



ТАБЛИЦЫ
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

ЭТАН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ.
ПЛОТНОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ
И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 100–500 К
И ДАВЛЕНИЯХ 0,1–70 МПа

ГСССД 48–83

Издание официальное

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

РАЗРАБОТАНЫ Московским ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетическим институтом, Одесским институтом инженеров морского флота, Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологической службы

Авторы: д-р техн. наук В. В. Сычев, д-р техн. наук А. А. Вассерман, д-р техн. наук В. А. Загорученко, канд. техн. наук А. Д. Козлов, канд. техн. наук Г. А. Спиридовонов, канд. техн. наук В. А. Цымарный

РЕКОМЕНДОВАНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Советским национальным комитетом по сбору и оценке численных данных в области науки и техники Президиума АН СССР; секцией теплофизических свойств веществ Научного совета АН СССР по комплексной проблеме «Теплофизика», Всесоюзным научно-исследовательским центром Государственной службы стандартных справочных данных

ОДОБРЕНЫ экспертовой комиссией в составе:

д-ра техн. наук С. А. Улыбина, д-ра техн. наук А. В. Клецкого, д-ра техн. наук В. А. Григорьева, д-ра техн. наук В. А. Рабиновича, канд. техн. наук С. Д. Лабинова

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным научно-исследовательским центром Государственной службы стандартных справочных данных

УТВЕРЖДЕНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам 3 августа 1983 г. (протокол № 124)

ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

Государственная служба стандартных справочных
данных

**ЭТАН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ. ПЛОТНОСТЬ,
ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 100—500 К И ДАВЛЕНИЯХ
0,1—70 МПа**

**ГСССД
48—83**

State system of standard reference data
Liquid and gaseous ethane. Density, enthalpy, entropy,
and isobaric specific heat at temperatures 100—500 K
and pressures 0,1—70 MPa

**GSSSD
48—83**

Применение стандартных справочных данных обязательно во всех отраслях народного хозяйства

Настоящие таблицы стандартных справочных данных содержат значения плотности, энталпии, энтропии и изобарной теплоемкости жидкого и газообразного этана в наиболее важной для практики области изменения параметров состояния.

Таблицы рассчитаны на основании известных термодинамических соотношений по единому уравнению состояния жидкого и газообразного этана, имеющему вид

$$z = 1 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} b_{ij} \omega^i / \tau^j,$$

где $z = p v / RT$; $\omega = \rho / \rho_{kp}$; $\tau = T / T_{kp}$.

Уравнение составлено по надежным экспериментальным p , v , T -данным [1—8] для однофазной области и линии насыщения, охватывающим диапазоны температур 90—423 К и давлений $1 \cdot 10^{-6}$ —73 МПа. Средняя квадратическая погрешность описания 1012 опытных значений плотности $\delta_{Q_{cp}} = 0,12\%$. Дополнительно при составлении уравнения использованы 30 значений второго вирительного коэффициента для диапазона температур 210—511 К и 204 значения изохорной теплоемкости для области температур 110—329 К и давлений 1,6—33,7 МПа из [9]. Значения изохорной теплоемкости уравнение описывает со средней квадратической погрешностью 2,2%. Уравнение удовлетворяет правилу Максвелла со средней квадратической погрешностью $\delta_{ps, cp} = 0,06\%$.

Коэффициенты единого уравнения состояния этана получены усреднением коэффициентов уравнений состояния, эквивалентных по точности описания исходной информации; для усреднения использованы 74 уравнения. При расчетах приняты следующие значения критических параметров и газовой постоянной: $T_{kp} = 305,33$ К; $p_{kp} = 4,8714$ МПа; $Q_{kp} = 204,457$ кг/м³; $R = 276,507$ Дж/(кг·К).

© Издательство стандартов, 1983

Коэффициенты усредненного уравнения состояния этана:

$$\begin{aligned}
 b_{10} &= 0,6523112 \cdot 10^0; & b_{44} &= -0,2605725 \cdot 10^0; \\
 b_{11} &= -0,1420959 \cdot 10^1; & b_{45} &= -0,1298954 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{12} &= -0,8281694 \cdot 10^0; & b_{50} &= -0,3324578 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{13} &= 0,9628378 \cdot 10^0; & b_{51} &= 0,8053416 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{14} &= -0,4873274 \cdot 10^0; & b_{52} &= 0,7465193 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{15} &= -0,1120178 \cdot 10^0; & b_{53} &= 0,5459819 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{16} &= 0,4053669 \cdot 10^{-1}; & b_{54} &= -0,3786991 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{17} &= 0,6643199 \cdot 10^{-2}; & b_{60} &= -0,1392303 \cdot 10^0; \\
 b_{20} &= -0,1717300 \cdot 10^0; & b_{61} &= -0,2013963 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{21} &= 0,1342033 \cdot 10^1; & b_{62} &= -0,9262326 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{22} &= -0,5419403 \cdot 10^0; & b_{63} &= -0,3878733 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{23} &= -0,3585280 \cdot 10^0; & b_{64} &= 0,1381212 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{24} &= 0,3413308 \cdot 10^0; & b_{70} &= 0,1066015 \cdot 10^0; \\
 b_{25} &= -0,1419773 \cdot 10^0; & b_{71} &= -0,2039723 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{26} &= -0,8327400 \cdot 10^{-1}; & b_{72} &= 0,5628173 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{30} &= 0,1816776 \cdot 10^0; & b_{73} &= 0,7784005 \cdot 10^{-2}; \\
 b_{31} &= -0,1159004 \cdot 10^1; & b_{80} &= -0,2233251 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{32} &= 0,6856036 \cdot 10^{-1}; & b_{81} &= 0,2384036 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{33} &= 0,4834712 \cdot 10^0; & b_{82} &= 0,2426002 \cdot 10^{-2}; \\
 b_{34} &= 0,3294358 \cdot 10^0; & b_{83} &= -0,3414020 \cdot 10^{-2}; \\
 b_{35} &= 0,2712144 \cdot 10^0; & b_{90} &= -0,1016497 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{40} &= 0,7302986 \cdot 10^{-1}; & b_{91} &= -0,1018997 \cdot 10^{-1}; \\
 b_{41} &= 0,6713792 \cdot 10^0; & b_{92} &= 0,2835872 \cdot 10^{-2}; \\
 b_{42} &= -0,4315169 \cdot 10^0; & b_{10,0} &= 0,4957046 \cdot 10^{-2}; \\
 b_{43} &= -0,1305074 \cdot 10^0; & b_{10,1} &= -0,1722518 \cdot 10^{-2}.
 \end{aligned}$$

Энталпия, энтропия и изобарная теплоемкость рассчитывались по формулам:

$$h = h_0 + RT \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} \frac{i+j}{i} b_{ij} \frac{\omega^i}{\tau^j};$$

$$s = s_0 - R \ln \frac{\omega}{\omega_0} + R \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} \frac{j-1}{i} b_{ij} \frac{\omega^i}{\tau^j};$$

$$c_p = c_{v_0} - R \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} \frac{j(j-1)}{i} b_{ij} \frac{\omega^i}{\tau^j} +$$

$$+ \frac{R \left[1 - \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} (j-1) b_{ij} \omega^i / \tau^j \right]^2}{1 + \sum_{i=1}^r \sum_{j=0}^{s_i} (i+1) b_{ij} \omega^i / \tau^j},$$

где h_0 , s_0 , c_{v_0} — энталпия, энтропия и изохорная теплоемкость в идеально-газовом состоянии. Значения h_0 и s_0 найдены из соотношений

$$h_0 = \int_{T_0}^T c_p^0 dT + h_{00} + h_0^0;$$

$$s_0 = \int_{T_0}^T \frac{c_p^0}{T} dT + s_{00} + s_0^0,$$

где h_{00} и s_{00} — энталпия и энтропия идеального газа при температуре T_0 ; h_0^0 — теплота сублимации при $T=0$ К, s_0^0 — константа (принято $s_0^0=0$).

Значение теплоты сублимации этана при $T=0$ К принято $h_0^0 = 968,426$ кДж/кг на основании данных [10]. Температура вспомогательной точки отсчета $T_0=100$ К. Значения энталпии и энтропии при этой температуре составляют соответственно $h_{00}=112,4554$ кДж/кг и $s_{00}=6,1151$ кДж/(кг·К).

Изобарная теплоемкость в идеально-газовом состоянии принята по данным [6] и аппроксимирована обобщенным полиномом:

$$\frac{c_p^0}{R} = \sum_{j=0}^6 \alpha_j \theta^j + \sum_{j=1}^5 \beta_j \theta^{-j},$$

где $\theta = T/100$;

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 0,68120976 \cdot 10^2; & \beta_1 &= -0,87407084 \cdot 10^2; \\ \alpha_1 &= -0,30634058 \cdot 10^2; & \beta_2 &= 0,78481374 \cdot 10^2; \\ \alpha_2 &= 0,95275029 \cdot 10^1; & \beta_3 &= -0,44865859 \cdot 10^2; \\ \alpha_3 &= -0,16947102 \cdot 10^1; & \beta_4 &= 0,14654346 \cdot 10^2; \\ \alpha_4 &= 0,17630585 \cdot 10^0; & \beta_5 &= -0,20518393 \cdot 10^1. \\ \alpha_5 &= -0,99545402 \cdot 10^{-2}; \\ \alpha_6 &= 0,23536430 \cdot 10^{-3}; \end{aligned}$$

Средняя квадратическая погрешность аппроксимации исходных значений c_p^0 в диапазоне температур 50—1000 К составляет 0,006%, максимальная — 0,010%.

Случайные погрешности расчетных значений термодинамических свойств, характеризующие погрешность отдельного уравнения из системы N эквивалентных уравнений состояния, вычислены по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{k=1}^N (\bar{x} - x_k)^2 / (N-1)},$$

где \bar{x} — среднее значение функции; x_k — значение функции, полученное по k -му уравнению из системы, содержащей N уравнений.

Оценка σ_x не учитывает влияния систематических погрешностей экспериментальных p , v , T -данных на точность расчетных значений термодинамических свойств.

В табл. 1—4 приведены стандартные значения термодинамических свойств этана, а в табл. 5—8 соответствующие им случайные погрешности для части изобар. На промежуточных изобарах значения погрешностей могут быть найдены линейной интерполяцией.

Сведения об экспериментальных исследованиях термодинамических свойств этана, методике составления уравнения состояния и расчета таблиц, согласованности расчетных и опытных данных, результатах сопоставления с ранее опубликованными таблицами приведены в [11].

Таблица 1

Плотность этана

T, K	ρ_* , кг/м ³ , при p , МПа								
	0,1	0,5	1	2	3	4	5	10	15
100	640,01	640,26	640,57	641,17	641,75	642,31	642,85	645,38	647,64
110	630,02	630,23	630,50	631,02	631,53	632,03	632,52	634,86	637,04
120	619,48	619,69	619,96	620,47	620,98	621,49	621,98	624,37	626,63
130	608,46	608,68	608,96	609,51	610,05	610,59	611,12	613,68	616,11
140	597,15	597,40	597,70	598,30	598,89	599,47	600,05	602,85	605,52
150	585,64	585,91	586,24	586,90	587,55	588,20	588,84	591,93	594,87
160	573,93	574,22	574,59	575,33	576,05	576,76	577,47	580,89	584,14
170	561,97	562,31	562,72	563,54	564,34	565,14	565,92	569,71	573,30
180	549,74	550,11	550,57	551,49	552,39	553,28	554,16	558,36	562,32
190	537,56	538,09	539,13	540,14	541,14	542,13	542,82	551,19	
200	524,58	525,18	526,37	527,53	528,66	529,77	535,04	539,89	
210	511,04	511,74	513,11	514,44	515,74	517,01	522,97	528,39	
220	496,76	497,59	499,20	500,76	502,27	503,74	510,55	516,64	
230	481,60	8,65	482,49	484,43	486,29	488,08	489,81	497,70	504,60
240	455,53	8,17	466,10	468,50	470,78	472,95	475,03	484,30	492,20
250	437,76	16,96	450,96	453,85	456,56	459,12	470,21	479,36	
260	414,41	7,39	415,93	431,02	434,88	438,41	441,68	455,27	465,99
270	391,35	7,07	15,06	36,09	412,77	417,69	422,09	439,26	451,98
280	370,30	6,77	14,31	33,07	384,96	392,79	399,25	421,89	437,23
290	349,26	6,51	13,65	30,76	55,50	359,22	370,73	402,80	421,62
300	321,21	6,26	13,06	28,90	49,85	85,05	328,18	381,48	405,03
350	1,04	5,29	10,83	22,83	36,30	51,69	69,67	218,10	305,33
400	0,91	4,59	9,32	19,23	29,78	41,05	53,10	126,23	205,93
450	0,81	4,06	8,20	16,72	25,58	34,77	44,29	96,50	152,30
500	0,72	3,64	7,33	14,85	22,54	30,41	38,44	80,54	123,92

Продолжение

T, K	ρ_* , кг/м ³ , при p , МПа								
	20	25	30	35	40	45	50	60	70
100	649,70	651,61	653,39	655,08	656,67	658,19	659,65	662,39	
110	639,09	641,02	642,86	644,62	646,30	647,93	649,50	652,50	655,33
120	628,78	630,83	632,80	634,70	636,54	638,32	640,05	643,38	646,57
130	618,44	620,68	622,84	624,94	626,97	628,95	630,88	634,63	638,24
140	608,09	610,55	612,94	615,26	617,52	619,73	621,89	626,10	630,19
150	597,70	600,42	603,06	605,62	608,12	610,57	612,96	617,65	622,24
160	587,25	590,25	593,14	595,96	598,70	601,38	604,01	609,16	614,20
170	576,72	580,00	583,16	586,22	589,21	592,12	594,97	600,53	605,98
180	566,07	569,65	573,09	576,41	579,63	582,76	585,82	591,76	597,55
190	555,31	559,21	562,94	566,53	569,98	573,33	576,58	582,87	588,95
200	544,42	548,68	552,73	556,58	560,29	563,85	567,31	573,93	580,26
210	533,39	538,05	542,44	546,60	550,57	554,37	558,03	564,99	571,57
220	522,19	527,31	532,09	536,59	540,84	544,90	548,77	556,09	562,94
230	510,80	516,45	521,67	526,54	531,12	535,45	539,57	547,27	554,41
240	499,17	505,44	511,16	516,45	521,39	526,03	530,41	538,55	546,00
250	487,25	494,23	500,54	506,31	511,65	516,64	521,31	529,92	537,72
260	474,99	482,81	489,79	496,10	501,89	507,26	512,26	521,39	529,58
270	462,32	471,13	478,87	485,80	492,09	497,88	503,24	512,95	521,57
280	449,20	459,16	467,76	475,38	482,24	488,49	494,25	504,58	513,68
290	435,57	446,87	456,46	464,84	472,31	479,08	485,27	496,29	505,89
300	421,40	434,24	444,93	454,16	462,31	469,64	476,29	488,05	498,21
350	342,74	366,68	384,60	399,07	411,29	421,90	431,30	447,40	460,84
400	262,10	298,42	324,30	344,37	360,83	374,85	387,08	407,75	424,80
450	202,31	241,60	271,75	295,57	315,13	331,71	346,14	370,45	390,53
500	164,97	200,78	230,72	255,60	276,55	294,54	310,29	336,92	359,06

Таблица 2

Энтальпия этапа

T, K	<i>h</i> , кДж/кг, при <i>p</i> , МПа								
	0,1	0,5	1	2	3	4	5	10	15
100	496,2	496,7	497,3	498,7	500,0	501,3	502,6	509,0	515,4
110	519,4	519,9	520,6	521,9	523,2	524,5	525,8	532,3	538,7
120	542,2	542,7	543,4	544,7	545,9	547,2	548,5	554,9	561,2
130	565,4	565,9	566,5	567,8	569,0	570,3	571,5	577,8	584,1
140	588,9	589,4	590,0	591,2	592,5	593,7	594,9	601,1	607,3
150	612,5	613,0	613,6	614,8	616,0	617,2	618,4	624,5	630,6
160	636,1	636,6	637,1	638,3	639,5	640,7	641,8	647,8	653,8
170	659,7	660,2	660,8	661,9	663,0	664,2	665,3	671,1	677,0
180	683,6	684,0	684,5	685,6	686,7	687,8	688,9	694,5	700,2
190	1190,0	708,0	708,6	709,6	710,6	711,7	712,7	718,1	723,6
200	1204,7	732,5	733,0	733,9	734,9	735,9	736,9	742,0	747,2
210	1219,6	757,5	758,0	758,8	759,7	760,6	761,5	766,2	771,2
220	1234,6	783,3	783,6	784,3	785,1	785,9	786,7	790,9	795,6
230	1249,8	1234,5	810,2	810,7	811,3	811,9	812,6	816,2	820,4
240	1265,3	1251,8	837,8	838,1	838,5	838,9	839,3	842,2	845,8
250	1281,1	1269,0	1251,3	866,9	866,9	867,0	867,1	868,9	871,8
260	1297,1	1286,3	1270,8	897,5	896,9	896,5	896,3	896,6	898,5
270	1313,5	1303,7	1289,9	1253,9	929,3	928,1	927,2	925,3	926,0
280	1330,2	1321,3	1308,9	1278,3	965,7	962,7	960,5	955,3	954,4
290	1347,3	1339,1	1327,9	1301,2	1283,8	1003,2	998,0	986,8	983,7
300	1364,8	1357,1	1346,9	1323,2	1292,7	1244,7	1044,8	1020,3	1014,1
350	1455,1	1452,5	1445,3	1430,0	1413,2	1394,5	1373,5	1288,2	1184,7
400	1561,8	1557,5	1552,0	1540,6	1528,8	1516,4	1503,6	1433,5	1372,4
450	1676,2	1672,7	1668,3	1659,2	1650,1	1640,8	1631,5	1583,9	1540,1
500	1801,0	1798,1	1794,4	1787,0	1779,6	1772,2	1764,8	1728,8	1695,9

Продолжение

T, K	<i>h</i> , кДж/кг, при <i>p</i> , МПа								
	20	25	30	35	40	45	50	60	70
100	521,8	528,1	534,4	540,8	547,1	553,4	559,7	572,4	609,5
110	545,1	551,6	558,0	564,4	570,9	577,3	583,7	596,6	632,0
120	567,6	574,0	580,4	586,8	593,2	599,7	606,1	619,1	654,7
130	590,4	596,8	603,1	609,5	615,9	622,3	628,7	641,7	677,5
140	613,6	619,8	626,1	632,5	638,8	645,2	651,6	664,5	700,2
150	636,7	642,9	649,2	655,4	661,7	668,1	674,4	687,2	722,5
160	659,9	666,0	672,1	678,3	684,5	690,8	697,1	709,7	744,6
170	682,9	688,9	695,0	701,0	707,2	713,3	719,5	732,0	776,6
180	706,0	711,9	717,8	723,8	729,8	735,9	742,0	754,3	788,8
190	729,2	734,9	740,7	746,6	752,5	758,5	764,5	776,6	811,1
200	752,7	758,2	763,8	769,6	775,4	781,2	787,1	799,1	833,7
210	776,4	781,7	787,2	792,8	798,5	804,2	810,0	821,8	856,5
220	800,5	805,6	810,9	816,3	821,9	827,5	833,2	844,8	879,7
230	825,0	829,8	834,9	840,2	845,5	851,0	856,6	868,1	903,1
240	850,0	854,5	859,3	864,3	869,6	874,9	880,4	891,6	926,9
250	875,5	879,6	884,1	888,9	893,9	899,1	904,5	915,5	950,9
260	901,5	905,2	909,3	913,8	918,6	923,6	928,8	939,7	975,2
270	928,2	931,3	935,0	939,1	943,7	948,5	953,5	964,1	999,8
280	955,5	957,9	961,1	964,9	969,1	973,7	978,6	988,9	1024,7
290	983,6	985,1	987,7	991,1	995,0	999,3	1003,9	1013,9	1049,8
300	1012,4	1013,0	1014,9	1017,7	1021,2	1025,2	1029,6	1039,3	1076,8
350	1168,3	1161,3	1158,3	1157,7	1158,7	1160,7	1163,5	1170,8	1179,8
400	1338,5	1321,4	1312,4	1307,7	1305,6	1305,3	1306,2	1310,7	1317,6
450	1506,9	1485,4	1472,1	1464,2	1459,6	1457,3	1456,6	1458,5	1463,5
500	1668,6	1648,3	1634,1	1624,6	1618,6	1615,0	1613,2	1613,3	1616,8

Таблица 3

Энтропия этана

T, K	s, кДж/(кг · К), при p, МПа																	
	0,1	0,5	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
100	2,788	2,787	2,786	2,783	2,781	2,778	2,776	2,762	2,749	2,736	2,722	2,709	2,696	2,682	2,670	2,657	2,633	—
110	3,010	3,009	3,007	3,005	3,002	3,000	2,997	2,984	2,971	2,959	2,946	2,934	2,922	2,910	2,898	2,886	2,864	2,842
120	3,208	3,207	3,206	3,203	3,200	3,197	3,195	3,181	3,167	3,154	3,141	3,129	3,116	3,104	3,093	3,081	3,059	3,038
130	3,394	3,393	3,391	3,388	3,385	3,382	3,379	3,365	3,351	3,337	3,324	3,311	3,298	3,286	3,274	3,262	3,240	3,219
140	3,568	3,567	3,565	3,562	3,559	3,555	3,552	3,537	3,522	3,508	3,494	3,481	3,468	3,456	3,443	3,432	3,409	3,388
150	3,731	3,729	3,728	3,724	3,721	3,718	3,714	3,698	3,683	3,668	3,654	3,640	3,627	3,614	3,601	3,589	3,566	3,545
160	3,883	3,881	3,880	3,876	3,873	3,869	3,866	3,844	3,833	3,817	3,802	3,788	3,774	3,761	3,748	3,735	3,711	3,689
170	4,026	4,025	4,023	4,019	4,015	4,012	4,008	3,994	3,973	3,957	3,942	3,926	3,912	3,893	3,871	3,847	3,823	—
180	4,162	4,161	4,159	4,155	4,151	4,147	4,143	4,124	4,106	4,089	4,073	4,057	4,042	4,027	4,013	4,001	3,974	3,949
190	6,911	4,291	4,289	4,284	4,280	4,276	4,272	4,252	4,233	4,215	4,217	4,181	4,165	4,150	4,135	4,121	4,094	4,069
200	6,986	4,416	4,414	4,409	4,405	4,400	4,395	4,374	4,354	4,335	4,317	4,300	4,283	4,267	4,252	4,238	4,210	4,183
210	7,058	4,538	4,536	4,531	4,525	4,520	4,516	4,492	4,471	4,451	4,432	4,414	4,396	4,380	4,364	4,349	4,320	4,293
220	7,128	4,658	4,654	4,649	4,644	4,638	4,633	4,607	4,584	4,563	4,543	4,524	4,506	4,489	4,473	4,457	4,427	4,400
230	7,196	6,704	4,773	4,766	4,760	4,754	4,748	4,720	4,695	4,672	4,650	4,631	4,612	4,594	4,577	4,561	4,531	4,502
240	7,262	6,777	4,891	4,883	4,876	4,869	4,862	4,834	4,803	4,778	4,755	4,734	4,715	4,693	4,679	4,662	4,631	4,602
250	7,326	6,848	6,605	5,000	4,992	4,983	4,975	4,938	4,909	4,882	4,858	4,836	4,815	4,790	4,778	4,761	4,729	4,699
260	7,389	6,915	6,681	5,121	5,109	5,099	5,089	5,048	5,014	4,984	4,958	4,934	4,913	4,893	4,874	4,856	4,823	4,793
270	7,451	6,981	6,753	6,461	5,232	5,218	5,206	5,156	5,117	5,085	5,057	5,031	5,008	4,987	4,968	4,949	4,916	4,885
280	7,512	7,045	6,822	6,550	5,364	5,344	5,327	5,265	5,220	5,184	5,153	5,126	5,102	5,080	5,059	5,040	5,006	4,975
290	7,572	7,107	6,889	6,630	6,417	5,486	5,459	5,376	5,323	5,283	5,249	5,220	5,194	5,170	5,149	5,129	5,094	5,062
300	7,631	7,169	6,953	6,705	6,515	6,303	5,617	5,489	5,426	5,380	5,343	5,312	5,284	5,259	5,237	5,216	5,180	5,147
350	7,918	7,462	7,256	7,034	6,887	6,768	6,690	6,157	5,951	5,860	5,800	5,754	5,715	5,683	5,629	5,585	5,548	—
400	8,195	7,742	7,541	7,329	7,196	7,093	7,008	6,682	6,452	6,315	6,227	6,165	6,116	6,075	6,040	6,010	5,958	5,915
450	8,464	8,013	7,815	7,608	7,481	7,386	7,309	7,036	6,848	6,711	6,614	6,541	6,484	6,438	6,398	6,364	6,306	6,259
500	8,727	8,278	8,080	7,877	7,754	7,663	7,590	7,341	7,176	7,052	6,957	6,882	6,822	6,773	6,730	6,694	6,632	6,582

Таблица 4

T, K	c _p , кДж/(кг · К), при p, МПа																	
	0,1	0,5	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
120	2,296	2,295	2,293	2,291	2,288	2,286	2,284	2,274	2,266	2,260	2,254	2,250	2,247	2,245	2,244	2,244	2,246	2,250
130	2,336	2,335	2,334	2,332	2,329	2,327	2,325	2,316	2,308	2,301	2,295	2,291	2,287	2,284	2,281	2,279	2,278	2,279
140	2,356	2,355	2,354	2,352	2,349	2,347	2,345	2,335	2,326	2,318	2,312	2,306	2,296	2,292	2,288	2,282	2,277	2,277
150	2,361	2,361	2,359	2,358	2,355	2,352	2,352	2,347	2,335	2,325	2,316	2,316	2,299	2,292	2,286	2,279	2,274	2,262
160	2,362	2,361	2,359	2,356	2,352	2,349	2,346	2,332	2,319	2,308	2,298	2,288	2,279	2,271	2,263	2,255	2,239	2,222
170	2,371	2,370	2,367	2,363	2,359	2,355	2,352	2,339	2,331	2,306	2,294	2,283	2,272	2,262	2,253	2,244	2,225	2,205
180	2,392	2,390	2,387	2,382	2,377	2,374	2,368	2,347	2,329	2,313	2,300	2,287	2,275	2,265	2,254	2,245	2,225	2,205
190	1,466	2,424	2,422	2,414	2,408	2,402	2,396	2,371	2,349	2,331	2,315	2,301	2,289	2,282	2,277	2,267	2,257	2,238
200	1,476	2,472	2,467	2,459	2,451	2,443	2,436	2,408	2,379	2,357	2,339	2,323	2,310	2,298	2,287	2,277	2,259	2,243
210	1,492	2,535	2,528	2,518	2,507	2,497	2,488	2,448	2,416	2,390	2,369	2,352	2,337	2,324	2,312	2,302	2,285	2,271
220	1,511	2,615	2,607	2,591	2,577	2,564	2,551	2,509	2,460	2,429	2,405	2,384	2,367	2,353	2,341	2,330	2,314	2,301
230	1,535	1,739	2,706	2,684	2,664	2,646	2,629	2,561	2,511	2,474	2,444	2,420	2,401	2,385	2,371	2,366	2,343	2,331
240	1,561	1,725	2,832	2,802	2,773	2,747	2,724	2,633	2,569	2,523	2,487	2,459	2,436	2,418	2,403	2,391	2,372	2,360
250	1,590	1,723	1,977	2,959	2,915	2,876	2,842	2,717	2,635	2,577	2,533	2,500	2,474	2,452	2,436	2,422	2,402	2,389
260	1,622	1,731	1,927	3,183	3,108	3,046	2,993	2,815	2,708	2,636	2,582	2,544	2,513	2,489	2,469	2,454	2,431	2,417
270	1,655	1,747	1,904	2,556	3,400	3,287	3,198	2,93	2,790	2,700	2,637	2,590	2,554	2,526	2,504	2,486	2,460	2,444
280	1,690	1,768	1,894	2,347	3,951	3,680	3,501	3,071	2,882	2,769	2,693	2,638	2,597	2,564	2,539	2,519	2,490	2,472
290	1,727	1,793	1,897	2,235	3,119	4,587	4,049	3,241	2,983	2,843	2,753	2,689	2,641	2,604	2,575	2,553	2,520	2,499
300	1,765	1,822	1,910	2,172	2,711	4,786	5,737	3,457	3,095	2,921	2,814	2,741	2,686	2,645	2,613	2,587	2,550	2,527
350	1,969	1,999	2,043	2,149	2,293	2,493	2,778	4,949	3,726	3,303	3,107	2,990	2,910	2,851	2,805	2,768	2,713	2,676
400	2,182	2,201	2,227	2,286	2,356	2,438	2,534	3,211	3,585	3,436	3,268	3,154	3,075	3,018	2,973	2,937	2,880	2,838
450	2,394	2,407	2,425	2,403	2,505	2,551	2,601	2,903	3,182	3,289	3,273	3,223	3,174	3,134	3,101	3,073	3,029	2,994
500	2,597	2,607	2,620	2,647	2,676	2,706	2,738	2,914	3,085	3,200	3,248	3,254	3,224	3,206	3,189	3,160	3,136	—

Таблица 5

Средние квадратические случайные погрешности расчетных значений плотности этана

T, K	$\delta \rho_{cp}$, %, при p , МПа														
	0,1	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50	60	70
100	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12	—
120	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
140	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	—
160	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05
180	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
200	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
220	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
240	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05
260	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,03	0,07
280	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04	0,08
300	0,01	0,04	0,04	0,02	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,11
350	0,01	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,11	0,14	0,14	0,16	0,20	0,25
400	0,01	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,05	0,29	0,41	0,47	0,52	0,57
450	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,07	0,07	0,07	0,23	0,53	0,74	0,88	0,99
500	0,01	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,11	0,12	0,09	0,16	0,50	0,83	1,12	1,35

11

12

Таблица 6

Средние квадратические случайные погрешности расчетных значений энталпии этана

T, K	Δh_{cp} , кДж/кг, при p , МПа														
	0,1	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50	60	70
100	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,73	0,71	0,68	0,66	—	—
120	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,27	0,31	0,38
140	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,22	0,24
160	0,39	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,24	0,24	0,25	0,25
180	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,16	0,16	0,16	0,17	0,28
200	0,32	0,26	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,25	0,30
220	0,12	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,40	0,38	0,34	0,34
240	0,04	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,34	0,38	0,42	0,44	0,45	0,43	0,40
260	0,02	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,19	0,23	0,27	0,30	0,31	0,30
280	0,01	0,13	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,20	0,24
300	0,01	0,14	0,24	0,30	0,28	0,19	0,18	0,18	0,18	0,29	0,40	0,48	0,54	0,60	0,66
350	0,01	0,14	0,24	0,29	0,32	0,32	0,32	0,30	0,30	0,24	0,37	0,79	1,21	1,59	1,92
400	0,01	0,16	0,28	0,37	0,45	0,48	0,51	0,54	0,55	0,53	0,40	0,54	1,06	1,73	2,44
450	0,02	0,18	0,33	0,46	0,56	0,65	0,73	0,85	0,95	1,22	1,04	0,97	1,13	1,59	2,30
500	0,02	0,19	0,37	0,52	0,66	0,78	0,89	1,09	1,26	1,94	2,01	1,85	1,83	2,00	2,39

Таблица 7

Средние квадратические случайные погрешности расчетных значений энтропии этана

T, K	δs_{cp} , %, при p , МПа														
	0,1	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50	60	70
100	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	—
120	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10
140	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
160	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
180	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
200	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
220	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
240	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
260	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
280	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
300	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
350	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,09	0,12
400	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,09	0,12
450	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,11
500	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10

Таблица 8

Средние квадратические случайные погрешности расчетных значений изобарной теплопроводности этана

T, K	$\delta \rho_s$, %, при p , МПа														
	0,1	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50	60	70
120	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
140	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
160	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
180	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
200	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5
220	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4
240	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
260	0,05	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
280	0,05	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9
300	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1
350	0,05	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8
400	0,05	0,05	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4
450	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
500	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michels A., van Straaten W., Dawson J. Isotherms and thermodynamical functions of ethane at temperatures between 0°C and 150°C and pressures up to 200 atm. — Physica, 1954, vol. 20, p. 17—23.
2. Douslin D. R., Harrison R. H. Pressure, volume, temperature relations of ethane. — J. Chem. Thermodynamics, 1973, vol. 5, p. 491—512.
3. Straty G. C., Tsumura R. PVT and vapor pressure measurements on ethane. — J. Res. NBS, 1976, vol. 80A, p. 35—39.
4. Experimental pressure-volume-temperature relations for saturated and compressed fluid ethane/Pal A. K., Pope G. A., Arai Y. etc. — Chem. and Eng. Data, 1976, vol. 21, p. 394—397.
5. Головский Е. А., Мицевич Э. П., Цымарный В. А. Измерения плотности этана в интервале 90,24 — 270,21 К до давления 604,09 бар. Деп. рукопись № 59М, ВНИИЭГазпром, 1978.
6. Goodwin R. D., Roder H. M., Straty G. C. Thermodynamic properties of ethane from 90 to 600 K at pressures to 700 bar. — Washington: Gov. print. off., 1976.—VI, 319 p. — (U. S. Dep. of commerce. NBS. Techn. note; N 684).
7. McClune C. R. Measurement of the densities of liquified hydrocarbons from 93 to 173 K. — Cryogenics, 1976, vol. 16, p. 289—295.
8. Haynes W. M., Hiza M. J. Measurements of orthobaric liquid densities of methane, ethane, propane, isobutane and normal butane. — J. Chem. Thermodynamics, 1977, vol. 9, p. 179—187.
9. Roder H. M. Measurements of the specific heats C and C_v of dense gaseous and liquid ethane. — J. Res. NBS, 1976, vol. 80A, p. 739—759.
10. Landolt H., Börnstein R. Zahlenwerte und Funktionen aus Physik Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Bd 2. Eigenschaften der Materie in ihren Aggregatzuständen. T. 4. Kalorische Zustandsgrößen. — 6. Aufl. — Berlin etc.: Springer, 1961.—XI, 865 S.
11. Термодинамические свойства этана/ Сычев В. В., Вассерман А. А., Загорченко В. А., Козлов А. Д. и др. — М.: Изд-во стандартов, 1982.

Подано в набор 14.10.83 Подп. к печ. 02.12.83 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 1
Гарнитура литературная. Печать высокая, 1,0 п. л. 1,01 уч.-изд. л. Тираж 3000 Цена 5 коп.

Брошюра подготовлена на основе данных, полученных в результате измерений в лаборатории физико-химической химии Академии наук СССР. В ней приведены результаты измерений плотности, энталпии и энтропии, а также измерений изобарной теплоемкости для 100 пар углеводородов и их смесей. В брошюре описаны методы измерений и обработка полученных данных. Приведены формулы для вычисления изобарной теплоемкости и коэффициентов линейной зависимости изобарной теплоемкости от температуры. В брошюре даны таблицы стандартных справочных данных для 100 пар углеводородов и их смесей. В брошюре приведены таблицы стандартных справочных данных для 100 пар углеводородов и их смесей.

Таблицы стандартных справочных данных

**ЭТАН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ. ПЛОТНОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ,
ЭНТРОПИЯ И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ
100—500 К И ДАВЛЕНИЯХ 0,1—70 МПа**

ГССД 48—83

Редактор *Н. А. Аргунова*
Технический редактор *Н. М. Ильчева*
Корректор *Е. И. Евтеева*

Н/К

Сдано в наб. 14.10.83 Подп. к печ. 02.12.83 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 1
Гарнитура литературная. Печать высокая, 1,0 п. л. 1,01 уч.-изд. л. Тираж 3000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1149