

Практичне заняття № 1

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ СТРУЖКИ. РОЗРАХУНОК ГОРІННЯ ПАЛИВА

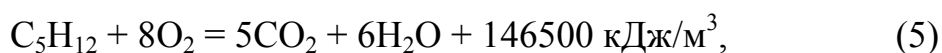
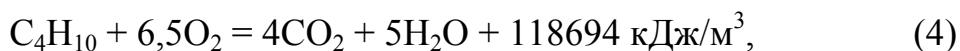
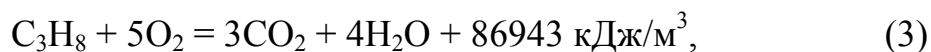
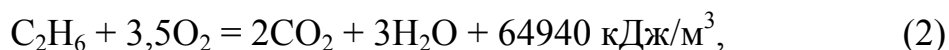
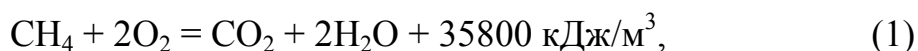
Під час оброблення кольорового металу різанням, збирання, зберігання і транспортування до місця переробки металева стружка забруднюється, зволожується, змішується з пилом від стирання різця і стружкою чорних металів. Основна маса стружки кольорових металів містить 3...18 % вологи і мастила. Первинна обробка стружки кольорових металів складається з грохочення, дроблення, знежирювання, сушіння, магнітної сепарації.

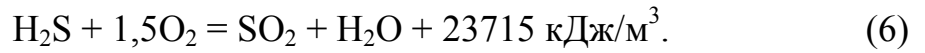
Термічне знежирення стружки з будь-яким вмістом вологи та рідин, що змащують і охолоджують, здійснюють в барабанних сушильних агрегатах. Знежирювання відбувається шляхом випаровування вологи та мастила під час контактного нагрівання металевої стружки газами, що утворюються при згорянні палива та відходять. В стружці, що надходить, підтримують постійне співвідношення мастила і води, для стабілізації теплового режиму сушильного барабана.

Розрахунок горіння палива виконують для визначення кількості повітря, теоретично необхідного для спалювання палива, дійсної кількості повітря, кількості й складу продуктів згорання та нижчої теплоти згорання палива.

Практичну витрату повітря на згорання палива розраховують на підставі кількості повітря, теоретично необхідного для спалювання палива, з урахуванням коефіцієнта надлишку повітря. Значення коефіцієнта надлишку повітря α залежить від типу палива, конструкції паливоспалювальних пристроїв та умов їх експлуатації.

Кількість повітря, теоретично необхідну для спалювання палива, визначають як суму кількості повітря на горіння кожного елемента палива. Горіння елементів палива відбувається за реакціями:





Нижчу теплоту згоряння природного газу визначають за формулою:

$$Q_n^p = \sum_{i=1}^n q_i \cdot c_i, \quad (7)$$

де q_i – тепловий ефект реакції горіння i -го елемента палива, кДж/м³;

c_i – вміст i -го елемента у складі палива, частка;

n – кількість елементів у складі палива.

Складові природного газу CO₂ та N₂ переходять у димові гази.

Методики складання матеріального балансу горіння палива та теплового балансу плавлення вторинної алюмінієвої сировини подано у прикладі 1 та прикладі 2 відповідно.

Розрахунок барабанного сушильного агрегата складається з визначення його конструктивних розмірів, а також тривалості сушіння стружки в барабані.

Довжину сушильного барабана визначають за формулою:

$$L = \frac{M \cdot (w_n - w_k) / 100}{A \cdot S_{бар}} = \frac{M \cdot (w_n - w_k) / 100}{A \cdot \pi \cdot D^2 / 4}, \quad (8)$$

де M – продуктивність сушильного барабана, кг/год;

w_n, w_k – масова частка вологи в стружці до та після сушіння, %;

$S_{бар}$ – площа поперечного перерізу барабана, м²:

$$S_{бар} = \frac{V_r}{(1 - \varphi) \cdot \omega_r}, \quad (9)$$

V_r – дійсна кількість газів у барабані, м³/с;

$\varphi = V_m / V_6$ – коефіцієнт заповнення барабана V_6 матеріалом V_m , звичайно $\varphi = 0,15 \dots 0,25$;

ω_r – припустиме значення швидкості руху газів у вільному перетині на виході з барабана, звичайно знаходиться в межах до 1,5 м/с;

A – напруга робочого об'єму барабана за вологою, що випаровується, кг/(м³·год), звичайно $A = 10 \dots 14$ кг/(м³·год).

Тривалість сушіння стружки в барабані, годин:

$$\tau = \frac{2 \cdot \rho_{нас} \cdot \varphi \cdot (w_n - w_k)}{A \cdot [200 - (w_n - w_k)]}, \quad (10)$$

де $\rho_{нас}$ – насипна маса вологої стружки, кг/м³.

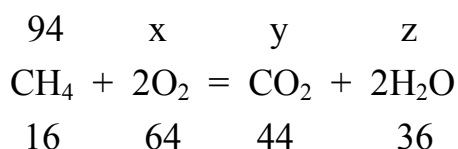
Приклад 1. Визначити витрату повітря, кількість та склад продуктів згоряння палива, нижчу теплоту згоряння палива при спалюванні в короткобарабанній печі природного газу (склад, %: 94,0 CH₄; 3,0 C₂H₆; 0,8 C₃H₈; 0,2 C₄H₁₀; 0,1 C₅H₁₂; 0,9 CO₂; 1,0 N₂). Розрахунок провести при α=1,0 та α=1,1. Прийняти, що газ сухий (0 % H₂O), при розрахунках речовини реагують у стехіометричних відношеннях.

Розв'язання

Розрахунок проводимо на 100 м³ сухого газу.

Складові природного газу CO₂ та N₂ переходять у димові газу.

Для перебігу реакції (1)



потрібно x=376,00 м³ O₂ і утворюється y=258,50 м³ CO₂, z=211,50 м³ H₂O.

Аналогічно розраховуємо витрату кисню для спалювання решти компонентів газу і результати записуємо в табл. 1.

Таблиця 1 – Розрахунок витрати повітря та кількості димових газів

Компоненти, що беруть участь у горінні						Продукти згоряння, димові газу, м ³					
Паливо			Повітря, м ³								
Компо- нент	Кількість		Номер реакції горіння	O ₂	N ₂	Усього	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	Усього
	%	м ³									
CH ₄	94,0	94,0	(1)	376,00	1414,48	1790,48	258,50	211,50	1414,48	–	1884,48
C ₂ H ₆	3,0	3,0	(2)	11,20	42,13	53,33	8,80	5,40	42,13	–	56,33
C ₃ H ₈	0,8	0,8	(3)	2,91	10,95	13,86	2,40	1,31	10,95	–	14,66
C ₄ H ₁₀	0,2	0,2	(4)	0,72	2,71	3,43	0,61	0,31	2,71	–	3,63
C ₅ H ₁₂	0,1	0,1	(5)	0,36	1,35	1,71	0,31	0,15	1,35	–	1,81
CO ₂	0,9	0,9	–	–	–	–	0,90	–	–	–	0,90
N ₂	1,0	1,0	–	–	–	–	–	–	1,00	–	1,00
Усього, α=1,0	100	100		391,19	1471,62	1862,81	271,52	218,67	1472,62	–	1962,81
Усього, α=1,1	100	100		430,31	1618,78	2049,09	271,52	218,67	1619,78	39,12	2149,09

У результаті розрахунку дістанемо:

– при $\alpha=1,0$ потрібно $376,00 + 11,20 + 2,91 + 0,72 + 0,36 = 391,19 \text{ м}^3 \text{ O}_2$, або теоретична витрата повітря на 100 м^3 природного газу дорівнює $391,19 : 0,21 = 1862,81 \text{ м}^3$;

– при $\alpha=1,1$ практична витрата повітря на 100 м^3 палива становить $V_n^{1,1}=2049,09 \text{ м}^3$, об'єм димових газів – $2149,09 \text{ м}^3$.

Визначаємо нижчу теплоту згоряння природного газу:

$$Q_n^p = \sum_{i=1}^n q_i \cdot c_i ,$$

де q_i – тепловий ефект реакції горіння i -го елемента палива, кДж/м^3 ;

c_i – вміст i -го елемента у складі палива, частка;

n – кількість елементів у складі палива.

$$Q_n^p = 35800 \cdot 0,94 + 64940 \cdot 0,03 + 86943 \cdot 0,008 + 118694 \cdot 0,002 + \\ + 146500 \cdot 0,001 = 36679,632 \text{ кДж/м}^3.$$

На підставі розрахунку горіння палива складаємо матеріальний баланс горіння палива (табл. 2).

Таблиця 2 – Матеріальний баланс горіння палива

Надходження			Витрачання		
Речовина	Кількість		Речовина	Кількість	
	%	м^3		%	м^3
Природний газ, у тому числі:	4,65	100,00	Димові гази, в тому числі:	100,00	2149,09
CH_4	4,37	94,00	CO_2	12,63	271,52
C_2H_6	0,14	3,00	H_2O	10,18	218,67
C_3H_8	0,04	0,80	N_2	75,37	1619,78
C_4H_{10}	0,01	0,20	O_2 надл	1,82	39,12
C_5H_{12}	0,005	0,10			
CO_2	0,04	0,90			
N_2	0,045	1,00			
Повітря, у т.ч.:	95,35	2049,09			
O_2	20,02	430,31			
N_2	75,33	1618,78			
Усього	100,00	2149,09	Усього	100,00	2149,09

Приклад 2. Визначити основні розміри сушильного барабана продуктивністю 2 т/год, тривалість сушіння алюмінієвої стружки, а також витрату палива на 1 т сухої стружки, якщо відомо: насипна маса стружки дорівнює 160 кг/м^3 , дійсна кількість газів у барабані становить $9180 \text{ м}^3/\text{год}$, масова частка води в стружці дорівнює 12,0 % до сушіння та 0,5 % після сушіння, природний газ містить 94,0 % CH_4 , 3,0 % C_2H_6 , 0,8 % C_3H_8 , 0,2 % C_4H_{10} , 0,1 % C_5H_{12} , 0,9 % CO_2 , 1,0 % N_2 .

Розв'язання

Приймаємо за практичними даними $\omega_r = 1,5 \text{ м/с}$, $\varphi = 0,25$ та визначаємо площу поперечного перерізу барабана за формулою (9):

$$S_{\text{бар}} = \frac{9180/3600}{(1 - 0,25) \cdot 1,5} = 2,266 \text{ м}^2.$$

Звідки діаметр барабана становить

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,266}{3,14}} = 1,70 \text{ м}.$$

Прийнявши напругу робочого об'єму барабана за вологою, що випаровується, $A = 14 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$, визначаємо довжину барабана за формулою (8):

$$L = \frac{2000 \cdot (12,0 - 0,5)/100}{14 \cdot 2,266} = 7,25 \text{ м}.$$

Визначаємо тривалість сушіння стружки за формулою (10):

$$\tau = \frac{2 \cdot 160 \cdot 0,25 \cdot (12,0 - 0,5)}{14 \cdot [200 - (12,0 - 0,5)]} = 0,35 \text{ год} = 21 \text{ хв}.$$

Визначаємо кількість води, що випаровується:

$$m_{\text{вл}} = 2000 \cdot (12,0 - 0,5)/100 = 230 \text{ кг}$$

або

$$V_{\text{вл}} = 22,4 \cdot 230/18 = 286 \text{ м}^3.$$

Знаходимо кількість димових газів $V_{\text{дг}}$, що утворюються під час згоряння природного газу:

$$V_{\text{дг}} = 9180 - 286 = 8894 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для визначення годинної витрати палива на сушіння 2 т вологої алюмінієвої стружки використовуємо матеріальний баланс згоряння природного газу (див. табл. 2). Для горіння 100 м^3 природного газу потрібно

2049,09 м³ повітря, при цьому утвориться 2149,09 м³ димових газів (табл. 2).
Визначаємо кількість палива, при згорянні якого утвориться 8894 м³/год газів:

зі 100 м³ палива утвориться 2149,09 м³ димових газів,
з x_1 м³ палива утвориться 8894 м³ димових газів,

звідки $x_1 = 414$ м³/год.

Визначаємо питому витрату палива (природного газу). Кількість сухої стружки становить

$$2000 - 230 = 1770 \text{ кг.}$$

Тоді витрата палива на 1 т сухої алюмінієвої стружки становить:

$$414 : 1,77 = 234 \text{ м}^3/\text{т.}$$

Відповідь: Діаметр і довжина сушильного барабана продуктивністю 2 т/год дорівнюють 1,70 та 6,25 м відповідно. Тривалість сушіння алюмінієвої стружки становить 21 хв., витрата палива на 1 т сухої стружки – 234 м³.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначити витрату повітря, кількість і склад продуктів згоряння палива, нижчу теплоту згоряння палива при спалюванні природного газу. Склад природного газу, величина коефіцієнта надлишку повітря α надано в табл. 3. Прийняти, що газ сухий, при розрахунках речовини реагують у стехіометричних відношеннях.

Завдання 2. Визначити основні розміри сушильного барабана продуктивністю B т/год (табл. 4), тривалість сушіння алюмінієвої стружки, а також витрату палива на 1 т сухої стружки, якщо відомо: насипна маса стружки дорівнює B кг/м³, дійсна кількість газів у барабані – D м³/год, масова частка води в стружці – C_1 % до сушіння та C_2 % після сушіння.

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку завдань 1

№ варіанта	Масова частка елементів природного газу, % (об'ємн.)								Коефі- цієнт надлиш- ку повіт- ря α
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂	
1	85,0	4,4	2,4	1,8	1,3	0,1	5,0	–	1,10
2	98,2	0,5	0,1	–	0,2	–	0,9	0,1	1,05
3	94,0	1,8	0,4	0,1	0,1	0,1	3,5	–	1,06
4	95,1	2,3	0,7	0,4	0,8	0,2	0,5	–	1,08
5	81,7	5,0	2,0	1,2	0,6	0,4	8,5	0,6	1,04
6	98,3	0,3	0,1	0,2	–	0,1	1,0	–	1,05
7	93,3	3,5	1,0	0,5	0,5	0,1	0,4	0,7	1,10
8	87,8	4,4	1,7	0,8	0,6	0,2	1,0	3,5	1,06
9	90,8	5,4	1,2	0,3	0,7	0,6	–	1,0	1,08
10	83,1	9,1	1,4	0,5	0,5	4,1	–	1,3	1,07
11	93,2	0,7	0,6	0,6	0,5	–	–	4,4	1,05
12	92,2	0,8	1,1	1,0	0,4	–	–	4,5	1,10
13	85,0	7,4	1,0	0,8	0,7	0,2	0,3	4,6	1,10
14	91,0	0,2	0,7	0,4	–	0,1	–	7,6	1,04
15	92,4	0,6	–	1,2	0,3	0,1	–	5,4	1,10
16	94,3	–	1,2	0,7	2,0	0,2	0,5	1,1	1,02
17	96,7	2,2	0,2	0,3	0,6	–	–	–	1,08
18	90,2	2,1	0,4	1,0	2,5	0,7	–	3,1	1,10
19	92,0	4,7	0,4	1,8	1,1	–	–	–	1,07
20	95,3	2,0	0,1	1,2	0,6	0,1	0,1	0,6	1,08
21	94,3	1,3	0,4	1,6	1,0	0,4	1,0	–	1,05
22	90,8	4,0	0,8	0,8	0,7	–	0,3	2,6	1,10
23	92,6	3,5	1,1	0,4	0,8	0,5	–	1,1	1,02
24	88,2	5,8	2,0	1,6	1,2	0,9	0,3	–	1,07
25	93,7	2,0	0,7	0,8	0,5	0,1	–	2,2	1,04

Таблиця 4 – Вихідні дані для розрахунку завдань 2

№ варіанта	Продуктивність сушильного барабана B , т/год	Насипна маса стружки B , кг/м ³	Дійсна кількість газів D , м ³ /год	Масова частка вологи в стружці до та після сушіння, %	
				C_1	C_2
1	2,3	140	9500	14	0,3
2	2,4	160	10000	15	0,4
3	2,5	140	10500	16	0,5
4	2,6	160	11000	17	0,2
5	2,7	140	11500	18	0,3
6	2,8	160	12000	14	0,4
7	2,9	140	12500	15	0,5
8	3,0	160	13000	16	0,2
9	3,1	140	13500	17	0,3
10	3,2	160	14000	18	0,4
11	3,3	140	14500	14	0,5
12	3,4	160	15000	15	0,2
13	3,5	140	15500	16	0,5
14	3,5	160	16000	17	0,3
15	2,2	160	10500	18	0,4
16	2,3	140	11000	14	0,5
17	2,4	160	11500	15	0,6
18	2,5	140	12000	16	0,2
19	2,6	160	12500	17	0,3
20	2,7	140	13000	18	0,4
21	2,8	160	13500	14	0,5
22	2,9	140	14000	15	0,2
23	3,0	160	14500	16	0,3
24	3,1	140	15000	17	0,4
25	3,2	160	15500	18	0,2