosinfo.ru)