

---

( )

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

**31369-**  
**2008**  
**( 6976:1995)**

---

,

,

**ISO 6976:1995**  
**Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and**  
**Wobbe index from composition**  
**(MOD)**

>



2009

» 1.2—97 « 1.0—92 «  
 , »  
 1 « »  
 . . . » ( « . . . »)  
 4  
 2  
 3 ( -  
 33 06 2008 .)

( 3166) 004—97	( 3166) 004—97	
	AZ BY KZ KG MD RU  TJ TM UZ UA	-  « »

4  
 6976:1995 «  
 » (ISO 6976:1995 «Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition»).

5 2008 . 422- 31369—2008 ( 6976:1995) 17  
 1 2010 .

6  
 « )  
 », — « »  
 « »

1	.....	1
2	.....	2
3	.....	4
4	.....	4
4.1	.....	4
4.2	.....	5
5	.....	5
5.1	.....	5
5.2	.....	5
6	.....	6
6.1	.....	6
6.2	.....	6
7	.....	6
7.1	.....	6
7.2	.....	7
8	.....	7
8.1	.....	7
8.2	.....	8
9	.....	8
9.1	.....	8
9.2	.....	11
9.3	.....	11
10	.....	11
	( ) , , .....	19
	( ) .....	20
	( ) . . . . .	23
D	( ) .....	24
	( ) .....	29
F	( ) .....	34
G	( ) , .....	37
	( ) , .....	40
J	( ) .....	43
	( ) .....	45
L	( ) .....	47
	60 °F ( ) - .....	
	.....	49
N	( ) .....	51
	( ) , .....	53
	.....	54



4 — 0,0001, , -  
 0,00005.  
 5 — , :  
 0,3; 0,15;  
 $O_2$  2 6 ( ) 0,05.  
 0,1 %.  
 6 — , F. -  
 7 — ,  
 8 — 10 -

**2**

2.1 (superior calorific value): , : -

, , ,  
 $t_v$   
 $H_s(t_v)$   
 $(\wedge, 1)$ .

$H_s[(t_v, p^\wedge), V(t_2, p_2)]$ ,  $t_2$  2 — ( )  
 ( . 1).

2.2 (inferior calorific value): , -

$H_{fa, p_j}$ ,  $H_i(t_v, p_j)$  /  $(f_{..}, p_j)$

$V(t_2, p_2)$  /  
 2.3 (density): , -

2.4 (relative density): , -  
 ( )

« »  
 (2.7); « »

2.5 (Wobbe index)<sup>1)</sup>: -

1) — ,

2.6 (enthalpy of transformation):

2.7 (ideal gas and real gas):

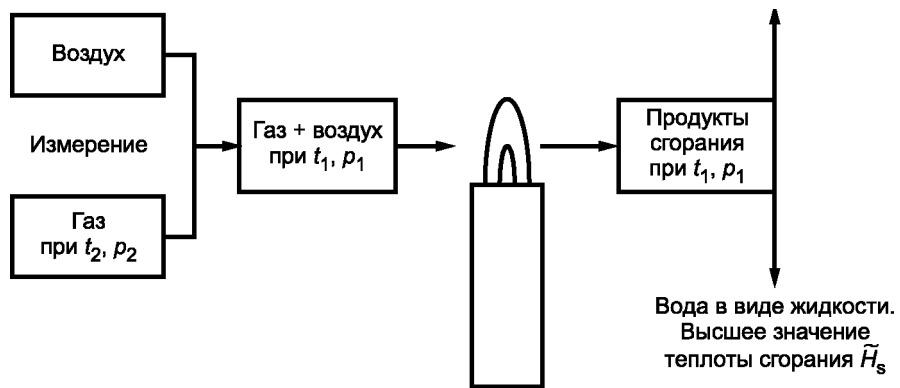
$$pV_m = R \cdot T, \tag{1}$$

$V_m$   
 $R$

$$p \cdot V_m = Z(T, p) RT, \tag{2}$$

2.8 (compression factor):

2.9 (combustion reference conditions):



2.10 (metering reference conditions):

$t_2$   $a priori$

(1).

9 — 2 — 5

1\*

1>

2.11  
0,00020<sup>1)</sup>

(dry natural gas): ,

2.12

(expanded uncertainty): ,

U

U<sub>0</sub>

3

« »

( )

10 —

0,00020,

F.

10

D.

4

4.1

)

t<sub>v</sub>

^ =25 ° , 20 ° , 15 ° 0 ° . .1 ( )  
4

( )

<sup>1)</sup>

0,00020

«0,00005»

«0,00020»,

4.2

2 ( )

$Z_{mix}$   
5—9,

$Z_{mix}$

( .17 )

$$Z_{mix}(t_2, p_2) = 1 - \left| \sum_{j=1}^N (x_j \cdot \sqrt{b_j}) \right|, \quad (3)$$

$jb \sim$   $\frac{N}{2}$  ( 10)

$b_j$  ( )  $Z_y$   
 $= 1 - Z_y$   
2 ( )

5

5.1

$$\left( \frac{N}{2} \right) \dots \quad (4)$$

$l \cdot l^\circ (\wedge) -$   
 $X_j -$

$HJ(t.l) -$

$l \cdot l = 25^\circ$   $3$  ( 10);  $(H)_s$

$(HJ)$

$25^\circ$  ( )

$HJ$   $(l., = 20^\circ, 15^\circ, 0^\circ)$   $3.$

$25^\circ$

( )

11 —

$l/l$

pi

12 —

3,

(2.6).

5.2

13 —

(4.1)

50 -  $^{-1}$  ( 0,005 %), ( )



6

6.1

..., ^

(5)

°(^) — ( ) ;

$$\sum_{i=1}^N \mathbf{E}[M_j^i]$$

(6)

$\frac{X_j}{M_j}$  — ;

1 ( 10)

(5) (6)

$W(M_j^i)$  (7)

$H_j(t)$  ( )

4 ( 10), ^ (25 ° , 20 ° , 15 ° 0 ° )  $H_j$

0,01 • -1,

6.2

14 — — .5.2.

7

7.1

^ ,  $t_2$

$H^\circ[t_v V\{t_2, p_2\}] = H^\circ(t_2)$  (8)

$H^\circ[t_b V(t_2, P_2)]$  — ( ) ;

$R$  — ( 8,314510 - -1 • -1, .1

$t_2 = (t_2 + 273,15)$  — (8)

$$H^\circ[t_v, V(t_2, p_2)] = \sum_{i=1}^N \{x_{y_i} - H_i\} h_i M_{tb} P J b. \quad W$$

$$eH^\circ[U, V(t_2, P_2)] = \dots ( \dots ) \dots - \dots -$$

$$H_j \quad H_j$$

5 ( 10),

0,01 - -1,  
7.2

f<sub>2</sub> 2,

$$H[t_b, V(t_2, p_2)] = \frac{[t_b V(t_2, p_2)]}{Z_{mix}(t_2 - P_2)} \quad (10)$$

$$H[t^\wedge, V(t_2, p_2)] = \dots ( \dots ) \dots ;$$

$$Z_{mix}(t_2, P_2) = \dots J b J, \quad (3)$$

2 ( -

10).

15 — . 5.2

pi

8

8.1

(11)

=1

d°—

Mj—

M<sub>air</sub>—

1 ( 10)

28,9626 - -1.

M<sub>air</sub>

t

$$^\circ(t, P) = \sum_{i=1}^N R_i \quad (12)$$

° (f, ) —

R—

8,314510 -

-1 • -1,

.1 ( -

= (t + 273,15) —

$$, v(t_2, p_2)] = \frac{H_s[t_1, V(t_2, P_2)]}{4d^\circ} \quad (13)$$

—  
 $H_s$ —  
 8.2

$$d(t, p) = \frac{d \cdot Z_{air}(t, p)}{Z_{mix}(t, p)} \quad (14)$$

$d(t, )$ —  
 $Z_{air}(t, )$ —  
 $Z_{mix}(t, )$ —

$$Z_{mix}(f, ) \quad (3), \quad 2 ( -$$

10).

$$Z_{air}(f, ) \quad ( ):$$

- $Z_{air}(273,15, 101,325) = 0,99941;$
- $Z_{air}(288,15, 101,325) = 0,99958;$
- $Z_{air}(293,15, 101,325) = 0,99963.$

$$\rho(t, p) = \frac{\rho^\circ(t, p)}{Z_{mix}(t, p)} \quad (15)$$

(f, )—

$$W[t_1, V(t_2, p_2)] = \frac{\tilde{H}_s[t_1, V(t_2, p_2)]}{\sqrt{d(t_2, p_2)}} \quad (16)$$

$W$ —  
 $H_s$ —  
 (10).

16 —

R,

**9**

**9.1**

**9.1.1**

95 %.

95 %.

$$AY = 2 \sqrt{2} \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{i} (-YY)^{i/2} \quad (17)$$

AY—  
Y<sub>t</sub>—  
Y—

Y;

/-

;

V).

17 —

(17),

2<sup>2</sup> , , , [1].

9.1.2 9.1.3 (

— . ) .

18 —

) )

( )

**9.1.2**

95 %-

(17) ( Y )

(l = 1),

$$s_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

AH<sup>o</sup><sub>mix</sub>—

);

(

H<sup>o</sup><sub>j</sub>—

N

;

H<sup>o</sup><sub>i</sub>—

;

b)

$$AH_{mix}^{\circ} = \left[ \sum_{i=1}^N \nu_i \ln \left( \frac{p_i}{p} \right) \right]^{1/2} \quad (19)$$

$$AH_{mix}^{\circ} = \sum_{i=1}^N \nu_i \ln \left( \frac{p_i}{p} \right) \quad (20)$$

$$\frac{AM}{RT} \quad (21)$$

$$AM = \sum_{i=1}^N \nu_i \ln \left( \frac{p_i}{p} \right) \quad (22)$$

$$Mj = \sum_{i=1}^N \nu_i \ln \left( \frac{p_i}{p} \right) \quad (23)$$

$$Mj = \sum_{i=1}^N \nu_i \ln \left( \frac{p_i}{p} \right) \quad (24)$$

(17),  $d$ ,  $W$ , 9.1.1.  $AM, Ad, AW$  [ . . . ]

18 9.1.1. 19 — AZ Z ;

AZ,  $Ad$

9.1.3

,  $Ad$ ,  $AW$  (18) — (24)

(18), (19), (22) (23)

$2/2$ ,  $d$ ,  $W$

(17), 9.1.1.

9.2

;

a) 1—5;

b) ;

c) ( )

G),

0,015 %.

0,05 %,

12 20

(

), ) ).

9.3

« »

.....0,01 -

.....0,01 - -1

.....0,01 - -3

.....0,0001

.....0,0001 -3

.....0,01 -3.

10

1—

	, - 1		, - 1
1	16,043	5 2-	58,123
2	30,070	6 -	72,150
3	44,097	7 2-	72,150
4 -	58,123	8 2,2-	72,150

	, - 1		, - 1
9 -	86,177	35	78,114
10 2-	86,177	36	92,141
11 -	86,177	37	106,167
12 2,2-	86,177	38 -	106,167
13 2,3-	86,177		
14 -	100,204	39	32,042
15 -	114,231	40	48,109
16 -	128,258		
17 -	142,285	41	2,015 9
		42	18,015 3
18	28,054	43	34,082
19	42,081	44	17,030 6
20 1-	56,108	45	27,026
21 -2-	56,108	46	28,010
22 -2-	56,108	47	60,076
23 2-	56,108	48	76,143
24 1-	70,134		
		49	4,002 6
25	40,065	50	20,179 7
26 1,2-	54,092	51	39,948
27 1,3-	54,092	52	28,013 5
		53	31,998 8
28	26,038	54	44,010
		55	64,065
29	70,134	56	44,012 9
30	84,161	57	83,80
31	98,188	58	131,29
32	84,161		28,962 6
33	98,188		
34	112,215		
—			
[2].			
12,011 (1)			
1,007 94 (7)			
15,999 4 (3)			
N 14,006 74 (7)			
S 32,066 (6)			
	/ S,		-
			-
	.2 ( )		

( ), [3]. , ( )

	0 ° , 101,325		15 ° , 101,325		20 ° , 101,325	
	Z	4	Z	/	Z	/
1	0,997 6	0,049 0	0,998 0	0,044 7	0,998 1	0,043 6
2	0,990 0	0,100 0	0,991 5	0,092 2	0,992 0	0,089 4
3	0,978 9	0,145 3	0,982 1	0,133 8	0,983 4	0,128 8
4 -	0,957 2	0,206 9	0,965 0	0,187 1	0,968 2	0,178 3
5 2-	0,958	0,204 9	0,968	0,178 9	0,971	0,170 3
6 -	0,918	0,286 4	0,937	0,251 0	0,945	0,234 5
7 2-	0,937	0,251 0	0,948	0,228 0	0,953	0,216 8

	0° , 101,325		15° , 101,325		20° , 101,325	
	Z	4	Z	4	Z	4
8 2,2-	0,943	0,238 7	0,955	0,212 1	0,959	0,202 5
9 -	0,892	0,328 6	0,913	0,295 0	0,919	0,284 6
10 2-	0,898	0,3194	0,914	0,293 3	0,926	0,272 0
11 -	0,898	0,3194	0,917	0,288 1	0,928	0,268 3
12 2,2-	0,916	0,289 8	0,931	0,262 7	0,935	0,255 0
13 2,3-	0,910	0,300 0	0,925	0,273 9	0,934	0,256 9
14 -	0,830	0,412 3	0,866	0,366 1	0,876	0,352 1
15 -	0,742	0,507 9	0,802	0,445 0	0,817	0,427 8
16 -	0,613	0,622 1	0,710	0,538 5	0,735	0,514 8
17 -	0,434	0,752 3	0,584	0,645 0	0,623	0,614 0
18	0,992 5	0,086 6	0,993 6	0,080 0	0,994 0	0,077 5
19	0,981	0,137 8	0,984	0,126 5	0,985	0,122 5
20 1-	0,965	0,187 1	0,970	0,173 2	0,972	0,167 3
21 -2-	0,961	0,197 5	0,967	0,181 7	0,969	0,176 1
22 -2-	0,961	0,197 5	0,968	0,178 9	0,969	0,176 1
23 2-	0,965	0,187 1	0,971	0,170 3	0,972	0,167 3
24 1-	0,938	0,249 0	0,949	0,225 8	0,952	0,219 1
25	0,980	0,141 4	0,983	0,130 4	0,984	0,126 5
26 1,2-	0,955	0,212 1	0,963	0,192 4	0,965	0,187 1
27 1,3-	0,966	0,1844	0,971	0,170 3	0,973	0,164 3
28	0,991	0,094 9	0,993	0,083 7	0,993	0,083 7
29	0,935	0,255 0	0,947	0,230 2	0,950	0,223 6
30	0,902	0,313 0	0,921	0,281 1	0,927	0,270 2
31	0,841	0,398 7	0,876	0,352 1	0,885	0,339 1
32	0,897	0,320 9	0,918	0,286 4	0,924	0,275 7
33	0,855	0,380 8	0,886	0,337 6	0,894	0,325 6
34	0,770	0,479 6	0,824	0,419 5	0,838	0,402 5
35	0,909	0,301 7	0,926	0,272 0	0,936	0,253 0
36	0,849	0,388 6	0,883	0,342 1	0,892	0,328 6
37	0,764	0,485 8	0,823	0,420 7	0,837	0,403 7
38 -	0,737	0,512 8	0,804	0,442 7	0,821	0,423 1
39	0,773	0,476 4	0,872	0,357 8	0,892	0,328 6
40	0,972	0,167 3	0,977	0,151 7	0,978	0,148 3
41	1,000 6	-0,004 0	1,000 6	-0,004 8	1,000 6	-0,005 1
42	0,930	0,264 6	0,945	0,234 5	0,952	0,219 1
43	0,990	0,100 0	0,990	0,100 0	0,990	0,100 0
44	0,985	0,122 5	0,988	0,109 5	0,989	0,104 9
45	0,887	0,336 2	0,912	0,296 6	0,920	0,282 8
46	0,999 3	0,026 5	0,999 5	0,022 4	0,999 6	0,020 0
47	0,985	0,122 5	0,987	0,114 0	0,988	0,109 5
48	0,954	0,214 5	0,962	0,194 9	0,965	0,187 1
49	1,000 5	0,000 6	1,000 5	0,000 2	1,000 5	0,000 0
50	1,000 5	0,000 6	1,000 5	0,000 2	1,000 5	0,000 0
51	0,999 0	0,031 6	0,999 2	0,028 3	0,999 3	0,026 5
52	0,999 5	0,022 4	0,999 7	0,017 3	0,999 7	0,017 3
53	0,999 0	0,031 6	0,999 2	0,028 3	0,999 3	0,026 5
54	0,993 3	0,081 9	0,994 4	0,074 8	0,994 7	0,072 8
55	0,976	0,154 9	0,979	0,144 9	0,980	0,141 4
	0,999 41	—	0,999 58	—	0,999 63	—



°(25° ), ( G) [3]; H°(t^ ° ) -  
 ^) °(25° ) , .1 ( -  
 ).

	, - -1							
	25 °		20 °		15 °		0 °	
1	890,63	802,60	891,09	802,65	891,56	802,69	892,97	802,82
2	1560,69	1428,64	1561,41	1428,74	1562,14	1428,84	1564,34	1429,12
3	2219,17	2043,11	2220,13	2043,23	2221,10	2043,37	2224,01	2043,71
4 -	2877,40	2657,32	2878,57	2657,45	2879,76	2657,60	2883,82	2658,45
5 2-	2868,20	2648,12	2869,38	2648,26	2870,58	2648,42	2874,20	2648,83
6 -	3535,77	3271,67	3537,17	3271,83	3538,60	3272,00	3542,89	3272,45
7 2-	3528,83	3264,73	3530,24	3264,89	3531,68	3265,08	3535,98	3265,54
8 2,2-	3514,61	3250,51	3516,01	3250,67	3517,43	3250,83	3521,72	3251,28
9 -	4194,95	3886,84	4196,58	3887,01	4198,24	3887,21	4203,23	3887,71
10 2-	4187,32	3879,21	4188,95	3879,38	4190,62	3879,59	4195,61	3880,09
11 -	4189,90	3881,79	4191,54	3881,97	4193,22	3882,19	4198,24	3882,72
12 2,2-	4177,52	3869,41	4179,15	3869,59	4180,83	3869,80	4185,84	3870,32
13 2,3-	4185,28	3877,17	4186,93	3877,36	4188,60	3877,57	4193,63	3878,11
14 -	4853,43	4501,30	4855,29	4501,49	4857,18	4501,72	4862,87	4502,28
15 -	5511,80	5115,66	5513,88	5115,87	5516,01	5116,11	5522,40	5116,73
16 -	6171,15	5730,99	6173,46	5731,22	6175,82	5731,49	6182,91	5732,17
17 -	6829,77	6345,59	6832,31	6345,85	6834,90	6346,14	6842,69	6346,88
18	1411,18	1323,15	1411,65	1323,20	1412,11	1323,24	1413,51	1323,36
19	2058,02	1925,97	2058,72	1926,05	2059,43	1926,13	2061,57	1926,35
20 1-	2716,82	2540,76	2717,75	2540,86	2718,70	2540,97	2721,55	2541,25
21 -2-	2710,0	2533,9	2711,0	2534,1	2711,9	2534,2	2714,9	2534,6
22 -2-	2706,4	2530,3	2707,4	2530,5	2708,3	2530,5	2711,1	2530,8
23 2-	700,2	2524,1	2701,1	2524,2	2702,0	2524,3	2704,8	2524,5
24 1-	3375,42	3155,34	3376,57	3155,45	3377,75	3155,59	3381,29	3155,92
25	1943,11	1855,08	1943,53	1855,08	1943,96	1855,09	1945,25	1855,10
26 1,2-	2593,79	2461,74	2594,45	2461,78	2595,12	2461,82	2597,13	2461,91
27 1,3-	2540,77	2408,72	2541,43	2408,76	2542,10	2408,80	2544,13	2408,91
28	1301,05	1257,03	1301,21	1256,98	1301,37	1256,94	1301,86	1256,79
29	3319,59	3099,51	3320,88	3099,76	3322,19	3100,03	3326,14	3100,77
30	3969,44	3705,34	3970,93	3705,59	3972,46	3705,86	3977,04	3706,60
31	4628,47	4320,36	4630,19	4320,63	4631,95	4320,92	4637,27	4321,75
32	3952,96	3688,86	3954,47	3689,13	3956,02	3689,42	3960,67	3690,23
33	4600,64	4292,53	4602,35	4292,78	4604,09	4293,06	4609,34	4293,82
34	5263,05	4910,92	5264,98	4911,19	5266,95	4911,49	5272,88	4912,29
35	3301,43	3169,38	3302,15	3169,48	3302,86	3169,56	3305,03	3169,81
36	3947,89	3771,83	3948,84	3771,95	3949,81	3772,08	3952,72	3772,42
37	4607,15	4387,07	4608,32	4387,20	4609,53	4387,37	4613,14	4387,77
38 -	4596,31	4376,23	4597,46	4376,34	4598,64	4376,48	4602,17	4376,80
39	764,09	676,06	764,59	676,14	765,09	676,22	766,59	676,44
40	1239,39	1151,36	1239,83	1151,39	1240,28	1151,41	1241,63	1151,48
41	285,83	241,81	285,99	241,76	286,15	241,72	286,63	241,56
42 1)	44,016	0	44,224	0	44,433	0	45,074	0
43	562,01	517,99	562,19	517,97	562,38	517,95	562,94	517,87
44	382,81	316,79	383,16	316,82	383,51	316,86	384,57	316,96
45	671,5	649,5	671,6	649,5	671,7	649,5	671,9	649,4

3

	° , - 1							
	25 °		20 °		15 °		0 °	
46	282,98	282,98	282,95	282,95	282,91	282,91	282,80	282,80
47	548,23	548,23	548,19	548,19	548,15	548,15	548,01	548,01
48	1104,49	1104,49	1104,41	1104,41	1104,32	1104,32	1104,06	1104,06

1)

F).

4 —

3

( ) 1.

	° , - 1							
	25 °		20 °		15 °		0 °	
1	55,516	50,029	55,545	50,032	55,574	50,035	55,662	50,043
2	51,90	47,51	51,93	47,51	51,95	47,52	52,02	47,53
3	50,33	46,33	50,35	46,34	50,37	46,34	50,44	46,35
4 -	49,51	45,72	49,53	45,72	49,55	45,72	49,62	45,74
5 2-	49,35	45,56	49,37	45,56	49,39	45,57	49,45	45,57
6 -	49,01	45,35	49,03	45,35	49,04	45,35	49,10	45,36
7 2-	48,91	45,25	48,93	45,25	48,95	45,25	49,01	45,26
8 2,2-	48,71	45,05	48,73	45,05	48,75	45,06	48,81	45,06
9 -	48,68	45,10	48,70	45,10	48,72	45,11	48,77	45,11
10 2-	48,59	45,01	48,61	45,02	48,63	45,02	48,69	45,02
11 -	48,62	45,04	48,64	45,05	48,66	45,05	48,72	45,06
12 2,2-	48,48	44,90	48,49	44,90	48,51	44,91	48,57	44,91
13 2,3-	48,57	44,99	48,59	44,99	48,60	45,00	48,66	45,00
14 -	48,44	44,92	48,45	44,92	48,47	44,93	48,53	44,93
15 -	48,25	44,78	48,27	44,79	48,29	44,79	48,34	44,79
16 -	48,12	44,68	48,13	44,69	48,15	44,69	48,21	44,69
17 -	48,00	44,60	48,02	44,60	48,04	44,60	48,09	44,61
18	50,30	47,16	50,32	47,17	50,34	47,17	50,39	47,17
19	48,91	45,77	48,92	45,77	48,94	45,77	48,99	45,78
20 1-	48,42	45,28	48,44	45,29	48,46	45,29	48,51	45,29
21 -2-	48,30	45,16	48,32	45,16	48,33	45,17	48,39	45,17
22 -2-	48,24	45,10	48,25	45,10	48,27	45,10	48,32	45,11
23 2-	48,13	44,99	48,14	44,99	48,16	44,99	48,21	44,99
24 1-	48,13	44,99	48,14	44,99	48,16	44,99	48,21	45,00
25	48,50	46,30	48,51	46,30	48,52	46,30	48,55	46,30
26 1,2-	47,95	45,51	47,96	45,51	47,98	45,51	48,01	45,51
27 1,3-	46,97	44,53	46,98	44,53	47,00	44,53	47,03	44,53
28	49,97	48,28	49,97	48,28	49,98	48,27	50,00	48,27

	1 - 1							
	25 °		20 °		15 °		0 °	
29	47,33	44,19	47,35	44,20	47,37	44,20	47,43	44,21
30	47,16	44,03	47,18	44,03	47,20	44,03	47,25	44,04
31	47,14	44,00	47,16	44,00	47,17	44,01	47,23	44,01
32	46,97	43,83	46,99	43,83	47,01	43,84	47,06	43,85
33	46,86	43,72	46,87	43,72	46,89	43,72	46,94	43,73
34	46,90	43,76	46,92	43,77	46,94	43,77	46,99	43,78
35	42,26	40,57	42,27	40,58	42,28	40,58	42,31	40,58
36	42,85	40,94	42,86	40,94	42,87	40,94	42,90	40,94
37	43,40	41,32	43,41	41,32	43,42	41,33	43,45	41,33
38 -	43,29	41,22	43,30	41,22	43,31	41,22	43,35	41,23
39	23,85	21,10	23,86	21,10	23,88	21,10	23,92	21,11
40	25,76	23,93	25,77	23,93	25,78	23,93	25,81	23,93
41	141,79	119,95	141,87	119,93	141,95	119,91	142,19	119,83
42 >	2,44	0	2,45	0	2,47	0	2,50	0
43	16,49	15,20	16,50	15,20	16,50	15,20	16,52	15,19
44	22,48	18,60	22,50	18,60	22,52	18,61	22,58	18,61
45	24,85	24,03	24,85	24,03	24,85	24,03	24,86	24,03
46	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10
47	9,13	9,13	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12	9,12
48	14,51	14,51	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50

1)

F).

	, . 3											
	15/15 °		O/O		15/0 °		25/0 °		20/20 °		25/20''	
1	37,706	33,948	39,840	35,818	39,777	35,812	39,735	35,808	37,044	33,367	37,024	33,365
2	66,07	60,43	69,79	63,76	69,69	63,75	69,63	63,74	64,91	59,39	64,88	59,39
3	93,94	86,42	99,22	91,18	99,09	91,16	99,01	91,15	92,29	84,94	92,25	84,93
4 -	121,79	112,40	128,66	118,61	128,48	118,57	128,37	118,56	119,66	110,47	119,62	110,47
5 2-	121,40	112,01	128,23	118,18	128,07	118,16	127,96	118,15	119,28	110,09	119,23	110,08
6 -	149,66	138,38	158,07	146,00	157,87	145,98	157,75	145,96	147,04	136,01	146,99	136,01
7 2-	149,36	138,09	157,76	145,69	157,57	145,67	157,44	145,66	146,76	135,72	146,70	135,72
8 2, 2-	148,76	137,49	157,12	145,06	156,93	145,04	156,80	145,02	146,16	135,13	146,11	135,13
9 -	177,55	164,40	187,53	173,45	187,30	173,43	187,16	173,41	174,46	161,59	174,39	161,58
10 2-	177,23	164,08	187,19	173,11	186,96	173,09	186,82	173,07	174,14	161,27	174,07	161,26
11 -	177,34	164,19	187,30	173,23	187,08	173,20	186,93	173,19	174,25	161,38	174,18	161,37
12 2, 2-	176,82	163,66	186,75	172,67	186,53	172,65	186,38	172,63	173,73	160,86	173,66	160,86
13 2, 3-	177,15	163,99	187,10	173,02	186,87	173,00	186,73	172,98	174,05	161,19	173,99	161,18
14 -	205,42	190,39	216,96	200,87	216,70	200,84	216,53	200,82	201,84	187,13	201,76	187,12
15 -	233,28	216,37	246,38	228,28	246,10	228,25	245,91	228,23	229,22	212,67	229,13	212,66
16 -	261,19	242,40	275,85	255,74	275,53	255,71	275,32	255,69	256,64	238,25	256,54	238,24
17 -	289,06	268,39	305,29	283,16	304,94	283,13	304,71	283,11	284,03	263,80	283,92	263,79
18	59,72	55,96	63,06	59,04	63,00	59,04	62,96	59,03	58,68	55,01	58,66	55,00
19	87,10	81,46	91,98	85,94	91,88	85,93	91,82	85,93	85,58	80,07	85,55	80,06
20 1-	114,98	107,46	121,42	113,38	121,29	113,36	121,21	113,36	112,98	105,63	112,94	105,62
21 - 2-	114,69	107,18	121,12	113,08	120,99	113,06	120,91	113,05	112,70	105,34	112,66	105,34
22 - 2-	114,54	107,02	120,96	112,91	120,83	112,90	120,75	112,89	112,55	105,19	112,51	105,19
23 2-	114,27	106,76	120,67	112,63	120,55	112,62	120,47	112,61	112,29	104,93	112,25	104,93
24 1-	142,85	133,46	150,86	140,80	150,70	140,79	150,59	140,77	140,37	131,18	140,32	131,17
25	82,21	78,46	86,79	82,76	86,73	82,76	86,69	82,76	80,79	77,12	80,78	77,12
26 1, 2-	109,75	104,12	115,87	109,84	115,78	109,83	115,72	109,83	107,85	102,34	107,83	102,34
27 1, 3-	107,51	101,87	113,51	107,47	113,42	107,47	113,36	107,46	105,65	100,13	105,62	100,13
28	55,04	53,16	58,08	56,07	58,06	56,08	58,05	56,08	54,09	52,25	54,09	52,26
29	140,50	131,11	148,40	138,34	148,22	138,31	148,10	138,28	138,05	128,86	138,00	128,85
30	168,00	156,73	177,43	165,37	177,23	165,34	177,10	165,31	165,08	154,04	165,01	154,03
31	195,90	182,74	206,89	192,81	206,65	192,78	206,50	192,75	192,48	179,61	192,41	179,60

	3											
	15/15 °		0/0 °		15/0 °		25/0 °		20/20 °		25/20 °	
32	167,31	156,03	176,70	164,64	176,50	164,60	176,36	164,58	164,39	153,36	164,33	153,35
33	194,72	181,56	205,64	191,57	205,41	191,53	205,26	191,51	191,32	178,45	191,25	178,44
34	222,75	207,72	235,25	219,16	234,98	219,13	234,81	219,10	218,87	204,16	218,79	204,15
35	139,69	134,05	147,45	141,42	147,36	141,41	147,29	141,40	137,27	131,76	137,24	131,75
36	167,05	159,53	176,35	168,31	176,22	168,29	176,13	168,28	164,16	156,80	164,12	156,80
37	194,95	185,55	205,81	195,76	205,65	195,74	205,55	195,73	191,57	182,38	191,52	182,37
38	194,49	185,09	205,32	195,27	205,17	195,26	205,06	195,24	191,12	181,93	191,07	181,92
39	32,36	28,60	34,20	30,18	34,13	30,17	34,09	30,16	31,78	28,11	31,76	28,10
40	52,45	48,70	55,40	51,37	55,33	51,37	55,30	51,37	51,54	47,86	51,52	47,86
41	12,102	10,223	12,788	10,777	12,767	10,784	12,752	10,788	11,889	10,050	11,882	10,052
42	1,88	0	2,01	0	1,98	0	1,96	0	1,84	0	1,83	0
43	23,78	21,91	25,12	23,10	25,09	23,11	25,07	23,11	23,37	21,53	23,36	21,53
44	16,22	13,40	17,16	14,14	17,11	14,14	17,08	14,13	15,93	13,17	15,91	13,17
45	28,41	27,47	29,98	28,97	29,97	28,98	29,96	28,98	27,92	27,00	27,91	27,00
46	11,96	11,96	12,62	12,62	12,62	12,62	12,63	12,63	11,76	11,76	11,76	11,76
47	23,18	23,18	24,45	24,45	24,46	24,46	24,46	24,46	22,79	22,79	22,79	22,79
48	46,70	46,70	49,26	49,26	49,27	49,27	49,28	49,28	45,91	45,91	45,91	45,91

1)

1 —

2 —

&lt; 2 ° »

101,325

F).

( )

, , , d, —  $C_a H_b O_c N_d S_e$   
 — ( = 1 - Z);

4b— ;  
 — , 3 -1;  
 — , 6 -2;  
 — , -1 -1;

d— ;  
 h— , -1;  
 — , -1;  
 — , -1;  
 — , -3;

— <sup>N</sup> ( );

L— , - -1;  
 — , -1;  
 — ;

N— ;  
 — ( ), ;  
 Q—g- , 3(-1) -(-1);  
 R— , -1 -1;

t— , ° ;  
 — ( ) , ;

V— , 3;  
 W— , -3;

— ;  
 — ;  
 — ( ) ;

Z— ;  
 — , -3;

v— ;  
 — ;

U— ( ).

— - ;  
 i— ;

/ — ( );  
 — ;  
 — ;

m— , ;  
 — , ;

s— ;  
 S— ( );

w— ;  
 air— ;

mix— ;  
 1 — ;  
 2 — .

° — ;  
 \* — .

( )

.1

R [4]

$$R = (8,314510 + 0,000070) \dots \dots \dots ( .1)$$

.2

.1 , -  
( ), , Z, 2. [3]. .2

[5], [6]

[3].

.2.

[7].

( ) .

$$M_{air} = 28,9626 \dots \dots \dots ( .2)$$

[3]

$$Z_{air} (273,15 \dots , 101,325 \dots ) = 0,99941; \dots ( . )$$

$$Z_{air} (288,15 \dots , 101,325 \dots ) = 0,99958; \dots ( .4)$$

$$Z_{air} (293,15 \dots , 101,325 \dots ) = 0,99963. \dots ( .5)$$

$$p_{air} (273,15 \dots , 101,325 \dots ) = 1,292923 \dots \dots \dots ( .6)$$

$$p_{air} (288,15 \dots , 101,325 \dots ) = 1,225410 \dots \dots \dots ( .7)$$

$$p_{air} (293,15 \dots , 101,325 \dots ) = 1,204449 \dots \dots \dots ( .8)$$

.4

[3]:

$$L^\circ (273,15 \dots ) = 45,074 \dots \dots \dots ( .9)$$

$$L^\circ (288,15 \dots ) = 44,433 \dots \dots \dots ( .10)$$

$$L^\circ (293,15 \dots ) = 44,224 \dots \dots \dots ( .11)$$

$$L^\circ (298,15 \dots ) = 44,016 \dots \dots \dots ( .12)$$

.1 —

1	190,555	4598,8	0,0115
2	305,83	4880	0,0908
3	369,82	4250	0,1454
4 -	425,14	3784	0,1928

. 1

5 2-	408,13	3648	0,1756
6 -	469,69	3364	0,2510
7 2-	460,39	3381	0,2273
8 2,2-	433,75	3199	0,1970
9 -	506,4	3030	0,2957
10 2-	497,5		0,2791
11 -	504,4	3120	0,2750
12 2,2-	488,7	3080	0,2310
13 2,3-	499,9	3130	0,2473
14 -	539,2	2740	0,3506
15 -	568,4	2490	0,3942
16 -	594,4	2280	0,4437
17 -	617,8	2090	0,4902
18	282,35	5042	0,0856
19	364,85	4601	0,1477
20 1-	419,53	4023	0,1874
21 -2-	435,58	4220	0,2044
22 -2-	428,63	4050	0,2138
23 2-	417,90	4000	0,1898
24 1-	464,78	3526	0,2450
25	393	5470	0,149
26 1,2-	443,7	4500	0,3394
27 1,3-	425	4330	0,1814
28	308,33	6139	0,1841
29	511,61	4502	0,1923
30	532,73	3784	0,2395
31	569,46	3397	0,2826
32	553,5	4074	0,2144
33	572,12	3471	0,2333
34	609	3040	0,2426
35	562,16	4898	0,2100
36	591,80	4106	0,2566
37	617,20	3606	0,3011
38 -	630,33	3734	0,3136
39	512,64	8092	0,556
40	470,0	7230	0,153
41	33,2	1297	-0,218
42	647,14	22064	0,328
43	373,2	8940	0,109
44	405,5	11350	0,250
45	456,7	5390	0,388
46	132,85	3494	0,053
47	378,8	6349	0,096
48	552	7900	0,109
49	5,19	227	-0,365
50	44,40	2760	-0,029
51	150,65	4866	0,001
52	126,2	3390	0,039
53	154,58	5043	0,025
54	304,20	7386	0,239
55	430,8	7884	0,256



.2 —

	0,781 02 0,209 46 0,009 16 0,000 33 0,000 018 2 0,000 005 2 0,000 001 5 0,000 001 1 0,000 000 5 0,000 000 3 0,000 000 2 0,000 000 1

( )

 $(t_2, p_2)$  -

$$\frac{y_i}{Z_j(t_2, p_2)} \quad ( .1)$$

$N$		$i$		$Z_j(t_2, p_2)$
-----	--	-----	--	-----------------

 $j$ .

( D )

D.1 , , , «15/15 ° »  
 ( ) .

(9.3).

20 —

D.1

( 5)

D.1 , 15 ° 919,09 - -1.

$H_s$

13 5.2).

D.2

( 6)

6

$H_s$

(5)

$H_s^\circ(g)$

(D.1)

D.1:  
 $H_s^\circ(15^\circ) = 919,09 - -1;$   
 $= 17,478 -1.$

$$H_s^\circ(15^\circ) = \frac{919,09}{17,478} = 52,586 - 1,$$

$H_s$  52,59 1.  
 (7)

$$H_s(*1) = Z \quad ( ). \quad (D.2)$$

D.3

( 7)

52,59 - 1.

7.1

$H_s$

(8)

$$H_s[t_1, V(t_2, p_2)] = H_a(tJ - R-T, \quad (D.3)$$

D.1:  
 $H_s^\circ(15^\circ) = 919,09 - -1;$   
 $z_2 = 101,325 ;$   
 $z_2 = 288,15 ;$   
 $R = 8,314510 -1 -1 —$

$$Z_{mix}(15^\circ, 101,325) = \frac{91909-101325}{8,314510 \cdot 288,15} = 38,870$$

$$H_s = \frac{38,87}{(9)}$$

$$H_s \text{ ft, } V(t_2, z) = \sum_{j=1}^N X_j H_j \text{ ft, } V_j(t_2, p_2) \tag{D.4}$$

$$38,87 \sim^3$$

7.2

$$H_j \text{ ft, } V(t_2, z) = \frac{H_j h M_{t_2} P_2}{\rho_{mix} (\rho_2)^2} \tag{D.5}$$

$$Z_{mix} = \dots \tag{3}$$

$$\rho_{mix} (\rho_2)^2 = \sum_{j=1}^N T(X_j - y f c) \tag{D.6}$$

$$D.1 \dots 0,04785,$$

$$Z_{mix}(15^\circ, 101,325) = 1 - (0,04785)^2 = 0,99771, \quad 0,9977,$$

$$H_j 15^\circ, 1/(15^\circ, 101,325) = \frac{38,959}{38,96} \sim^3$$

**D.4** ( 8)

**D.4.1**

$$8.1 \tag{11}$$

$$d^\circ = \sum_{j=1}^N Y_j^* J - \frac{1}{L} \tag{D.7}$$

$$D.1 = 28,9626 \sim^1,$$

$$d^\circ = \frac{17478}{28,9626} = 0,60347, \quad 0,6035.$$

$$8.2 \tag{14}$$

$$d(t_2, z) = \frac{d^\circ - Z(t_2, p_2)}{\dots} \tag{D.8}$$

$$Z_{air}(15^\circ, 101,325) = 0,99958 \text{ ( 2);}$$

$$Z_{mix} = 0,99771 \text{ ( D.3).}$$

$$d(15^\circ, 101,325) = 0,60460, \quad 0,6046.$$

**D.4.2**

$$8.1 \tag{12}$$

$$\rho(t_2, z) = \sum_{j=1}^N R - T_2 \text{ ( * )} \tag{D.9}$$

$$\rho(15^\circ, 101,325) = \frac{7^{\wedge}70}{8,314510 - 288,15} = 0,73918 \sim^3, \quad 0,7392 \sim^3.$$

8.2 (15)

$$Z^{\wedge}(t_2, \rho_2)$$

$$(15^\circ, 101,325) = 10^{0.73918} = 0,74088 \sim^3, \quad 0,7409 \sim^3.$$

**D.4.3**

8.1 (13)

(D.10)

$$[15^\circ, 1/(15^\circ, 01,325)] = \frac{38870}{V0,60347} = 0,036 \sim^3,$$

8.2 50,04  $\sim^3$ . (16)

$$V(t_2, \rho_2) = \frac{H_s[t, V(t_2, \rho_2)]}{\rho_2 d(t_2, \rho_2)} \quad (D.11)$$

$$[15^\circ, V(15^\circ, 101,325)] = \frac{38,959}{/0,6046} = 50,104 \sim^3,$$

50,10  $\sim^3$ .

W.

W,

50,11  $\sim^3$ ,

**D.5** (9)

D.2

D.1

).

D.2,

«

».

**D.5.1**

D.2

919,09

$\wedge^3$

$$\wedge \pm 0,11 \sim^1 [ \quad ] (19).$$

**D.5.2**

17,478

0,11  
17,478

0,006

$\pm 0,01$

52,59

$\pm 0,01 \sim^1$ .

**D.5.3**

$$\rho_2 / (R - \rho_2)$$

$$AH_{mix}^\circ = \frac{0,11 \cdot 101,325}{8,314510 \cdot 288,15} = 0,005 \sim^3,$$

$\pm 0,01 \sim^3$

38,87  $\sim^3$ ,

$\pm 0,01 \sim^3$ .

D.5.4  
D.5.4.1

(20)

$$M_{air} = \frac{Ad \cdot AM}{R} = \frac{0,0031 \cdot 28,9626}{28,9626} = 0,00011, \pm 0,0001.$$

0,6046 ± 0,0001.

D.5.4.2

(21)

$$\frac{AM}{R} = \frac{0,003101,325}{8,314510288,15} = 0,00013, \pm 0,0001 / -3.$$

0,7409 ± 0,0001

D.5.4.3

(24)

$$= W \left[ \frac{1}{I'' J} \right]^2 + \left[ \frac{1}{Z} \right]^{21} = 50,04 \left[ \frac{0,01}{38,87} + \frac{0,0001}{2 \cdot 0,6035} \right]^{2 \cdot 2} = 0,013$$

± 0,01

D.1 —

(/ -)	$Mj_{-1}$	(.° 15°), -1	/ (15" , 101,325 )		$Mi$	(.°) . -1	X - -#7
	16,043	891,56	0,0447	0,9247	14,8350	824,43	0,04133
	30,070	1562,14	0,0922	0,0350	1,0525	54,67	0,00323
	44,097	2221,10	0,1338	0,0098	0,4322	21,77	0,00131
-	58,123	2879,76	0,1871	0,0022	0,1279	6,34	0,00041
2-	58,123	2870,58	0,1789	0,0034	0,1976	9,76	0,00061
-	72,150	3538,60	0,2510	0,0006	0,0433	2,12	0,00015
	28,0135	0	0,0173	0,0175	0,4902	0	0,00030
-	44,010	0	0,0748	0,0068	0,2993	0	0,00051
				1,0000	17,478	919,09	0,04785

31369—2008

D.2 —

(/ - )	$M_j,$ -1	$(H_s)_j$ (15°) - 1		-	$\wedge \checkmark$ - ×	$[A \times 'j - (M_j - M)]^2$
	16,043	891,56	0,9247	0,001532	0,001779	0,00000483
	30,070	1562,14	0,0350	0,000086	0,003058	0,00000117
	44,097	2221,10	0,0098	0,000032	0,001736	0,00000073
-	58,123	2879,76	0,0022	0,000010	0,000384	0,00000017
2- -	58,123	2870,58	0,0034	0,000006	0,000137	0,00000006
-	72,150	3538,60	0,0006	0,000004	0,000110	0,00000005
	28,0135	0	0,01750	0,000064	0,003460	0,00000045
	44,010	0	0,0068	0,000052	0,002284	0,00000190
			1,0000		0,012948	0,00000936
					0,1138	0,00306

( )

.1

4.1 ( )

(-H<sub>s</sub>)

( . .

).

H<sub>s</sub>

H<sub>s</sub>

3

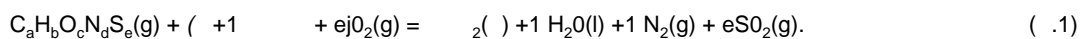
: 298,15 , 293,15 , 288,15 273,15 (25 ° , 20 ° , 15 ° 0 °

).

3

(C<sub>a</sub>H<sub>b</sub>O<sub>c</sub>N<sub>d</sub>S<sub>e</sub>),

( , = 1, = 4, = d = = 0, ), :



25 °C[-H<sub>s</sub> (25 ° )]

H<sub>s</sub>(t)

t

$$= - , ° ( * ) + . [h^{\circ}_k(t_0) - h^{\circ}_k(t)], \quad (.2)$$

$$[- ;(0) = i - + \int j!^{\circ} v^*(c_i) dt, \quad (. )$$

f<sub>0</sub> = 25 ° ;

h<sup>o</sup><sub>k</sub>(t) —

( ) —

).

6

);

V<sub>k</sub> —

( « » - ) ,

h<sup>o</sup>

« » - h<sup>o</sup> « » O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> ( )

h<sup>o</sup>

h<sup>o</sup>

( 25 ).

( .2) ( . )

H<sub>s</sub>(t).

H<sub>s</sub>(t)

[8]

[9], [10].

[6],

[11] — [13],

H<sub>s</sub>(t)

( . .



3  
 3  
 [13] [9], [10], [8]

[3].  
 2  
 $V_m$  ( ), (2.7),  $(f_2, 2)$

$$V( ) = \Delta \quad ( .4)$$

2—  
 $V_m$  ( )  $f_2, \circ$   
 $V_m$  ( Z, )  
 ( ) =  $Z(T_2, p_2)$  ( ); ( .5)

$$( ) = \frac{Z_i(\Delta P_i) - R \cdot J_i}{\dots} \quad ( .6)$$

( ) « » ;

Z

Z

$$Z(T, p) = \quad ( .7)$$

$$Z(T, ) = 1 + \dots + \frac{Q(\dots)}{2 + \dots + \frac{Q(\dots)}{A \cdot p^{-1}}} \quad ( .8)$$

( ) ( ), ( ), ..., Q(T)

, ..., g-

( ) ;

$$Z_{mix} = Z(T, p) = \wedge + B \wedge \wedge \}, \quad ( .9)$$

$$Z_{mix} = 1 + \dots \quad ( . )$$

$B_{mix}(T)$   $Z_{mix}$   
 $B_{mix}$

$$; (7-) = \dots \quad ( .11)$$

N





$$h(T, p, x) - h^\circ(T) = \int_{T^\circ}^T \frac{C_p(T, p, x)}{T} dT + \int_{p^\circ}^p \frac{V_m(T, p, x)}{T} dp + \int_{x^\circ}^x \frac{V_m(T, p, x)}{T} dx \quad [8],$$

$$h\{T, p, x\} - h^\circ\{T, x\} = \int_{T^\circ}^T \frac{dB}{dT} dT + \int_{p^\circ}^p \frac{V_m(T, p, x)}{T} dp + \int_{x^\circ}^x \frac{V_m(T, p, x)}{T} dx \quad (.19)$$

$$V_m(T, p, x) = \frac{RT}{p} \left( 1 + \frac{B(T, p, x)}{RT} \right) \quad (.20)$$

[8], 50 - -1 ( 0,005 %).



$$: 15^\circ, 101,325 \quad 15^\circ \quad 38,00 \quad \sim^3 \quad 1,705 \quad -$$

$$\frac{1,705}{101,325} = 0,01683. \quad (F.2)$$

F.3 F.4) ( (1 - 0,01683), . . . -

$$H_s = 38,00 \cdot 0,98317 = 37,36 \quad ^{13}. \quad (F.3)$$

1,68 %,

« »

F.3

( )

F.2

2.1 2.2.

(2.1)

$t_v$

a)

b)

^

$t_r$

3 — 5,

- 0° — 0,01  $\sim^3$ ;
- 15° — 0,03  $\sim^3$ ;
- 20° — 0,045  $\sim^3$ .

F.4

15°

$$0,0004 ( 0,9981 \quad 0,9977).$$

Z



( G )

25 °

1848 ..

8

(1931) [18]

(1972) [19].

[8]

- [18], - ~1:
- 891,823
- 890,633
- 890,013
- 890,503
- 890,340
- 890,061

- 890,36
- 891,23
- 890,62
- 890,24
- 890,61
- 891,17

[19], - ~1:

[18]

( )  
 (-890,31 ± 0,27) ~1.  
 (-890,71 ± 0,41)  
 ).

[19]

[8]

[18]

[8]

5

a)

[18]  
 [19]

1210

b)

[18]

c)

[18]

[19]

d)

( )

e) « »

[18]

« »

[19]

f)

[18]

[19]



25 ° , (-890,63 ± 0,53) [20]

[8]

24 — [19],

«-890.34» [8]: [8] [3],

0,02 - -1.

G.1 — G.3.

G.1 — ( ±1,0 95 %)

	°	1
	25	890,63
	20	891,09
	15	891,56
	0	892,97
	25	802,60
	20	802,65
	15	802,69
	0	802,82

G.2----- ( ± 0,06 95 %)

	°	1
	25	55,516
	20	55,545
	15	55,574
	0	55,662
	25	50,029
	20	50,032
	15	50,035
	0	50,043

G.3 — ( ± 0,05 95 %)

	3
25 ° , 0 °	39,735
15 ° , 0 °	39,777
15 ° , 15 °	37,706
0 ° , 0 °	39,840
20 ° , 20 °	37,044

## G.3

				3
,	,	25 °	20 °	37,024
,	,	25 °	0 °	35,808
,	,	15 °	0 °	35,812
,	,	15 °	15 °	33,948
,	,	0 °	0 °	35,818
,	,	20 °	20 °	33,367
,	,	25 °	20 °	33,365
,	,	25 °	0 °	39,831
,	,	15 °	0 °	39,872
,	,	15 °	15 °	37,782
,	,	0 °	0 °	39,936
,	,	20 °	20 °	37,115
,	,	25 °	20 °	37,095
,	,	25 °	0 °	35,894
,	,	15 °	0 °	35,898
,	,	15 °	15 °	34,016
,	,	0 °	0 °	35,904
,	,	20 °	20 °	33,431
,	,	25 °	20 °	33,428

( )

(6, 11, 15, 17, 18)

.1

$$TM=1 \sum_{i=1}^N (* - ;). \quad (.1)$$

$$N-1 \quad X_{jt} \quad (.1)$$

$$\ll 1 = * \ll 1^\circ + \left( \right) \quad (.2)$$

$H_{mix}$  — ;  
 $1$  — ,  $1 = 1 - \wedge \quad \frac{N}{h2}$   
 $X_j$  — ;  
 $H_i$  — ;  
 $H_j$  — ;  
 (.2)

$$H_{mix} = 1 - 2 > \sum_{j=1}^N - + \sum_{j=1}^N \varepsilon(*); \quad (.3)$$

$$H_{mix} = H; + \varepsilon \sum_{i=2}^N [x_i(H; - H;)]. \quad (.4)$$

$$\frac{mix}{x_k * X_j} = j - 1 \quad (.5)$$

$$X_j \quad H_{mix} \quad ( ; ) = . ( ; - ; ). \quad (.6)$$

$$N-1 \quad (18)$$

$$AH^\circ_{mix} = IZ[AX_j - (H_j - H_i)Y] \quad (.7)$$

.2

$$X_j, \quad N \quad (.1).$$

$$\sum_{j=1}^N T^{(x_j - H_j)} \cdot \bar{m}' w = 1 \tag{.8}$$

$$\sum_{j=1}^N \dots = 1 \tag{.9}$$

$$V \cdot dx_j J J = \frac{\sum_{j=1}^N H_j}{\sqrt{2}} \tag{.10}$$

$$V > k_j \tag{.11}$$

$$\sum_{j=1}^N \dots = 1 \tag{.12}$$

$$(AH_{mix})_j = A_{x_j} - (H^0)_j \tag{.13}$$

$$N \tag{19}$$

$$AH_{mix} = \dots \tag{.14}$$

$$H_{mix} \tag{.13}$$

$$(AH_{mix})_y = H_j - 0 - X_j - Z^x k - H^0_k \tag{.15}$$

N

$$AH_{mix} = Jz [ \dots ]^2 - \dots \tag{.16}$$

(.7) (22) (23) (24)

$$\frac{f^\circ}{W^\circ} \left| \frac{(AH^\circ_{mix})^2}{V_{mix} J} \left( \frac{Ad^{V^2} Y}{d^{V^2}} \right) \right| \quad (H.17)$$

$$\frac{f^\circ}{W^\circ} \frac{f_{mix}}{V_{mix}} + \frac{Ad^2}{2d} \quad (H.18)$$

( J )

J.1, J.2 J.3.

± 0,01 %

( ± 0,02 %, )

± 0,1 %.

J.1 —

		, °		
a)	25	25	15	
b)	15	0	0	
	1,0010	1,0026	1,0016	
	1,0001	1,0003	1,0002	
	1,0010	1,0026	1,0016	
	1,0001	1,0003	1,0002	

J.2 —

		, °		
a)	20	20	15	
b)	15	0	0	
	1,0174	1,0732	1,0549	
	1,0000	1,0000	1,0000	
	0,9999	0,9995	0,9996	
	1,0175	1,0738	1,0553	
	1,0001	1,0003	1,0002	

J.3 —

		, ° +			, °					
a)	25 + 20	25 + 20	25 + 20	25+20	25 + 0	25 + 0	25 + 0	15 + 15	15 + 15	15 + 15
b)	25 + 0	15+15	15 + 0	0 + 0	15 + 15	15 + 0	0 + 0	15 + 0	0 + 0	0 + 0
	1,0732	1,0184	1,0743	1,0760	0,9489	1,0010	1,0026	1,0549	1,0566	1,0016
	1,0732	1,0175	1,0733	1,0735	0,9481	1,0001	1,0003	1,0549	1,0551	1,0002

J.2

	, ° +					, °				
a)	25 + 20	25 + 20	25 + 20	25 + 20	25 + 0	25 + 0	25+0	15 + 15	15 + 15	15 + 15
b)	25 + 0	15+15	15 + 0	0 + 0	15 + 15	15 + 0	0 + 0	15 + 0	0 + 0	0 + 0
	1,0732	1,0184	1,0743	1,0760	0,9489	1,0010	1,0026	1,0549	1,0566	1,0016
	1,0738	1,0185	1,0749	1,0766	0,9486	1,0010	1,0026	1,0553	1,0570	1,0016
	1,0738	1,0176	1,0739	1,0741	0,9477	1,0001	1,0003	1,0553	1,0555	1,0002
	1,0736	1,0185	1,0747	1,0764	0,9487	1,0010	1,0026	1,0552	1,0569	1,0016

( )

1\*\*

3.13; IBM— IBM— MS-DOS 3.10, combust.ach  
 : GW-BASIC 3.21, 3.25. combust.ach  
 Microsoft Quickbasic 2.02, 1.20.  
 , combust.exe

\_\_\_\_\_, / \_\_\_\_\_, - ~1;  
 \_\_\_\_\_, - ~1;  
 \_\_\_\_\_, - 1;  
 \_\_\_\_\_, - 1;  
 \_\_\_\_\_, ~3;  
 \_\_\_\_\_, - ~3;  
 \_\_\_\_\_;  
 \_\_\_\_\_;  
 ( ) \_\_\_\_\_;  
 \_\_\_\_\_, ~3;  
 \_\_\_\_\_, - ~3.

« » ( ) \_\_\_\_\_;  
 0° 25° ;  
 0° 15° ;  
 0° ;  
 15° ;  
 20° ;  
 20° 25° .  
 101,325 .  
 25 —  
 60/60 °F 15/15 °  
 26 —  
 \_\_\_\_\_;  
 25° ( ) \_\_\_\_\_, %;  
 25° ( ) \_\_\_\_\_, %;

combust.exe \_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 0,5.

1)



zz-00.dat, zz-15.dat, zz-20.dat, cv-00.dat, cv-15.dat, cv-20.dat, cv-25.dat, water.dat, stoic.dat, lower.dat, upper.dat, species.dat, molwt.dat, refcons.txt

27— combust.exe

(15/15 °).

..... 14 1994 .

( / )

..... = 0,92470

..... = 0,03500

..... = 0,00980

..... = 0,00220

2- ..... = 0,00340

- ..... = 0,00060

..... = 0,01750

..... = 0,00680

15 ° , 15 ° 101,325 .

:

— 919,09 - ~1;

— 829,1 - ~1;

— 52,59 ;

— 47,44 - ;

— 38,96 - ~3;

— 35,15 - ~3;

— 17,478;

— 0,9977;

— 0,6046;

— 0,7409 ~3;

— 50,11 ~3;

/ — 9,85 ;

25 ° — 4,8 % (V/V) ( / );

25 ° — 15,1 % (V/V) ( / ).

( L )

60 °F

L.1 —

60 °F

.1, H<sub>s</sub>(60 °F) ^ (60 °F)  
).

H<sub>s</sub>(25 °) ( -

	60 °F,	
	-1	
1	891,51	802,69
2	1562,06	1428,83
3	2220,99	2043,35
4 -	2879,63	2657,58
5 2-	2870,45	2648,40
6 -	3538,44	3271,98
7 2-	3531,52	3265,06
8 2,2-	3517,27	3250,81
9 -	4198,06	3887,19
10 2-	4190,43	3879,57
11 -	4193,03	3882,17
12 2,2-	4180,64	3869,78
13 2,3-	4188,41	3877,55
14 -	4856,97	4501,69
15 -	5515,77	5116,08
16 - 1	6175,56	5731,46
17 -	6834,61	6346,11
18	1412,06	1323,24
19	2059,35	1926,12
20 1-	2718,59	2540,96
21 -2-	2711,8	2534,2
22 -2-	2708,2	2530,5
23 2-	2701,9	2524,3
24 1-	3377,62	3155,57
25	1943,91	1855,09
26 1,2-	2595,05	2461,82
27 1,3-	2542,03	2408,80
28	1301,35	1256,94
29	3322,04	3100,00
30	3972,29	3705,83
31	4631,75	4320,89

L. 1

	60 °F,	
	-1	
32	3955,85	3689,39
33	4603,90	4293,03
34	5266,73	4911,46
35	3302,78	3169,55
36	3949,70	3772,07
37	4609,40	4387,35
38 -	4598,51	4376,46
39	765,03	676,21
40	1240,23	1151,41
41	286,13	241,72
42 1)	44,410	0
43	562,36	517,95
44	383,47	316,86
45	671,7	649,5
46	282,91	282,91
47	548,15	548,15
48	1104,33	1104,33

1)

F).

(60 °F) —

(60 °F) —

6.

7.



.2

				$U_H$	
	, -31)	31,8	33,4	.	- 0,0124 + 0,46
		. 33,4	52,5	.	0,0285 - 0,905
	, -1	840	891	.	- 0,0164 + 15,9
		. 891	1440	.	0,03 -25,5
	, -31)	35,0	37,1	.	- 0,0121 + 0,50
		. 37,1	57,7	.	0,03 - 1,06
1) $U_2 = 101,325$ 2) $U_2 = 293,15$ .      ~3      (D.3) .2,      :      ;      3 %      - 36,7   38,1      ~3 ( 883   916      33,1   34,3      ~3 ( 796   825      ~1)      ).					

				$U_p / 3$	
0,692	0,669	765	803	-1	.
		31,8	33,4	-3	.
0,0165 - 0,0101					
. 0,669	1,210	. 803	1260	-1	.
		. 33,4	52,5	-3	.
0,0407 -0,0263					
0,692	0,669	840	891	-1	.
		35,0	37,1	- -3	.
0,0165 • - 0,0101					
. 0,669	1,210	. 891	1440	- -1	.
		. 37,1	57,7	-3	.
0,0407 -0,0263					

( N )

N.1

N.1.1

$$\sqrt{\sum_{j=1}^N (H_j^\circ - H_{\text{mix}}^\circ)^2 \cdot U_{x_j}^2 + \sum_{j=1}^N (x_j^2 \cdot U_{H_j^\circ}^2)}, \tag{N.1}$$

$H_j$  — ( 10, 3 — 5);

$U_{x_j}$  — (8) (9);

$U_{H_j^\circ}$  — (4);

$U_{H_j}$  — (1);

$$\frac{U_{H_j^\circ} \cdot H_j}{100} \tag{N.2}$$

$eU_{H_j}$  — 0,2 %, — 0,3 % [22]. 0,1 %,

N.1.2

0/ »

$$\sqrt{\sum_{j=2}^N (H_j^\circ - H_1^\circ)^2 \cdot U_{x_j}^2 + \sum_{j=1}^N (x_j^2 \cdot U_{H_j^\circ}^2)}, \tag{N.3}$$

$H_j$  — ( 10, 3 — 5);

$J$  — ( 10, 3 — 5);

$U_{x_j}$  — (8) (9);

$U_{H_j}$  — (N.2).

(5.2 6.2);

(10).

( 10,

2), (19).

N.1.3

.2 ( ).

**N.2**

**N.2.1**

$U_p$

$$U_p = \frac{p}{R \cdot T} \sqrt{\sum_{j=1}^N (M_j^2 \cdot U_{x_j}^2)}, \quad (N.4)$$

$M_j$ — (10, 1).

**N.2.2**

$U_p$

$$U_p = \frac{p}{R \cdot T} \sqrt{\sum_{j=2}^N [(M_j - M_1)^2 \cdot U_{x_j}^2]}, \quad (N.5)$$

$M_j$ — (10, 1).

(15)

(19).

N.2.3

( ).

**N.3**

$U_w$

$$U_w = W \cdot \left[ \left( \frac{U_{H^\circ}}{H^\circ} \right)^2 + \left( \frac{U_d}{2d} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad (N.6)$$

$U_d$ —

(N.7)

$d$ — (11).

( )

,

.1

[23].

101,325 .

.1

	°	°
	—	15 <sup>1)</sup>
	15	15
	25	0
	25	0
	—	0
	15	15
	20	20
	25	20 0
	25	0
	—	15
	—	15
	0	0
	25	0
	—	15
	—	0
	—	0
	—	0
	—	15
	15	15
	25	0
	0	0
	25	0
	—	15
	—	15
	—	15
	25	15 0
	25	20 0
	0	0
	—	0
	15	15
	15	15
	0	0

1) 15 ° 60 °F.



- [1] Caulcutt R. and Boddy R. *Statistics for Analytical Chemists*, Chapman and Hall Ltd, London, (1983)
- [2] IUPAC Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances, *Atomic Weights of the Elements 1987*. *Pure Appl. Chem.* 60 (6) pp. 842—854 (1988)
- [3] Humphreys A.E., *Some Thermophysical Properties of Components of Natural Gas and Cognate Fluids*. Groupe Europeen de Recherches Gazieres, Tech. Monograph No GERG TPC/1 (1986), 43 p.
- [4] Cohen E.R. and Taylor B.N. The 1986 Adjustment of the Fundamental Physical Constants CODATA Bulletin No 63 (Nov. 1986)
- [5] Giacomo P. *Metrologia* 18 (1982), pp. 33—40.
- [6] Passut C.A. and Danner R.P. *Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.* 11 (4) (1972), pp. 543—546
- [7] 2533:1975  
(ISO 2533:1975) (Standard atmosphere)
- [8] Armstrong G.T. and Jobe T.L.jr. *Heating Values of Natural Gas and its Components*, US Dept, of Commerce, NBSIR 82-2401 (May 1982), 164 p.
- [9] Garvin D., Domalski E.S., Wilhoit R.C., Somayajulu G.R. and Marsh K.N. *Heating Values of Components of Natural Gas*, Proc IGT Symposia on Natural Gas Energy Measurement, Chicago, Illinois (Aug. 1985 and April—May 1986), Elsevier Appl. Sci.Pub. London (1987), (eds. A. Attari and D.L. Klass), pp. 19—28
- [10] Garvin D., Domalski E.S., Wilhoit R.C., Somayajulu G.R. and Marsh K.N. *Physical Properties of Pure Components of Natural Gas*, Proc. 1st Int. Congress on Natural Gas Quality, (April 1986), Groningen. Elsevier Sci. Pub. b.v., Amsterdam (1986) (ed G.J. van Rossum), pp. 59—73
- [11] Wilhoit R.C. *TRC Current Data News* 3 (2) (1975), pp. 2—4
- [12] Harmens A., Proc NPL Conf., *Chemical Thermodynamic Data on Fluids and Fluid Mixtures*
- [13] Lughton A.P. and Humphreys A.E. *Improvements in the Formulation of Ideal Gas Thermodynamic Properties for Natural Gas Applications*, Proc. 4th Int. Gas Res. Conf., Tokyo (Nov. 1989)
- [14] Mason D.McA. and Eakin B.E. *Calculation of Heating Value and Specific Gravity of Fuel Gases*, Institute of Gas Technology Res. Bull. 32 (Dec. 1961), 18 p.
- [15] Pitzer K.F. and Curl R.F.jr. *The Volumetric and Thermodynamic Properties of Fluids, III Empirical Equation for the Second Virial Coefficient*, J. Amer. Chem. 79 (1957), pp. 2369—2370
- [16] Gas Processors Association Standard GPA 2172-86:1986, *Calculation of Gross Heating Value, Relative Density and Compressibility Factor for Natural Gas Mixtures from Compositional Analysis*. 16 p.
- [17] 20060—83
- [18] Rossini F.D., J.Res. NBS 6 (1931), pp. 37^9. J.Res. NBS 7 (1931), pp. 329—330
- [19] Pittam D.A. and Pilcher G. J. Chem. Soc. Faraday Trans. I 68 (1972), pp. 2224—2229; Pittam D.A., M. Sc. thesis, University of Manchester (1971)
- [20] LNG Measurement — A User's Manual for Custody Transfer (D. Mann, General Editor), US Dept of Commerce, NBSIR 85-3028 (1985), Section 1
- [21] 31371.7—2008
- 7.
- [22] 30319.1—96
- [23] 13443:1996  
(ISO 13443:1996) (Natural gas. Standard reference conditions)

