

Seminar 11. Calculul compoziției elementare și volumetrice a combustibililor organici

Valorile aproximative ale căldurii de ardere ale combustibilului se pot determina cunoscând compoziția combustibilului după formula lui Mendeleev:

$$Q_i^{daf} = 0,339C^{daf} + 1,029H^{daf} - 0,109(O^{daf} - S^{daf}). \quad (11.1)$$

Recalcularea căldurii superioare din cea inferioară și invers se efectuează cu relația:

$$Q_s^r = Q_i^r + 0,225H^r + 0,025W^r, \text{ MJ/kg} \quad (11.2)$$

Pentru combustibilii gazoși se utilizează formula:

$$Q_i^d = \sum Q_i K_i / 100, \text{ MJ/m}^3, \quad (11.3)$$

unde: K_i sunt valorile componentelor combustibilului, în %,

Q_i – căldurile de ardere a componentelor gazului, MJ/m³, din Tabelul 11.4;

Tabelul 11.1. Compoziția și caracteristicile combustibililor solizi

Combustibil	Componente, %							V ^{daf} , %	Q _i ^r , MJ/kg
	C ^r	H ^r	S ^r	O ^r	N ^r	A ^r	W ^r		
Combustibili solizi									
Antracit	65-80	1-2	0,5-1,5	0,5-2	0,5-1	8-20	5-10	1-7	22-30
Huică	50-75	3-5	0,3-3	1,5-10	0,5-1,5	10-40	5-20	10-50	16-27
Lignit	25-50	1-4	0,2-1,5	8-15	0,4-1,3	5-30	15-50	30-60	8-20
Turbă	25	2,5	0,1	15	1	6	50	70	8
Lemn	40	3,5-4,5	-	25-35	0,4	0,5-1,5	10-40	85	10-17
Paie	42,75	5,30	0,08	36,85	0,52	4,50	10,0	78	16

Tabelul 11.2. Compoziția și caracteristicile combustibililor lichizi

Combustibil	Componente, %						Densitate, kg/m ³	$Q_i^r, \text{ MJ/kg}$
	C^r	H^r	S^r	$O^r + N^r$	A^r	W^r		
Benzină	80-85	14-15	0,05	0,05-5	-	-	760	42-43,5
Motorină	86,5	13-15	0,3	0,4	0,2	urme	870	42
Păcură	83-87	10-12	0,5-4	0,3-0,7	0,05-0,2	0,3-3		39,3-40,2
GPL	82,5	17,5	-	-	-	-	2220	46,06

Tabelul 11.3. Compoziția și caracteristicile combustibililor gazoși

Gazul	Componente, %											$\rho, \text{ kg/m}^3$	$Q_i^r, \text{ MJ/m}^3$
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ *	H ₂	H ₂ S	CO	CO ₂	O ₂	N ₂		
Natural	62-99	0,2-14,5	0,1 - 7,6	0 - 3,5	0 - 0,5	0 - 1,1	-	-	0,1-1,4	-	0,2-30	0,74-0,95	28-46
Asociat	44-96	3-25	0,8 - 12,6	0,1 - 5	0,1 - 2,2	-	0,5-0,8	-	0-1,8	0-0,4	0,1-27	0,75-1,2	37-47
De gazogen	0,5-3	0,20 - 0,7				7 - 15	0-1,2	9-28	5-9,8	0,2	45-62	1,12-1,22	4,2-6,5
Biogaz	55-80	-	-	-	-	0-3	urme	0-2	20-40	-	0-3	0,95-1,2	20-30
De furnal	0,3	-	-	-	-	5	-	27	12,5	0,2	55	1,19	3,8
De rafinare	7-93	4 - 40**	2 - 35***	0 - 34****	0 - 19	0-9	-	-	-	-	-	0,6-1,6	43-95

*- inclusiv hidrocarburile mai grele;

** - inclusiv etilenul C₂H₄;

*** - inclusiv propilenul C₃H₆;

**** - inclusiv butilenul C₄H₈.

Tabelul 11.4. Densitatea și căldura de ardereale unor gaze

Gazul	Densitatea, kg/m³	Căldura de ardere, MJ/m³
Hidrogen H ₂	0,090	10,784
Azot N ₂	1,251	-
Oxigen O ₂	1,428	-
Oxid de carbon CO	1,250	12,620
Dioxid de carbon CO ₂	1,964	-
Hidrogen sulfurat H ₂ S	1,520	23,354
Metan CH ₄	0,716	35,774
Etan C ₂ H ₆	1,342	63,669
Propan C ₃ H ₈	1,967	91,138
Butan C ₄ H ₁₀	2,593	118,498
Pentan C ₅ H ₁₂	3,218	145,896
Etilen C ₂ H ₄	1,251	58,990
Propilen C ₂ H ₆	1,877	85,894
Butilen C ₄ H ₈	2,503	113,367
Benzol C ₆ H ₆	3,458	140,200
Acetilenă C ₂ H ₂	1,161	56,870

Pentru a determina cantitatea de aer necesar pentru ardere se utilizează următoarele relații:

a) pentru combustibil lichid și solid:

$$V_{aer}^o = 0,0889(C^r + 0,375S^r) + 0,266H^r - 0,0333O^r, m^3 / kg, \quad (11.4)$$

b) pentru combustibil gazos:

$$V_{aer}^o = 0,0476 \left[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], m^3 / m^3 \quad (11.5)$$

Pentru o mai bună amestecare a combustibilului cu aerul, în zona de ardere se introduce o cantitate mai mare de aer decât cea teoretic necesară – V_{aer} . Raportul dintre aceste 2 mărimi se numește **coeficient de exces de aer**:

$$\alpha = \frac{V_{aer}}{V_{aer}^o} > 1. \quad (11.6)$$

Pentru a determina volumul gazelor de ardere se utilizează următoarele relații:

a) pentru combustibil solid și lichid:

$$V_{RO_2}^o = 0,0187(C^r + 0,375S^r), m^3 / kg. \quad (11.7)$$

$$V_{R_2}^o = 0,79V_{aer}^o + 0,008N^r. \quad (11.8)$$

Unii din cei mai toxici oxizi la arderea sunt oxizii nitrici, de aceea pentru diminuarea lor se introduce apă în cazan:

$$V_{H_2O}^o = 0,0124(9H^r + W^r) + 0,00161V_{aer}^o + V_{int r}^{vap}. \quad (11.9)$$

Astfel volumul gazelor de ardere va fi:

$$V_{ga}^o = V_{RO_2}^o + V_{R_2}^o + V_{H_2O}^o. \quad (11.10)$$

b) pentru combustibil gazos

$$V_{RO_2}^o = 0,01[CO_2 + CO + H_2S + \sum mC_mH_n] \cdot m^3 / m^3. \quad (11.11)$$

$$V_{R_2}^o = 0,79V_{aer}^o + 0,01N_2. \quad (11.12)$$

$$V_{H_2O}^o = 0,01\left[H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2}C_mH_n + 0,124d\right] + 0,0161V_{aer}^o. \quad (11.12)$$

Volumul total de gaze, atât pentru combustibilii solizi și lichizi cât și pentru cei gazoși se determină ca suma volumelor componentelor și a aerului excesiv:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1)V_{aer}^0, \text{ m}^3/\text{m}^3. \quad (11.13)$$