

2 Бөлім

Газ сияқты отынның жануын есептеу

1. Табиғи- домен қоспасының құрамын есептеу.
2. Ауа және табиғи – домен қоспасының тығыздығын есептеу.
3. Отын бірлігін жандыруға қажетті теориялық және нақты ауаның шығынын анықтау.
4. Жану өнімдерінің құрамын және санын есептеу.
5. Жану өнімдерінің тығыздығын есептеу.
6. Табиғи – домен қоспасының жану процесінің материалдық балансын құру.
7. Жанудың калориметриялық температурасын анықтау.

Табиғи және домен гадраның пайызбен берілген құрамы.

№1 Кесте

Құрамы	Газли азы	Домен газы	Кокс	Табиғи газ
1	2	3	4	5
CH_4	95,4	0,3	22,5	92,54
C_2H_6	-	-	1,9	-
C_2H_6	2,6	-	-	2,5
C_3H_8	0,3	-	-	0,96
C_4H_{10}	0,2	-	-	0,80
H_2S	-	0,3	0,4	-
CO	-	27	6,8	-
H_2	-	2,7	57,5	-
O_2	-	-	0,8	1,5
N_2	1,1	58,5	7,8	1,5
CO_2	0,2	11,2	2,3	0,2
Σ	100	100	100	100
Q_H^p	3500-3800 3500-3800	1600-1800	10000-13000	

Мазут құрамы

№2 Кесте

C^p	H^p	O^p	S^p	A^p	W^p	Σ
85,3	10,0	0,6	0,7	0,4	0,3	100%

Ауа шығының коэффициенті – 1,15 (1 топ), 1,20 (2 топ), 1,25 (3 топ), 1,18 (4 топ), 1,23 (5 топ)

Қалған мәндер №3 кестеден алынады.

№3 Кесте

Нұсқа	$W_{m.z}$ (%)	$W_{d.z}$ (%) Q_H^p қДж / см ³	T в °C	T в °C	
1	38	40	13300	420	800
2	38	35	19000	340	700
3	40	37	17000	370	800
4	41	36	16000	390	810
5	37	40	12500	230	780
6	36	36	13500	350	820
7	35	42	12000	250	840
8	34	32	11500	500	600
9	32	30	12700	400	700
10	31	35	13400	450 600	
11	37	38	18400	350	400
12	39	30	18800	395	420
13	38	31	14200	480	550
14	41	33	14600	380	560
15	42	37	16500	430	570
16	34	30	17500	320	490
17	33	40	15900	340	470
18	31	30	16300	360	580
19	35	36	16700	300	500
20	36	30	17100	320	540
21	38	31	17500	340	650
22	31	30	18000	320	670
23	39	33	18400	390	700
24	31	38	18800	300	560
25	37	38	19200	440	540

3 Бөлім

Жануды есептеудің мысалы Табиғи және домен газдарының қоспалары.

Есептеуге арналған бастапқы деректер:

1. Құрғақ табиғи және домен газдарының құрамы, %:

Газ	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆ C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	H ₂	N ₂	O ₂	Σ	
Табиғи	-	0,2	92,6	4,5	0,9	0,80	-	1,0	-	100
Домен	29,0	12,7	0,3	-	-	-	1,5	56,5	-	100

2. Ауа шығынының коэффициенті $n = 1.1$;

3. Домен азындағы ылғалдың құрамы $W_{d,z} = 32g / m^3$;

4. Табиғи газындағы ылғалдың құрамы $W_{n,z} = 0$ (құрғақ газ)

5. Қоспаның жану жылулығы $Q_H^p = 2660 \text{ ккал} / m^3 = 11130 \text{ кДж} / m^3$

6. Газ және ауа жылытуының температурасы $t_g = 800^\circ C = 1073^\circ K$
 $t_u = 450^\circ C = 723^\circ K$

7. Жанудың кететін өнімдерінің (түтін) температурасы $t_{n,z} = 800^\circ C = 1073^\circ K$

8. Есептеу газдың 1 м³ жүреді.

Табиғи-домен қоспа құрамының есептеуі

I Құрғақ домен газының құрамының дымқылға қайта есептеу.

1. Дымқыл домен газындағы су буларының көлемдік пайызы:

$$H_2O\% = \frac{100 \times W_{d,z}}{803,6 + W_{d,z}} = \frac{100 \times 32}{803,6 + 32} = 3,83\%$$

2. Құрғақ домен газының құрамының дымқылға қайта есептеу коэффициенті

$$K_{d,z} = \frac{100 - H_2O}{100} = \frac{100 - 3,83}{100} = 0,962$$

3. Домен газының жұмыс құрамы, %:

$$CH_1^p = K_{d,z} \times CH_4^c = 0,962 \cdot 0,3 = 0,29$$

$$CO_2^p = K_{d,z} \cdot CO_2^c = 0,962 \cdot 12,7 = 12,2$$

$$H_2^p = K_{d,z} \cdot H_2^c = 0,962 \cdot 1,5 = 1,44$$

$$CO^p = K_{d,z} \cdot CO^c = 0,962 \cdot 29,0 = 27,9$$

$$N_2^p = K_{d,z} \cdot N_2^c = 0,962 \cdot 56,5 = 54,35$$

$$H_2O^p = \quad \quad \quad = 3,83$$

Есептеу нәтижелерін №1 кестеге толтырамыз.

Газ	CH_4	CO_2	N_2	CO	H_2	H_2O	Σ
Домен	0,29	12,2	54,35	27,9	1,44	3,83	100

II Газдардың жану жылуын Q_H^p анықтау

1. Табиғи газдың жану жылуы

$$Q_H^p \text{ н.г.} = 358CH_4 + 636C_2H_6 + 913C_3H_8 + 1185C_4H_{10} = 358 \cdot 92,6 + 636 \cdot 4,5 + 913 \cdot 0,9 + 1185 \cdot 0,8 = 37783 \text{кДж} / \text{м}^3$$

мұнда 358; 636; 913 және т.б. аздардың жану жылуы бөлінеді 92,6; 4,5; 0,9 - CH_4, C_2H_6, \dots пайызбен.

2. Домен газының жану жылуы

$$Q_H^p \text{ д.г.} = 358 \cdot CH_4 + 108 \cdot H_2 + 126,4 \cdot CO = 358 \cdot 0,29 + 108 \cdot 1,44 + 126,4 \cdot 27,9 = 3785 \text{кДж} / \text{м}^3$$

III Табиғи және домен аз қоспаларының құрамының есептеуі.

1. Табиғи-домен қоспасындағы домен газының еншісін «х» деп аламыз, сонда табиғи газының еншісі (1-х) болады, және осыдан теңдеу құрамыз:

$$Q_H^p \text{ д.г.} \cdot X + Q_H^p \text{ н.г.} \cdot (1 - X) = Q_H^p \text{ см,}$$

мұнда Q_H^p см – газ қоспаларының жануының бастапқы жылулығы.

Осыдан шығады:

$$x = \frac{Q_H^p \text{ н.г.} - Q_H^p \text{ см}}{Q_H^p \text{ н.г.} - Q_H^p \text{ д.г.}} = \frac{37783 - 11129}{37783 - 3785} = \frac{26654}{33998} = 0,784 \text{ (домен азының еншісі)}$$

1-х=1 – 0,784=0,216 (табиғи газдың еншісі)

2. Аралас газдың пайызбен берілген құрамы:

$$CO = CO^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + CO^p \text{ д.г.} \cdot x = 0 \cdot (0,216) + 27,9 \cdot 0,784 = 21,87$$

$$CO_2 = CO_2^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + CO_2^p \text{ д.г.} \cdot x = 0,2 \cdot 0,216 + 12,2 \cdot 0,784 = 9,60$$

$$CH_4 = CH_4^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + CH_4^p \text{ д.г.} \cdot x = 92,6 \cdot 0,216 + 0,29 \cdot 0,784 = 20,23$$

$$C_2H_6 = C_2H_6^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + 0 = 4,5 \cdot 0,216 = 0,97$$

$$C_3H_8 = C_3H_8^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + 0 = 0,9 \cdot 0,216 = 0,20$$

$$C_4H_{10} = C_4H_{10}^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + 0 = 0,8 \cdot 0,216 = 0,17$$

$$N_2 = N_2^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + N_2^p \text{ д.г.} \cdot x = 1 \cdot 0,216 + 54,35 \cdot 0,784 = 42,83$$

$$H_2 = H_2^p \text{ н.г.} \cdot (1 - x) + H_2^p \text{ д.г.} \cdot x = 0 + 1,44 \cdot 0,784 = 1,13$$

$$H_2O = H_2O^p \cdot (1 - x) + H_2O^p \text{ д.г.} \cdot x = 0 + 3,83 \cdot 0,784 = 3,00$$

Нәтижелерді №2 кестеге енгіземіз.

Табиғи-домен қоспасының құрамы, %

CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	H ₂	H ₂ O Σ	
21,87	9,60	20,23	0,97	0,2	0,17	42,83	1,13	3,0	100

3. Табиғи-домен қоспа құрамының есептеуінің дұрыстығын тексеру:

$$Q_{H\text{см}}^p = 126,4 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 636 \cdot C_2H_6 + 913 \cdot C_3H_8 + 1185 \cdot C_4H_{10} =$$

$$126,4 * 21,87 + 108 * 1,13 + 358 * 20,23 + 636 * 0,97 + 913 * 0,2 + 1185 * 0,17 = 11130 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

IV Ауа және табиғи-домен қоспасының тығыздығы.

1. Табиғи-домен қоспасының тығыздығы

$$\rho_0^{\text{см}} = \frac{28 * CO + 44 * CO_2 + 16 * CH_4 + 30 * C_2H_6 + 44 * C_3H_8 + 58 * C_4H_{10} + 2 * H_2 + 28 * N_2 + 18 * H_2O}{22,4 * 100}$$

$$= \frac{28 * 21,87 + 44 * 9,6 + 16 * 20,23 + 30 * 0,97 + 44 * 0,2 + 58 * 0,17 + 2 * 1,13 + 28 * 42,83 + 18 * 3,0}{22,4 * 100} = 1,188 \text{ кг} / \text{м}^3$$

2. Ауа тығыздығы

$$\rho_0^{\text{а}} = \frac{28 * N_2 + 32 * O_2}{22,4 * 100} = \frac{28 * 79 + 32 * 21}{22,4 * 100} = 1,293 \text{ кг} / \text{м}^3$$

мұнда

28,32 – сәйкесінше азот және оттегінің молекулалық салмағы;

22,4 – қалыпты шарттардағы 1кмоль газының көлемі.

($T = T_0 = 273^0 \text{ К}$, $P = P_0 = 101325 \text{ н} / \text{м}^2$), $\text{м}^3 / \text{кмоль}$

V Отын бірлігінің жануына қажетті ауаның шығыны

1. Ауаның теориялық шығыны ($n=1,0$)

$$L_T = \frac{0,5 * CO\% + 0,5 * H_2\% + 2 * CH_4\% + 3,5 * C_2H_6\% + 5 * C_3H_8\% + 6,5 * C_4H_{10}}{21} =$$

$$= \frac{0,5 * 21,87 + 0,5 * 1,13 + 2 * 20,23 + 3,5 * 0,97 + 5 * 0,2 + 6,5 * 0,17}{21} = \frac{57,46}{21} = 2,74 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

мұнда

0,5; 0,5; 2 және т.б. O₂ молінің санының CO, H₂, CH₄ 1 мольге

21 – ауадағы O₂ мәні, %

2. $n=1,1$ мәніндегі ауаның нақты шығыны:

$$L_g = n * L_T = 1,1 * 2,74 = 3,014 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

VI Жану өнімдерінің құрамы мен санын есептеу

1. Жану өніміндегі көмірқышқыл газының көлемі:

$$V_{CO_2} = (CO + CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10}) * 0,01 =$$

$$(21,87 + 9,6 + 20,23 + 2 * 0,97 + 3 * 0,2 + 4 * 0,17) * 0,01 = 0,55 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

2. Жану өніміндегі су буларының көлемі:

$$V_{H_2O} = (H_2 + 2 * CH_4 + 3 * C_2H_6 + 4 * C_3H_8 + 5 * C_4H_{10} + H_2O) * 0,01 =$$

$$= (21,87 + 9,6 + 20,23 + 2 * 0,97 + 3 * 0,2 + 4 * 0,17) * 0,01 = 0,55 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

3. Жану өніміндегі азот көлемі:

$$V_{N_2} = (N_2 + 79 * L_g) * 0,01 = (42,83 + 79 * 3,014) * 0,01 = 2,8 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

4. Жану өніміндегі мол оттегінің көлемі:

$$V_{O_2}^{mol} = (L_g - L_T) * \frac{21}{100} = (3,014 - 2,74) * \frac{21}{100} = 0,057 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

5. Жану өнімдерінің жалпы саны:

$$V_{m.z} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{H_2} + V_{O_2}^{mol} = 0,55 + 0,49 + 2,8 + 0,057 = 3,897 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

6. Жану өнімдерінің пайызбен берілген құрамы (n=1,1):

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2} * 100}{V_{m.z}} = \frac{0,55 * 100}{3,897} = 14,12\%$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O} * 100}{V_{m.z}} = \frac{0,49 * 100}{3,897} = 12,57\%$$

$$N_2 = \frac{V_{H_2} * 100}{V_{m.z}} = \frac{2,8 * 100}{3,897} = 71,85\%$$

$$O_2 = \frac{V_{O_2} * 100}{V_{m.z}} = \frac{0,057 * 100}{3,897} = 1,46\%$$

Бұл нәтижелерді №3 кестеге көшіреміз.

Жану өнімдерінің құрамы

№3 Кесте

Жану өнімдері	CO_2	H_2O	N_2	O_2	Σ
%	14,12	12,57	71,85	1,46	100

Жану өнімдерінің тығыздығы

$$\rho_0 = \frac{44 * CO_2\% + 18 * H_2O\% + 28 * N_2\% + 32 * O_2\%}{22,4 * 100} =$$

$$\frac{44 * 14,12 + 18 * 12,57 + 28 * 71,85 + 32 * 1,46}{22,4 * 100} = 1,297 \text{ кг} / \text{м}^3$$

VII Жану процесінің материалдық балансы

Кіріс, кг	Шығын, кг	Баланстың байланыссыздығы, %
<p>1. Газ</p> $G_z = V_z * \rho_0^z =$ $1 * 1,188 = 1,188 = 1,188 \text{ кг}$	<p>1. Жану өнімдері</p> $G_{m.z} = V_{m.z} * \rho_0^{m.z} =$ $3,897 * 1,297 = 5,054 \text{ кг}$	$\frac{5,085 - 5,054}{5,085} * 100 = 0,6\%$ 1% аспайды
<p>2. Ауа</p> $G_a = L_g * \rho_0^a =$ $3,014 * 1,293 = 3,897 \text{ кг}$ Барлығы 5,085 кг	- 5,054 кг	

VIII Жанудың калориметриялық температурасын анықтау.

Жылыған газ бен ауаның физикалық жылуы белісіз формула бойынша жану өнімдерінің бастапқы энтальпиясын i табамыз.

1. Газдың физикалық жылуы $Q_{\phi}^z = C_z^{450} * t_z^{450}$

$$C_z^{450} = (C_{CO}^{450} * CO\% + C_{CO_2}^{450} * CO_2\% + C_{CH_4}^{450} * CH_4\% + C_{C_2H_6}^{450} * C_2H_6\% + C_{C_3H_8}^{450} * C_3H_8\% + C_{C_4H_{10}}^{450} * C_4H_{10}\% + C_{H_2}^{450} * H_2\% + C_{N_2}^{450} * N_2\% + C_{H_2O}^{450} * H_2O\%) * 0,01 =$$

$$= (1,3325 * 21,87 + 1,97 * 9,6 + 2,077 * 20,23 + 3,433 * 0,97 + 4,88 * 0,2 + 6,48 * 0,17 + 1,307 * 1,13 + 1,325 * 42,83 + 1,57 * 3,0) * 0,01 = 1,58 \text{кДж} / \text{м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\phi}^z = 1,58 * 450 = 711 \text{кДж} / \text{м}^3$$

Мұнда

- 1) 450°C температурадағы C_{CO} , C_{CO_2} және т.б. жылу сыйымдылықтарын, сонымен бірге C^A жылынған ауа жылу сыйымдылығын №4 кестеден аламыз;
- 2) метан қатары үшін жылу сыйымдылықтарын №5 кестеден алу қажет.

Ауа және аз үшін орташа жылу сыйымдылықтары (кДж/м³ °C)

Температура °C	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂ O	CO	H ₂	құрғақ ауа
0	1,61	1,29	1,30	1,48	1,295	1,27	1,29
100	1,73	1,295	1,31	1,49	1,30	1,29	1,295
200	1,80	1,30	1,33	1,51	1,31	1,295	1,31
300	1,87	1,31	1,35	1,54	1,315	1,30	1,32
400	1,94	1,32	1,37	1,56	1,33	1,30	1,33
500	2,0	1,33	1,39	1,58	1,335	1,315	1,34
600	2,05	1,34	1,41	1,61	1,34	1,32	1,35
700	2,10	1,35	1,42	1,63	1,37	1,325	1,36
800	2,14	1,36	1,43	1,66	1,38	1,33	1,38
900	2,18	1,38	1,44	1,68	1,385	1,335	1,40
1000	2,21	1,39	1,45	1,71	1,39	1,34	1,41
1100	2,25	1,40	1,46	1,74	1,40	1,345	1,42
1200	2,27	1,41	1,47	1,76	1,42	1,35	1,43
1300	2,30	1,42	1,475	1,78	1,425	1,355	1,44
1400	2,32	1,44	1,48	1,79	1,43	1,36	1,45
1500	2,34	1,445	1,50	1,81	1,46	1,365	1,46
1600	2,36	1,45	1,505	1,815	1,47	1,37	1,47
1700	2,38	1,46	1,51	1,83	1,475	1,375	1,48
1800	2,39	1,47	1,52	1,90	1,48	1,38	1,49
1900	2,41	1,48	1,53	1,92	1,49	1,385	1,50
2000	2,42	1,49	1,54	1,93	1,50	1,39	1,505
2100	2,43	1,50	1,55	1,95	1,51	1,395	1,51
2200	2,44	1,51	1,56	1,97	1,515	1,40	1,515
2300	2,45	1,515	1,565	1,99	1,52	1,405	1,52

2400	2,46	1,52	1,57	2,10	1,5215	1,41	1,525
2500	2,47	1,53	1,58	2,40	1,53	1,415	1,53

Ескерту: Ауаның жылу температурасы бағдарлама бойынша 300 + 1400°C, ал газ – 0 - 900°C аралығында алынады.

№5 Кесте

Метан қатар газдарының жылу сыйымдылығы, кДж/м³ °C

Газ температурасы °C	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_3H_{10}
1	2	3	4	5
0	1,549	2,21	3,05	4,128
100	1,64	2,495	3,51	4,706
200	1,758	2,776	3,965	5,255
300	1,888	3,04	4,37	5,77
400	2,01	3,31	4,76	6,268
500	2,14	3,55	5,095	6,69
600	2,26	3,78	5,435	7,14
700	2,378	3,986	5,72	7,486
800	2,495	4,174	5,987	7,81
900	2,604	4,36	6,23	8,11

2. Жылынған ауаның физикалық жылуы

$$Q_{\phi}^a = L_g * C_g * t_g = 3,014 * 1,38 * 800 = 3327 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$$i_0 = \frac{Q_{H_{2O}}^p + Q_{\phi}^z + Q_{\phi}^e}{V_{m.z}} = \frac{11129 + 711 + 3327}{3,897} = 3892 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$i_0 = 3892 \text{ кДж} / \text{м}^3$ мәні бойынша №7 кестені қолдана отырып $t_{\kappa} = t'_{\kappa} = 2300^{\circ}C$ ең жақын мәнін табамыз.

Мына температура бойынша жану өнімдерінің энтальпиясын анықтаймыз:

$$t'_{\kappa} = 2300^{\circ}C$$

$$i'_{CO_2} = i_{CO_2}^{2300} * \frac{\%CO_2}{100} = 5746,39 * \frac{14,12}{100} = 811,4 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$$i'_{H_2O} = i_{H_2O}^{2300} * \frac{\%H_2O}{100} = 4485,34 * \frac{12,57}{100} = 563,8 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$$i'_{N_2} = i_{N_2}^{2300} * \frac{\%N_2}{100} = 3457,20 * \frac{71,85}{100} = 2484 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$$i'_{O_2} = i_{O_2}^{2300} * \frac{\%O_2}{100} = 3662,33 * \frac{1,46}{100} = 53,5 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$$i'_{2300} = 3912,7 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

$i_{CO_2}^{2300}, i_{H_2O}^{2300}$ және т.б. №6 кестеден аламыз.

$i'_{2300} = 3912,7$ алынған мән

Сонда $t_k < t'_k$

$t''_k = 2200^0 C$ температурадағы жану өнімдерінің

энтальпиясын t''_{2200} табамыз.

$$i''_{CO_2} = i_{CO_2}^{2200} * \frac{\%CO_2}{100} = 546,4$$

$$i''_{H_2O} = i_{H_2O}^{2200} * \frac{\%H_2O}{100} = 435,8$$

$$i''_{N_2} = i_{N_2}^{2200} * \frac{\%N_2}{100} = 3295,8$$

$$i''_{O_2} = i_{O_2}^{2200} * \frac{\%O_2}{100} = 3487,4$$

$$i''_{2200} = 3738,5 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

Сонда $i''_{2200} < i_0 < i'_{2300}$ болады,

яғни нақты калориметриялық температура t_k мына

$t''_k \div t'_k (2200 \div 2300^0 C)$ и

интервалда жатыр, сонда мынаған тең:

$$t_k = 2200 + \frac{3892 - 3738,5}{3912,7 - 3738,5} * 100 = 2200 + 88 = 2288^0 C$$

$$T_k = 2288 + 273 = 2561^0 K$$

№6 Кесте

Газдардың жылу ұстамдығы, кДж / м³

Температура, °C	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂
1	2	3	4	5
0	0	0	0	0
100	172,00	150,18	130,13	131,93
200	361,67	303,47	260,60	267,38
300	564,24	461,36	392,41	407,48
400	777,44	623,69	526,89	551,85
500	1001,78	791,55	664,58	700,17
600	1236,76	964,68	805,06	851,64
700	1475,41	1143,64	940,36	1005,24
800	1718,95	1328,11	1094,65	1162,32
900	1972,43	1517,87	1243,55	1319,67

1000	2226,75	1713,32	1393,86	1480,11
1100	2485,34	1913,67	1546,14	1641,02
1200	2746,44	2118,78	1699,76	1802,76
1300	3010,58	2328,01	1857,74	1966,05
1400	3276,75	2540,25	2012,36	2129,93
1500	3545,34	2758,39	2170,55	2296,78
1600	3815,86	2979,13	2328,65	2463,97
1700	4087,10	3203,05	2486,28	2632,09
1800	4360,67	3429,90	2646,74	2800,48
1900	4634,76	3657,85	2808,22	2971,30
2000	4910,51	3889,72	2970,25	3142,76
2100	5186,81	4121,79	3131,96	3314,85
2200	5464,20	4358,83	3295,84	3487,44
2300	5746,39	4485,34	3457,20	3662,33
2400	6023,25	4724,37	3620,58	3837,64
2500	6303,53	5076,76	3786,09	4014,29

Ескерту: Бағдарламада газдардың жылу ұстамдығы 1200 – 2500°C температура аралығында келтірілген.

№7 Кесте

Түтіннің меншікті жылу ұстамдығының температурадан тәуелділігі.

Газдардың температурасы, °C	Энтальпия $i, \text{кДж} / \text{м}^3$	Температура, °C	Энтальпия $i, \text{кДж} / \text{м}^3$
100	170	1600	2650
200	270	1700	2800
300	410	1800	3000
400	550	1900	3170
500	710	2000	3330
600	870	2100	3530
700	1030	2200	3730
800	1210	2300	3930
900	1370	2400	4130
1000	1540	2500	4330
1100	1720	2600	4530
1200	1900	2700	4700
1300	2050	2800	4900
1400	2270	2900	5080
1500	2450	3000	5270

Әдебиеттер тізімі

1. Кривандин В.А., Филиманов Ю.П. «Теория, конструкции и расчеты металлургических печей», 1 бөлім. М., 1978 ж.
2. Кривандин В.А., Марков Б.Л. «Металлургические печи», М., 1977 ж.
3. Арутюнов Е.А. және басқалар. Металлургическая теплотехника, 1 том, М., 1974 ж.
4. Үйге берілген тапсырмаларға әдістемелік нұсқаулар «Расчет горения топлива» ДМЕТИ Днепропетровск қ., 1975 ж.
5. Равич М.Б. және басқалар «Металлургическое топливо» (анықтама), М., 1965 ж.
6. Мастрюков Б.С. «Теория, конструкции и расчеты металлургических печей», 2 бөлім, М., 1978 ж.
7. Аверин С.И. және басқалар «расчет нагревательных печей», Киев, 1969 ж.