



**ТАБЛИЦЫ
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

**ЭТИЛЕН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ.
ПЛОТНОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ
И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 130–450 К
И ДАВЛЕНИЯХ 0,1–100 МПа**

ГСССД 47–83

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, канд. техн. наук Е. А. Головский, канд. техн. наук А. Д. Козлов, канд. техн. наук Г. А. Спиридонов, 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 экспертной 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

ЭТИЛЕН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ.
ПЛОТНОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ
И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 130—450 К
И ДАВЛЕНИЯХ 0,1—100 МПа

Liquid and gaseous ethylene. Density,
enthalpy, entropy and isobaric specific heat
at temperatures 130—450 K and pressures
0,1—100 MPa

ГСССД
47—83

GSSSD

47—83

Применение стандартных справочных данных обязательно во всех отраслях народного хозяйства

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

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

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

где

$$z = pv/RT; \quad \omega = \rho/\rho_{кр}; \quad \tau = T/T_{кр},$$

Уравнение составлено по наиболее надежным экспериментальным p , v , T -данным [1—11] для однофазной области и линии насыщения, охватывающим диапазоны температур 104—448 К и давлений 0,07—320 МПа. Средняя квадратическая погрешность описания 2262 опытных значений плотности $\delta\rho_{ср} = 0,12\%$. Дополнительно при составлении уравнения использованы 26 значений второго вириального коэффициента для диапазона температур 200—500 К, 54 значения производной $(\partial\rho/\partial v)_T$ из [7] для области температур 283—303 К и давлений 4,6—7,4 МПа и 517 значений производной $(\partial\rho/\partial T)_v$ из [7] для области 238—448 К и 1,3—40 МПа. Значения производных $(\partial\rho/\partial v)_T$ и $(\partial\rho/\partial T)_v$ уравнение описывает со средними квадратическими погрешностями 4,2 и 1,7 % соответственно. Уравнение удовлетворяет правилу Максвелла со средней квадратической погрешностью $\delta p_{s,ср} = 0,05\%$.

Коэффициенты единого уравнения состояния этилена получены усреднением коэффициентов уравнений состояния, эквивалентных

по точности описания исходной информации; для усреднения использовано 91 уравнение. При расчетах приняты следующие значения критических параметров и газовой постоянной: $T_{кр} = 282,35$ К; $p_{кр} = 5,042$ МПа; $\rho_{кр} = 214,2$ кгс/м³; $R = 296,376$ Дж/(кг·К).

Коэффициенты усредненного уравнения состояния этилена:

$b_{10} = 0,8431240 \cdot 10^0;$	$b_{42} = -0,3415982 \cdot 10^{-2};$
$b_{11} = -0,2046700 \cdot 10^1;$	$b_{43} = 0,6498689 \cdot 10^0;$
$b_{12} = -0,1726027 \cdot 10^0;$	$b_{44} = -0,4747793 \cdot 10^0;$
$b_{13} = 0,2493846 \cdot 10^0;$	$b_{45} = -0,6796843 \cdot 10^{-1};$
$b_{14} = 0,4532339 \cdot 10^0;$	$b_{50} = -0,9213325 \cdot 10^0;$
$b_{15} = -0,7799010 \cdot 10^0;$	$b_{51} = 0,7408472 \cdot 10^{-1};$
$b_{16} = 0,2842358 \cdot 10^0;$	$b_{52} = -0,5327907 \cdot 10^0;$
$b_{17} = -0,3589036 \cdot 10^{-1};$	$b_{53} = -0,2744774 \cdot 10^0;$
$b_{18} = -0,1712753 \cdot 10^{-2};$	$b_{54} = -0,2970622 \cdot 10^0;$
$b_{20} = -0,2307658 \cdot 10^0;$	$b_{55} = -0,1520659 \cdot 10^{-1};$
$b_{21} = 0,1358232 \cdot 10^1;$	$b_{60} = 0,3677720 \cdot 10^0;$
$b_{22} = 0,5537785 \cdot 10^0;$	$b_{61} = -0,7307244 \cdot 10^{-1};$
$b_{23} = -0,1075657 \cdot 10^1;$	$b_{62} = 0,4566202 \cdot 10^0;$
$b_{24} = 0,2245091 \cdot 10^0;$	$b_{63} = 0,9065153 \cdot 10^{-1};$
$b_{25} = -0,4223190 \cdot 10^{-1};$	$b_{64} = 0,1729587 \cdot 10^0;$
$b_{26} = -0,1999040 \cdot 10^0;$	$b_{65} = -0,2004122 \cdot 10^{-2};$
$b_{27} = 0,3016171 \cdot 10^{-1};$	$b_{70} = -0,4545504 \cdot 10^{-1};$
$b_{30} = -0,1972351 \cdot 10^0;$	$b_{71} = -0,5864905 \cdot 10^{-1};$
$b_{31} = -0,1220999 \cdot 10^1;$	$b_{72} = -0,1037593 \cdot 10^0;$
$b_{32} = -0,4408882 \cdot 10^0;$	$b_{73} = -0,1909145 \cdot 10^{-1};$
$b_{33} = -0,2822725 \cdot 10^0;$	$b_{74} = -0,1657891 \cdot 10^{-1};$
$b_{34} = 0,9033548 \cdot 10^0;$	$b_{80} = -0,8257072 \cdot 10^{-3};$
$b_{35} = 0,4402263 \cdot 10^0;$	$b_{81} = 0,1733436 \cdot 10^{-1};$
$b_{36} = 0,1320312 \cdot 10^{-1};$	$b_{82} = 0,8166246 \cdot 10^{-2};$
$b_{40} = 0,9170828 \cdot 10^0;$	$b_{83} = -0,2831901 \cdot 10^{-2};$
$b_{41} = 0,8084372 \cdot 10^0;$	$b_{84} = 0,7532818 \cdot 10^{-3}.$

Энтальпия, энтропия и изобарная теплоемкость рассчитывались по формулам:

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

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

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

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

где h_0 , s_0 , c_{v_0} — энтальпия, 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} — энтальпия 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 этилена при $T=0$ К принято $h_0^0 = 676,74$ кДж/кг на основании данных [12]. Температура вспомогательной точки отсчета $T_0=100$ К. Значения энтальпии и энтропии при этой температуре составляют соответственно $h_{00} = 118,55$ кДж/кг и $s_{00} = 6,4314$ кДж/(кг·К).

Изобарная теплоемкость в идеально-газовом состоянии принята по данным [13] и аппроксимирована обобщенным полиномом

$$\frac{c_p^0}{R} = \sum_{j=0}^{10} \alpha_j \Theta^j + \sum_{j=1}^3 \beta_j \Theta^{-j},$$

$$\Theta = T/100;$$

$\alpha_0 = 0,606273549 \cdot 10^2;$	$\alpha_6 = 0,853985423 \cdot 10^{-2};$
$\alpha_1 = -0,397416331 \cdot 10^2;$	$\alpha_7 = -0,500580398 \cdot 10^{-3};$
$\alpha_2 = 0,170279092 \cdot 10^2;$	$\alpha_8 = 0,191505964 \cdot 10^{-4};$
$\alpha_3 = -0,452567070 \cdot 10^1;$	$\alpha_9 = -0,431100059 \cdot 10^{-6};$
$\alpha_4 = 0,807368369 \cdot 10^0;$	$\alpha_{10} = 0,433161074 \cdot 10^{-8};$
$\alpha_5 = -0,995944272 \cdot 10^{-1};$	

$$\beta_1 = -0,482171008 \cdot 10^2;$$

$$\beta_2 = 0,226272264 \cdot 10^2;$$

$$\beta_3 = -0,451188778 \cdot 10^1.$$

Средняя квадратическая погрешность аппроксимации исходных значений c_p^0 в диапазоне температур 100—1500 К составляет 0,006 %, максимальная — 0,011 %.

Случайные погрешности расчетных значений термодинамических свойств, характеризующие допуск к средним значениям с доверительной вероятностью 0,997, вычислены по формуле

$$\sigma_{\bar{x}} = 3 \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (\bar{x} - x_k)^2 / N(N-1)},}$$

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

Оценка $\sigma_{\bar{x}}$ 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 этилена, а в табл. 5—8 соответствующие им случайные погрешности для части изобар. На промежуточных изобарах значения погрешностей могут быть найдены линейной интерполяцией.

В таблицах не представлены данные для критической области ($T = 270—295$ К; $\rho = 128—300$ кг/м³). Заметим, что уравнение состояния в полиномиальной форме, использованное для расчета настоящих таблиц, непригодно для надежного описания термодинамических свойств в этой области.

Сведения об экспериментальных исследованиях термодинамических свойств этилена, методике составления уравнения состояния и расчета таблиц, согласованности расчетных и опытных данных, результатах сопоставления с ранее опубликованными таблицами приведены в [14], где представлены более подробные таблицы значений плотности, энтальпии, изохорной и изобарной теплоемкостей и энтропии, а также значения скорости звука, дроссель-эффекта, некоторых производных, летучести, показателя адиабаты и свойств на кривых фазового равновесия. В отличие от [14], в настоящих таблицах не представлены данные для диапазонов температур 100—120 и 500—600 К, что обусловлено отсутствием экспериментальных данных при высоких температурах и ростом разброса расчетных значений термодинамических свойств при низких температурах.

Таблица 1

Плотность этилена

T, К	ρ , кг/м ³ , при p , МПа						
	0,1	0,5	1	2	3	4	5
130	621,6	621,8	622,2	622,8	623,4	624,0	624,6
140	608,4	608,6	609,0	609,7	610,4	611,1	611,8
150	594,9	595,2	595,6	596,4	597,2	598,0	598,8
160	581,1	581,5	581,9	582,9	583,8	584,6	585,5
170	2,058	567,3	567,8	568,9	569,9	570,9	571,9
180	1,930	552,6	553,3	554,5	555,7	556,8	558,0
190	1,818	537,3	538,0	539,5	540,9	542,2	543,5
200	1,721	512,2	522,0	523,7	525,4	526,9	528,5
210	1,634	8,835	504,9	507,0	509,0	510,9	612,7
220	1,556	8,305	485,4	489,0	491,4	493,7	495,9
230	1,485	7,852	17,11	469,1	472,2	475,2	477,9
240	1,421	7,455	16,01	446,5	450,7	454,6	458,1
250	1,363	7,104	15,09	35,62	425,5	431,0	435,8
260	1,309	6,789	14,29	32,62	61,48	402,0	409,5
270	1,259	6,505	13,60	30,33	53,30	359,7	375,2
280	1,213	6,245	12,99	28,47	48,21	77,67	311,0
290	1,171	6,008	12,44	26,91	44,49	67,65	104,7
300	1,131	5,789	11,94	25,56	41,57	61,27	87,66
350	0,9675	4,907	10,00	20,76	32,39	45,02	58,82
400	0,8455	4,267	8,633	17,66	27,10	36,96	47,24
450	0,7509	3,777	7,611	15,44	23,48	31,72	40,15

Продолжение

Т, К	ρ, кг/м³, при p, МПа						
	10	15	20	25	30	35	40
130	627,5	630,4	633,1	635,7	638,2	640,7	643,1
140	615,1	618,2	621,2	624,1	626,9	629,7	632,3
150	602,5	606,0	609,4	612,6	615,7	618,7	621,6
160	589,7	593,7	597,4	600,9	604,3	607,6	610,7
170	576,7	581,1	585,2	589,1	592,9	596,4	599,8
180	563,4	568,3	572,9	577,2	581,3	585,2	588,9
190	549,7	555,3	560,4	565,2	569,7	573,9	577,9
200	535,6	541,9	547,7	553,0	557,9	562,5	566,9
210	521,0	528,3	534,8	540,6	546,1	551,1	555,8
220	505,8	514,2	521,5	528,1	534,1	539,6	544,7
230	489,8	499,5	507,9	515,3	521,9	528,0	533,6
240	472,8	484,3	493,4	502,2	509,6	516,3	522,4
250	454,6	468,4	479,4	488,8	497,1	504,4	511,1
260	434,9	451,6	464,5	475,2	484,4	492,5	499,7
270	413,0	433,9	449,0	461,2	471,4	480,4	488,3
280	388,2	415,0	433,0	446,8	458,3	468,2	476,8
290	359,1	394,7	416,2	432,2	445,0	455,9	465,3
300	323,4	372,9	398,8	417,1	431,5	443,5	453,8
350	151,0	248,2	304,6	338,8	362,8	381,3	396,4
400	105,2	169,2	224,9	265,9	298,4	322,8	342,5
450	84,85	131,9	176,6	215,3	247,4	273,8	295,9

Продолжение

Т, К	ρ, кг/м³, при p, МПа						
	45	50	60	70	80	90	100
130	645,5	647,8	652,3	656,7	661,1	665,4	669,7
140	634,9	637,4	642,4	647,1	651,8	656,4	661,0
150	624,4	627,1	632,4	637,5	642,5	647,4	652,1
160	613,8	616,7	622,4	627,8	633,1	638,1	643,1
170	603,1	606,3	612,3	618,1	623,6	628,8	634,0
180	592,4	595,8	602,2	608,3	614,1	619,6	624,9
190	581,7	585,3	592,2	598,6	604,7	610,4	615,9
200	571,0	574,9	582,3	589,1	595,4	601,4	607,1
210	560,3	564,5	572,4	579,6	586,3	592,5	598,5
220	549,6	554,1	562,5	570,2	577,2	583,8	590,0
230	538,8	543,7	552,7	560,8	568,3	575,2	581,6
240	528,0	533,3	542,9	551,6	559,4	566,7	573,4
250	517,2	522,9	533,2	542,4	550,7	558,3	565,4
260	506,4	512,5	523,5	533,3	542,0	550,0	557,4
270	495,5	502,1	513,9	524,2	533,4	541,8	549,6
280	484,6	491,7	504,3	515,2	524,9	533,7	541,8
290	473,7	481,3	494,7	506,3	516,5	525,7	534,1
300	462,8	471,0	485,2	497,4	508,2	517,8	526,6
350	409,2	420,3	439,1	454,7	468,1	479,8	490,3
400	359,0	373,1	396,4	415,2	431,1	444,9	457,0
450	314,7	331,0	357,8	379,5	397,6	413,2	426,8

Таблица 2

Энтальпия этилена

Т, К	h, кДж/кг, при p, МПа						
	0,1	0,5	1	2	3	4	5
130	295,9	296,3	296,9	298,1	299,3	300,4	301,6
140	319,8	320,2	320,8	321,9	323,1	324,2	325,4
150	343,6	344,0	344,6	345,7	346,8	347,9	349,0
160	367,4	367,8	368,4	369,4	370,5	371,6	372,7
170	872,2	391,8	392,3	393,3	394,3	395,4	396,4
180	885,7	416,0	416,5	417,4	418,4	419,3	420,3
190	899,0	440,6	441,0	441,8	442,7	443,6	444,5
200	912,2	465,6	466,0	466,7	467,4	468,2	469,0
210	925,4	910,4	491,7	492,2	492,8	493,4	494,0
220	938,7	925,8	518,3	518,5	518,9	519,3	519,7
230	952,2	940,9	924,1	546,1	546,1	546,1	546,3
240	965,8	955,8	941,4	575,4	574,8	574,3	574,1
250	979,7	970,7	958,0	925,2	605,9	604,5	603,5
260	993,8	985,6	974,4	946,7	904,0	638,1	635,6
270	1008,1	1000,7	990,5	966,6	934,2	679,6	672,7
280	1022,8	1015,9	1006,6	985,4	958,8	920,8	927,9
290	1037,8	1031,3	1022,8	1003,7	981,0	952,0	908,8
300	1053,0	1047,0	1039,1	1021,8	1001,8	977,9	947,4
350	1134,5	1129,9	1124,0	1111,9	1099,1	1085,5	1071,1
400	1224,7	1221,0	1216,3	1206,8	1197,2	1187,5	1177,5
450	1323,8	1320,7	1316,8	1309,0	1301,3	1293,6	1285,9

Продолжение

Т, К	h, кДж/кг, при p, МПа						
	10	15	20	25	30	35	40
130	307,5	313,4	319,4	325,4	331,4	337,4	343,5
140	331,2	337,0	342,9	348,8	354,8	360,8	366,8
150	354,7	360,4	366,1	372,0	377,8	383,7	389,7
160	378,1	383,7	389,3	395,0	400,7	406,5	412,4
170	401,6	407,0	412,5	418,0	423,6	429,3	435,0
180	425,3	430,4	435,7	441,0	446,5	452,1	457,7
190	449,1	453,9	458,9	464,1	469,4	474,8	480,3
200	473,1	477,6	482,4	487,3	492,4	497,7	503,0
210	497,6	501,6	506,0	510,7	515,6	520,6	525,8
220	522,5	526,0	530,0	534,3	538,9	543,7	548,7
230	548,0	550,8	554,2	558,1	562,4	566,9	571,7
240	574,3	576,1	578,9	582,3	586,2	590,4	594,9
250	601,5	602,0	604,0	606,8	610,2	614,1	618,3
260	629,8	628,7	629,6	631,7	634,6	638,1	642,0
270	659,8	656,2	655,8	657,1	659,4	662,4	665,9
280	691,8	684,7	682,6	682,9	684,5	686,9	690,1
290	726,9	714,4	710,1	709,1	709,9	711,8	714,5
300	766,9	745,4	738,3	735,8	735,7	737,0	739,2
350	986,8	919,5	889,8	876,4	869,8	866,9	866,2
400	1126,1	1077,9	1043,3	1022,1	1009,4	1002,1	998,1
450	1248,2	1213,2	1184,4	1163,4	1148,9	1139,3	1133,1

Продолжение

Т, К	h, кДж/кг, при p, МПа						
	45	50	60	70	80	90	100
130	349,6	355,7	367,9	380,2	392,5	404,9	417,3
140	372,8	378,9	391,0	403,3	415,5	427,8	440,2
150	395,6	401,6	413,6	425,7	437,9	450,0	462,2
160	418,2	424,1	436,0	448,0	460,0	472,0	484,0
170	440,8	446,6	458,3	470,1	482,0	493,9	505,8
180	463,3	469,1	480,6	492,3	504,0	515,8	527,7
190	485,9	491,5	502,9	514,4	526,1	537,8	549,5
200	508,4	514,0	525,2	536,6	548,1	559,7	571,4
210	531,1	536,5	547,5	558,7	570,1	581,7	593,3
220	553,8	559,0	569,8	580,9	592,2	603,7	615,2
230	576,6	581,7	592,2	603,1	614,3	625,7	637,2
240	599,6	604,5	614,8	625,5	636,5	647,7	659,1
250	622,8	627,5	637,5	647,9	658,8	669,9	681,2
260	646,2	650,7	660,3	670,5	681,1	692,1	703,3
270	669,9	674,1	683,3	693,3	703,7	714,5	725,6
280	693,7	697,7	706,5	716,2	726,4	737,0	748,0
290	717,8	721,5	729,9	739,2	749,2	759,7	770,5
300	742,1	745,5	753,5	762,5	772,3	782,5	793,2
350	868,9	868,6	874,1	881,4	890,0	899,4	909,4
400	996,4	996,2	999,1	1004,7	1012,1	1020,6	1030,0
450	1129,6	1127,8	1128,3	1132,3	1138,5	1146,2	1155,0

Энтропия этилена

Таблица 3

Т, К	s, кДж/(кг·К), при p, МПа						
	0,1	0,5	1	2	3	4	5
130	3,556	3,555	3,553	3,550	3,547	3,543	3,540
140	3,733	3,732	3,730	3,727	3,723	3,720	3,716
150	3,897	3,896	3,894	3,890	3,887	3,883	3,879
160	4,051	4,050	4,048	4,044	4,040	4,036	4,032
170	7,039	4,195	4,193	4,189	4,184	4,180	4,176
180	7,117	4,334	4,331	4,326	4,322	4,317	4,312
190	7,188	4,466	4,464	4,458	4,453	4,448	4,443
200	7,256	4,595	4,592	4,586	4,580	4,574	4,569
210	7,321	6,793	4,717	4,710	4,703	4,697	4,691
220	7,383	6,865	4,841	4,833	4,825	4,818	4,810
230	7,443	6,932	6,673	4,955	4,946	4,937	4,928
240	7,501	6,995	6,747	5,080	5,068	5,057	5,047
250	7,557	7,056	6,815	6,512	5,195	5,180	5,167
260	7,612	7,114	6,879	6,596	6,344	5,312	5,293
270	7,667	7,171	6,940	6,671	6,458	5,468	5,433
280	7,720	7,226	6,998	6,739	6,548	6,353	5,633
290	7,772	7,281	7,055	6,804	6,626	6,463	6,272
300	7,824	7,334	7,111	6,865	6,696	6,550	6,403
350	8,075	7,589	7,372	7,142	6,996	6,883	6,786
400	8,316	7,832	7,618	7,396	7,258	7,155	7,071
450	8,549	8,067	7,855	7,636	7,503	7,405	7,326

Продолжение

Т, К	s, кДж/(кг·К), при p, МПа						
	10	15	20	25	30	35	40
130	3,524	3,508	3,493	3,479	3,465	3,451	3,438
140	3,699	3,683	3,667	3,652	3,638	3,624	3,610
150	3,861	3,844	3,828	3,812	3,797	3,782	3,768
160	4,013	3,995	3,977	3,961	3,945	3,929	3,915
170	4,155	4,136	4,118	4,100	4,084	4,067	4,052
180	4,290	4,270	4,250	4,232	4,214	4,198	4,181
190	4,419	4,397	4,376	4,357	4,338	4,321	4,304
200	4,543	4,519	4,496	4,476	4,456	4,438	4,420
210	4,662	4,636	4,612	4,590	4,569	4,550	4,531
220	4,778	4,749	4,723	4,699	4,677	4,657	4,638
230	4,891	4,859	4,831	4,805	4,782	4,760	4,740
240	5,003	4,967	4,936	4,908	4,883	4,850	4,839
250	5,114	5,073	5,038	5,008	4,982	4,957	4,935
260	5,225	5,177	5,139	5,106	5,077	5,051	5,027
270	5,338	5,281	5,238	5,202	5,171	5,143	5,118
280	5,454	5,385	5,335	5,295	5,262	5,232	5,206
290	5,578	5,489	5,432	5,388	5,351	5,312	5,291
300	5,713	5,594	5,527	5,478	5,438	5,405	5,375
350	6,394	6,130	5,994	5,917	5,852	5,805	5,766
400	6,767	6,554	6,404	6,300	6,224	6,166	6,118
450	7,055	6,873	6,737	6,633	6,553	6,489	6,436

Продолжение

Т, К	s, кДж/(кг·К), при p, МПа						
	45	50	60	70	80	90	100
130	3,425	3,412	3,388	3,365	3,343	3,322	3,302
140	3,597	3,584	3,559	3,536	3,514	3,492	3,472
150	3,754	3,741	3,715	3,691	3,668	3,645	3,624
160	3,900	3,886	3,860	3,834	3,810	3,787	3,765
170	4,037	4,023	3,995	3,969	3,944	3,920	3,897
180	4,166	4,151	4,122	4,095	4,070	4,045	4,022
190	4,288	4,272	4,243	4,215	4,189	4,164	4,140
200	4,403	4,387	4,357	4,329	4,302	4,277	4,252
210	4,514	4,497	4,466	4,437	4,409	4,384	4,359
220	4,619	4,602	4,570	4,540	4,512	4,486	4,461
230	4,721	4,703	4,669	4,639	4,610	4,584	4,559
240	4,819	4,800	4,765	4,734	4,705	4,678	4,652
250	4,914	4,894	4,858	4,825	4,796	4,768	4,742
260	5,005	4,985	4,948	4,914	4,883	4,855	4,829
270	5,095	5,073	5,034	5,000	4,968	4,940	4,913
280	5,181	5,159	5,119	5,083	5,051	5,022	4,994
290	5,266	5,243	5,201	5,164	5,131	5,101	5,073
300	5,348	5,324	5,281	5,243	5,209	5,179	5,150
350	5,733	5,703	5,652	5,610	5,572	5,539	5,508
400	6,078	6,044	5,985	5,939	5,898	5,862	5,830
450	6,392	6,354	6,290	6,239	6,196	6,158	6,125

Таблица 4

Изобарная теплоемкость этилена

Т, К	c_p , кДж/(кг·К), при p , МПа						
	0,1	0,5	1	2	3	4	5
130	2,400	2,399	2,398	2,396	2,394	2,392	2,390
140	2,381	2,379	2,378	2,375	2,372	2,369	2,366
150	2,381	2,379	2,377	2,373	2,369	2,366	2,362
160	2,391	2,389	2,387	2,382	2,377	2,372	2,368
170	1,366	2,408	2,405	2,398	2,392	2,386	2,381
180	1,337	2,436	2,432	2,424	2,416	2,409	2,402
190	1,323	2,478	2,472	2,461	2,451	2,442	2,432
200	1,321	2,537	2,529	2,514	2,500	2,488	2,475
210	1,326	1,573	2,608	2,587	2,568	2,550	2,533
220	1,338	1,523	2,719	2,687	2,659	2,633	2,610
230	1,354	1,498	1,773	2,829	2,785	2,746	2,712
240	1,374	1,487	1,691	3,048	2,970	2,905	2,851
250	1,397	1,488	1,644	2,277	3,278	3,152	3,055
260	1,423	1,497	1,620	2,050	3,547	3,614	3,395
270	1,451	1,513	1,611	1,925	2,661	5,078	4,145
280	1,480	1,532	1,613	1,854	2,314	3,608	9,183
290	1,511	1,556	1,623	1,813	2,135	2,782	4,812
300	1,544	1,582	1,639	1,793	2,032	2,438	3,253
350	1,716	1,738	1,767	1,837	1,925	2,033	2,169
400	1,894	1,908	1,927	1,969	2,016	2,068	2,128
450	2,067	2,077	2,091	2,119	2,150	2,182	2,217

Продолжение

Т, К	c_p , кДж/(кг·К), при p , МПа						
	10	15	20	25	30	35	40
130	2,382	2,375	2,369	2,365	2,361	2,358	2,356
140	2,354	2,343	2,333	2,325	2,317	2,310	2,303
150	2,346	2,332	2,319	2,307	2,297	2,287	2,278
160	2,348	2,330	2,315	2,302	2,289	2,278	2,268
170	2,356	2,335	2,317	2,301	2,288	2,275	2,264
180	2,371	2,345	2,324	2,305	2,290	2,276	2,264
190	2,393	2,361	2,335	2,314	2,296	2,280	2,266
200	2,424	2,385	2,353	2,327	3,306	2,288	2,272
210	2,466	2,416	2,377	2,346	2,321	2,300	2,282
220	2,519	2,456	2,408	2,371	2,340	2,316	2,295
230	2,586	2,504	2,445	2,400	2,364	2,336	2,312
240	2,669	2,561	2,488	2,434	2,392	2,359	2,332
250	2,773	2,628	2,536	2,472	2,423	2,385	2,355
260	2,907	2,706	2,590	2,513	2,456	2,413	2,379
270	3,085	2,798	2,650	2,556	2,491	2,442	2,404
280	3,338	2,905	2,714	2,602	2,526	2,471	2,429
290	3,719	3,032	2,784	2,649	2,562	2,501	2,455
300	4,299	3,179	2,858	2,698	2,598	2,530	2,480
350	3,308	3,524	3,146	2,903	2,756	2,661	2,595
400	2,510	2,857	2,940	2,885	2,805	2,734	2,676
450	2,414	2,610	2,733	2,774	2,771	2,750	2,722

Т. К	c_p , кДж/(кг·К), при p , МПа						
	45	50	60	70	80	90	100
130	2,355	2,354	2,353	2,353	2,353	2,354	2,354
140	2,297	2,291	2,280	2,269	2,258	2,246	2,233
150	2,270	2,261	2,246	2,231	2,217	2,202	2,186
160	2,259	2,250	2,234	2,219	2,205	2,191	2,178
170	2,254	2,245	2,229	2,215	2,203	2,192	2,183
180	2,253	2,244	2,228	2,214	2,203	2,194	2,187
190	2,255	2,244	2,227	2,214	2,203	2,195	2,189
200	2,259	2,247	2,228	2,214	2,203	2,195	2,190
210	2,266	2,253	2,232	2,216	2,204	2,196	2,190
220	2,278	2,263	2,239	2,221	2,208	2,198	2,191
230	2,292	2,275	2,248	2,229	2,214	2,203	2,194
240	2,310	2,291	2,261	2,239	2,222	2,210	2,200
250	2,330	2,309	2,276	2,251	2,233	2,219	2,209
260	2,351	2,328	2,292	2,266	2,246	2,231	2,220
270	2,373	2,349	2,310	2,282	2,261	2,245	2,233
280	2,396	2,370	2,329	2,299	2,277	2,260	2,247
290	2,419	2,391	2,348	2,317	2,294	2,276	2,263
300	2,442	2,412	2,366	2,335	2,311	2,293	2,279
350	2,546	2,509	2,457	2,422	2,398	2,381	2,367
400	2,630	2,594	2,542	2,508	2,485	2,468	2,456
450	2,695	2,669	2,627	2,597	2,575	2,559	2,547

Таблица 5

Средние квадратические случайные погрешности
расчетных значений плотности этилена

Т. К	$\delta_{ср}$, % при p , МПа												
	1	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
130	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,08	0,30	0,44
140	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,09	0,13
150	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,08	0,11
160	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,10
170	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08
180	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
190	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05
200	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04
210	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
220	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
230	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
240	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
250	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
260	0,06	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
270	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
280	0,03	0,04	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
290	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
300	0,03	0,02	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
350	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
400	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
450	0,03	0,06	0,07	0,08	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07

Таблица 6

Средние квадратические случайные погрешности
расчетных значений энтальпии этилена

Т, К	Δh_{cp} , кДж/кг, при p , МПа												
	1	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
130	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	1,0	1,2
140	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
150	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
160	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
170	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
180	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
190	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
200	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
210	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
220	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
230	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
240	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
250	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
260	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
270	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
280	0,3	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
290	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
300	0,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
350	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
400	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5
450	0,3	0,9	1,4	2,2	2,9	3,0	3,0	3,2	3,2	3,5	3,6	3,8	3,9

Таблица 7

Средние квадратические случайные погрешности
расчетных значений энтропии этилена

Т, К	Δs_{cp} , %, при p , МПа												
	1	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
130	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,11	0,13	0,24	0,27
140	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,30
150	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
160	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
170	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
180	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
190	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
200	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
210	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
220	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
230	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
240	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
250	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
260	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
270	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
280	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
290	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
300	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
350	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
400	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
450	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15

Таблица 8

Средние квадратические случайные погрешности
расчетных значений изобарной теплоемкости этилена

T, K	$\delta_{p, \text{ср}}^2$, %, при p, МПа												
	1	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
130	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,9	2,7
140	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	2,0	2,2
150	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0
160	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8
170	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
180	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
190	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
200	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
210	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
220	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
230	1,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
240	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
250	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
260	0,2	2,1	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
270	0,2	0,8	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
280	0,3	0,3	1,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7
290	0,3	0,3	0,8	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
300	0,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
350	0,3	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
400	0,1	0,4	0,7	1,0	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
450	0,1	0,3	0,4	0,8	1,2	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8	1,9	2,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michels A., Geldermans M. Isotherms of ethylene up to 3000 atmospheres between 0° and 150°C. — *Physica*, 1942, vol. 9, p. 967—973.
2. Экспериментальное исследование, *p. v.*, *T*-зависимости жидкого этилена/Головский Е. А., Елема В. А., Загорученко В. А., Цымарный В. А. — *Изв. вузов. Нефть и газ*, 1969, № 1, с. 85—88.
3. Головский Е. А., Загорученко В. А., Цымарный В. А. Экспериментальное исследование сжимаемости этилена до давления 2000 бар. — *Изв. вузов. Нефть и газ*, 1973, № 9, с. 73—76.
4. Войтюк Б. В. Разработка образцовой установки и экспериментальное исследование плотности жидкого этилена: Автореф. канд. дис./ОТИХП. — Одесса, 1974.
5. Dichte des Athylens fur Temperaturen von —30°C bis 80°C Drucken bis zu 100 Bar/Thomas W., Zander M., Quietzsch G., Hartmann H. — Frankfurt (M.): Hoechst, 1976.
6. Trappeniers N. J., Wassenaar T., Wolkers, G. J. Isotherms and thermodynamic properties of ethylene at temperatures between 0 and 150°C and densities up to 500 Amagat. — *Physica*, 1976, vol. 82A, p. 305—311.
7. Doustin D. R., Harrison R. H. Pressure, volume, temperature relations of ethylene. — *J. Chem. Thermodynamics*, 1976, vol. 8, p. 303—330.
8. Головский Е. А., Мицевич Э. П., Цымарный В. А. Экспериментальное определение плотности жидкого этилена в интервале температур 104—220 К при давлениях до 600 бар. — *Изв. вузов. Нефть и газ*, 1976, № 12, с. 72, 96.
9. Термодинамические и транспортные свойства этилена и пропилена/Ващенко Д. М., Войков Ю. Ф., Войтюк Б. В. и др. — М.: Изд-во стандартов, 1971.
10. Menes F., Dorfmueller T., Bigeleisen J. Molar volumes of isotopic homologs of ethylene. — *J. Chem. Phys.*, 1970, vol. 53, p. 2869—2878.
11. Головский Е. А., Цымарный В. А. Плотность жидкого этилена на кривых фазового равновесия. — *Изв. вузов. Нефть и газ*, 1977, № 1, с. 81—82.
12. Landolt H., Börnstein R. Zahlenwerte und Funktionen aus Physik Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Bd 2, T. 4. — 6. Aufl. — Berlin etc.: Springer, 1961. — XI, 865 S.
13. Термодинамические свойства индивидуальных веществ, Т. 2. Ред. Глушко В. П. — 3-е изд. — М.: Наука, 1978.
14. Термодинамические свойства этилена/Сычев В. В., Вассерман А. А., Головский Е. А. и др. — М.: Изд-во стандартов, 1981.

Таблицы стандартных справочных данных

ЭТИЛЕН ЖИДКИЙ И ГАЗООБРАЗНЫЙ. ПЛОТНОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ И ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 130—450 К И ДАВЛЕНИЯХ 0,1—100 МПа

ГСССД 47—83

Редактор Н. А. Аргунова

Технический редактор Н. П. Замолодчикова

Корректор А. В. Прокофьева

Н/К

Сдано в наб. 10.10.83 Подп. к печ. 15.11.83 Формат 60×90^{1/16} Бумага типографская № 2 Гарнитура литературная Печать высокая 1,0 усл. п. л. 1,1ц уч.-изд. л. Тир. 3000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.

Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 2697