

8 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ І ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

8.1 Розрахунок камерної печі

В камерній нагрівальній печі на монолітному поді нагрівають круглі заготовки діаметром $d = 80$ мм і довжиною $l = 800$ мм. Висота робочого простору 1 м. Температура нагрівання заготовок по поверхні задана рівною 1200°C . Сталь заготовок – слабколегована.

Піч отоплюється природним газом, що має теплоту згоряння $Q_{\text{гп}} = 36000$ кДж/м³. Газ спалюється з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha = 1,05$. Температура підігрівання повітря, що використовується для горіння, складає $t_{\text{в}} = 300^\circ\text{C}$.

Визначити тривалість нагрівання заготовок і розміри поду печі, якщо її продуктивність повинна бути $G = 900$ кг/год. Кімнатна температура $t_{\text{кімн}} = 20^\circ\text{C}$.

Розрахунком горіння палива при $\alpha = 1,05$ визначено, що дійсна витрата повітря $L_{\alpha} = 10,4$ м³/м³, а об'єм продуктів згоряння $V_{\alpha} = 11,4$ м³/м³. Вони містять 9 % CO₂ ($p_{\text{CO}_2} = 0,09$) і 17 % H₂O ($p_{\text{H}_2\text{O}} = 0,17$). Орієнтовно приймаємо, що напруженість поду печі при температурі газів ($t_{\text{г}} = 1280^\circ\text{C}$) повинна дорівнювати $g = 300$ кг/(м²·год).

Тоді площа печі

$$F = G/g = 900/300 = 3 \text{ м}^2.$$

Приймаємо, що заготовки від передньої і задньої стінки розташовуються на відстані 250 мм. Тоді ширина робочого простору складає:

$$B = l + 2 \cdot 0,25 = 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ м.}$$

Тому довжина поду печі буде дорівнювати:

$$L = F/B = 3/1,3 = 2,3 \text{ м.}$$

Отже, обсяг робочого простору печі

$$V = B \cdot L \cdot H = 1,3 \cdot 2,3 \cdot 1 = 3 \text{ м}^3.$$

Поверхні стінок, що обмежують газовий об'єм

$$F_{\text{п}} = 2 \cdot L \cdot B + 2 \cdot H \cdot B + 2 \cdot L \cdot H = 2 \cdot 2,3 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1 \cdot 1,3 + 2 \cdot 2,3 \cdot 1 = 13,2 \text{ м}^2.$$

Тоді ефективна довжина променю

$$s_{\text{еф}} = 0,9 \cdot 4 V/F_{\text{п}} = 0,9 \cdot 4 \cdot 3/13,2 = 0,82 \text{ м.}$$

Відповідно до формули О.М. Гурвича спектральний коефіцієнт ослаблення

$$k_{\lambda} = (0,8 + 1,6 \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot (1 - 0,00038 \cdot (t_{\text{г}} + 273)) / \sqrt{(p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2}) \cdot s_{\text{еф}}} = \\ = (0,8 + 1,6 \cdot 0,17) \cdot (1 - 0,00038 \cdot (1280 + 273)) / \sqrt{(0,17 + 0,09) \cdot 0,82} = 0,953 \frac{1}{\text{м}}.$$

Тоді ступінь чорноти газів

$$\varepsilon_{\text{г}} = 1 - \exp \left[-k_{\lambda} \cdot (p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2}) \cdot s_{\text{еф}} \right] = 1 - \exp [-0,953 \cdot (0,17 + 0,09) \cdot 0,82] = 0,2.$$

Розраховану ступінь чорноти газів помножимо на поправочний коефіцієнт, який враховує виділення сажі у полум'ї і який дорівнює 1,5. Тоді

$$\varepsilon_r = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3.$$

Ступінь чорноти сталі можна прийняти $\varepsilon_m = 0,8$. Тоді коефіцієнт

$$\beta = \varepsilon_m + \varepsilon_r \cdot (1 - \varepsilon_m) = 0,8 + 0,3 \cdot (1 - 0,8) = 0,86.$$

Заготовки розміщуються на поду печі із зазором, рівним половині їх діаметру. При відстані від бокових стінок до заготовок, рівним по 0,55 м, на поду одночасно можна розмістити 10 заготовок. Тоді поверхня металу, яка приймає променевий потік від газів

$$F_m = n \cdot l \cdot \pi \cdot d = 10 \cdot 0,8 \cdot 3,14 \cdot 0,08 = 2,01 \text{ м}^2.$$

Внутрішня поверхня кладки печі

$$\begin{aligned} F_k &= F_{cb} + 2 \cdot F_{bc} + 2 \cdot F_{tc} = L \cdot B + 2 \cdot B \cdot H + 2 \cdot L \cdot H = \\ &= 2,3 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1,3 \cdot 1 + 2 \cdot 2,3 \cdot 1 = 10,2 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Тому ступінь розвитку обмуровки (футеровки або кладки)

$$\omega = F_k / F_m = 10,2 / 2,01 = 5,08.$$

Тоді коефіцієнт, що визначає умови теплообміну в печі

$$\begin{aligned} k &= (\omega + 1 - \varepsilon_r) / \left[\omega + (1 - \varepsilon_r) \cdot \frac{\beta}{\varepsilon_r} \right] = \\ &= (5,08 + 1 - 0,3) / \left[5,08 + (1 - 0,3) \cdot \frac{0,86}{0,3} \right] = 0,79. \end{aligned}$$

Зведений коефіцієнт випромінювання системи газ – кладка - метал

$$C_{гкм} = C_0 \cdot \varepsilon_m \cdot k = 5,67 \cdot 0,8 \cdot 0,79 = 3,59 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4).$$

Середня температура поверхні заготовки, при приблизно параболічній її зміні у часі

$$t_{пов} = 0,67 \cdot 1200 = 804^\circ\text{C}.$$

Тому коефіцієнт тепловіддачі від газів до металу

$$\begin{aligned} \alpha &= C_{гкм} \cdot \frac{\left(\frac{t_r + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_{пов} + 273}{100}\right)^4}{t_r - t_{пов}} = \\ &= 3,59 \cdot \frac{\left(\frac{1280 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{804 + 273}{100}\right)^4}{1280 - 804} = 337 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}). \end{aligned}$$

Теплопровідність сталі в залежності від температури нагріву має наступні значення

t, °C	0	200	400	600	800	1000	1200
λ, Вт/(м²·°C)	46,1	44,8	39,8	34,3	26,4	27,2	29,8

Середня теплопровідність сталі в інтервалі нагрівання

$$\lambda = \frac{(46,1 + 44,8 + 39,8 + 34,3 + 26,4 + 27,2 + 29,8)}{7} = 35,5 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}.$$

При середній теплоємності сталі $c_0 = 0,71 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ і щільності сталі $7500 \text{ кг}/\text{м}^3$ коефіцієнт температуропровідності сталі

$$a = \frac{\lambda \cdot 3600}{c_0 \cdot \rho \cdot 1000} = 0,024 \text{ м}^2/\text{год}.$$

Число Біо дорівнює

$$Bi = \frac{\alpha \cdot \frac{d}{2 \cdot 1000}}{\lambda} = \frac{337 \cdot \frac{80}{2 \cdot 1000}}{35,5} = 0,38.$$

Відповідно до табл. 1 при $Bi = 0,38$ коефіцієнти дорівнюють:

$$\mu^2 = 0,693; P_0 = 0,908; M_0 = 0,998; N_0 = 1,092.$$

Відносна температура поверхні

$$\theta_{\text{пов}} = \frac{t_{\Gamma} - t_{\text{пов}}}{t_{\Gamma} - t_{\text{кімн}}} = \frac{1280 - 1200}{1280 - 20} = 0,063.$$

Таблиця 8.1 – Коефіцієнти для розрахунку нагрівання або охолодження довгого циліндра діаметром d

Bi	μ^2	P_0	M_0	N_0	Bi	μ^2	P_0	M_0	N_0
0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	0,800	1,322	0,815	0,989	1,172
0,010	0,020	0,998	1,000	1,002	0,900	1,453	0,795	0,987	1,190
0,020	0,040	0,995	1,000	1,005	1,000	1,580	0,774	0,985	1,208
0,040	0,079	0,990	1,000	1,010	1,200	1,810	0,738	0,979	1,239
0,060	0,118	0,985	1,000	1,014	1,400	2,030	0,704	0,973	1,268
0,080	0,157	0,980	1,000	1,019	1,600	2,220	0,671	0,967	1,295
0,100	0,195	0,975	1,000	1,024	1,800	2,390	0,639	0,961	1,319
0,120	0,233	0,970	1,000	1,029	2,000	2,550	0,610	0,955	1,340
0,140	0,270	0,965	1,000	1,034	2,200	2,700	0,584	0,949	1,357
0,160	0,308	0,960	1,000	1,039	2,400	2,840	0,558	0,943	1,375
0,180	0,344	0,956	1,000	1,044	2,600	2,970	0,534	0,937	1,392
0,200	0,381	0,951	1,000	1,048	2,800	3,090	0,513	0,931	1,406
0,220	0,417	0,946	0,999	1,053	3,000	3,200	0,492	0,925	1,420
0,240	0,452	0,941	0,999	1,057	3,500	3,440	0,446	0,910	1,449
0,260	0,488	0,937	0,999	1,062	4,000	3,640	0,407	0,896	1,472
0,280	0,523	0,932	0,999	1,067	4,500	3,810	0,374	0,884	1,489
0,300	0,557	0,927	0,999	1,071	5,000	3,960	0,345	0,873	1,504
0,350	0,642	0,915	0,998	1,082	6,000	4,200	0,229	0,854	1,527
0,400	0,726	0,903	0,998	1,093	7,000	4,380	0,262	0,837	1,541
0,450	0,806	0,891	0,997	1,103	8,000	4,530	0,234	0,823	1,551
0,500	0,888	0,880	0,996	1,114	9,000	4,650	0,210	0,812	1,560
0,550	0,962	0,869	0,995	1,124	10,000	4,750	0,191	0,803	1,566
0,600	1,036	0,858	0,993	1,134	20,000	5,240	0,095	0,755	1,590
0,700	1,184	0,836	0,991	1,154	50,000	5,550	0,040	0,719	1,603
0,800	1,322	0,815	0,989	1,172	100,000	5,680	0,020	0,704	1,606

Тривалість нагрівання заготовок

$$\tau = \frac{\left(\frac{d}{2 \cdot 1000}\right)^2}{a \cdot \mu^2} \cdot \ln \frac{P_o}{\theta_{\text{пов}}} = \frac{\left(\frac{80}{2 \cdot 1000}\right)^2}{0,024 \cdot 0,693} \cdot \ln \frac{0,908}{0,063} = 0,256 \text{ год.}$$

При часі нагрівання заготовок 0,256 год. число Фур'є буде дорівнювати:

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{\left(\frac{d}{2 \cdot 1000}\right)^2} = \frac{0,024 \cdot 0,256}{\left(\frac{80}{2 \cdot 1000}\right)^2} = 3,84.$$

Тоді відносна температура осі заготовки

$$\theta_{\text{осі}} = N_o \cdot \exp(-\mu^2 \cdot F_0) = 1,089 \cdot \exp(-0,693 \cdot 3,84) = 0,076.$$

Температура осі заготовки

$$t_{\text{осі}} = t_{\text{г}} - (t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot \theta_{\text{осі}} = 1280 - (1280 - 20) \cdot 0,076 = 1184 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Відносна температура маси

$$\theta_{\text{мас}} = M_o \cdot \exp(-\mu^2 \cdot F_0) = 0,998 \cdot \exp(-0,693 \cdot 3,84) = 0,0698,$$

а її абсолютне значення

$$t_{\text{мас}} = t_{\text{г}} - (t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot \theta_{\text{мас}} = 1280 - (1280 - 20) \cdot 0,0698 = 1192 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Враховуючи, що заготовки розміщуються в печі не впритул, а на відстані, що дорівнює $0,5d$, розрахований час нагрівання помножимо на поправочний коефіцієнт $k = 1,4$. Тому тривалість нагрівання

$$\tau_{\text{факт}} = 1,4 \cdot \tau = 1,4 \cdot 0,256 = 0,358 \text{ год.}$$

При часі нагрівання заготовок, що дорівнює приблизно $1/3$, в печі повинно одночасно знаходитись $900/3 = 300$ кг сталі. Для прийнятих розмірів заготовки і щільності сталі, маса однієї заготовки дорівнює

$$m_{\text{загот}} = \frac{G}{3 \cdot n} = \frac{900}{3 \cdot 10} = 30 \text{ кг.}$$

Тому одночасно у печі повинно знаходитись 10 заготовок. Тоді довжина поду печі, зайнята заготовками з урахуванням зазорів між ними

$$l = n \cdot \frac{d}{1000} + 0,5 \cdot (n - 1) \cdot \frac{d}{1000} = 10 \cdot \frac{80}{1000} + 0,5 \cdot (10 - 1) \cdot \frac{80}{1000} = 1,16 \text{ м.}$$

При повній довжині поду печі $L = 2,3$ м, з кожної сторони між заготовками і боковими стінками буде зазор

$$\text{Зазор} = 0,5 \cdot (L - l) = 0,5 \cdot (2,3 - 1,16) = 0,57 \text{ м.}$$

За відомими розмірами печі необхідно скласти ескіз печі (рис. 8.1), що дозволить розрахувати тепловий баланс печі на 1 сек.

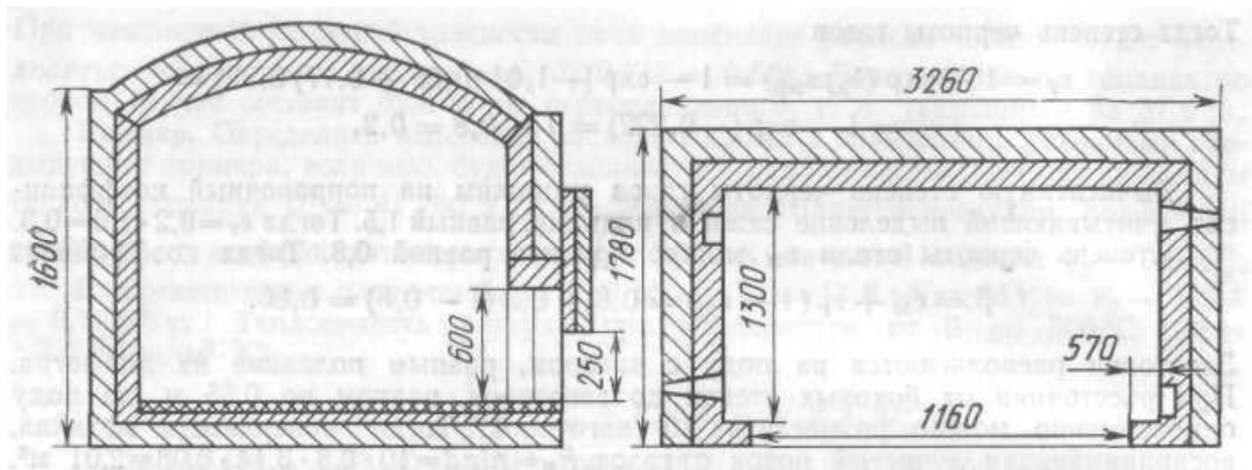


Рисунок 8.1 – Ескіз камерної печі

8.1.1 Приходні статті балансу

1. Хімічна теплота палива

$$Q_x = Q_{\text{нр}} \cdot V_{\text{невід}} = 3600 \cdot V_{\text{невід}}, \text{ кВт},$$

де $Q_{\text{нр}}$ – нижча теплота згоряння палива, кДж/м³;

$V_{\text{невід}}$ – невідома, поки що, витрата палива, м³/с.

2. Фізична теплота повітря. При 300°C ентальпія 1м³ повітря $i_6 = 420$ кДж/м³:

$$Q_B = L_\alpha \cdot i_6 \cdot V_{\text{невід}} = 4368 \cdot V_{\text{невід}}, \text{ кВт}.$$

3. Теплота екзотермічних реакцій. Для малолегованої сталі величина угару може бути прийнята рівною 1%. Секундна продуктивність печі дорівнює

$$g = G/3600 = 900/3600 = 0,25 \text{ кг/с}.$$

Теплота екзотермічних реакцій буде дорівнювати

$$Q_{\text{екз}} = 0,01 \cdot g \cdot 5652 = 0,01 \cdot 0,25 \cdot 5652 = 14,13 \text{ кВт}.$$

8.1.2 Витратні статті балансу

1. Теплота, що витрачається на нагрівання сталі. При середній теплоємності низьковуглецевих сталей $c = 0,707$ кДж/кг·°C

$$Q_1 = g \cdot c \cdot (t_{\text{мас}} - t_{\text{кімн}}) = 0,25 \cdot 0,707 \cdot (1192 - 20) = 207,2 \text{ кВт}.$$

2. Теплота, що виноситься з печі димовими газами. При температурі $t_r = 1280^\circ\text{C}$ питома ентальпія газів дорівнює $i_2 = 2100$ кДж/м³. З урахуванням підсосів повітря обсяг газів підвищуємо на 5 %. Тому

$$Q_2 = 1,05 \cdot V_\alpha \cdot i_2 \cdot V_{\text{невід}} = 1,05 \cdot 11,4 \cdot 2100 \cdot V_{\text{невід}} = 25137 \cdot V_{\text{невід}}, \text{ кВт}.$$

3. Втрати теплоти з хімічним недопалом

$$Q_3 = 0,02 \cdot Q_{\text{нр}} \cdot V_{\text{невід}} = 0,02 \cdot 36000 \cdot V_{\text{невід}} = 720 \cdot V_{\text{невід}}, \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти кладкою (футеровкою) печі. Теплопровідність матеріалів (цеглин), що використовуються, має наступні значення, Вт/(м·°C):

шамот $\lambda_{\text{ш}} = 1,14$;

магнезит $\lambda_{\text{м}} = 3,15$;

діатоміт $\lambda_{\text{д}} = 0,27$.

Товщина одного шару кладки, м:

шамоту $s_{ш} = 0,116$;
 магнезиту $s_{м} = 0,116$;
 діатоміту $s_{д} = 0,125$.

Суми теплових опорів окремих частин кладки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$\text{под печі } R_{\Sigma \text{ под}} = \frac{s_{м}}{\lambda_{м}} + \frac{s_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{2 \cdot s_{д}}{\lambda_{д}} = \frac{0,116}{3,15} + \frac{0,116}{1,14} + \frac{2 \cdot 0,125}{0,27} = 1,065;$$

$$\text{склепіння печі } R_{\Sigma \text{ свод}} = \frac{2 \cdot s_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{s_{д}}{\lambda_{д}} = \frac{2 \cdot 0,116}{1,14} + \frac{0,125}{0,27} = 0,666;$$

$$\text{стіни печі } R_{\Sigma \text{ стіни}} = \frac{2 \cdot s_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{2 \cdot s_{д}}{\lambda_{д}} = \frac{2 \cdot 0,116}{1,14} + \frac{2 \cdot 0,125}{0,27} = 1,129.$$

В розрахунок теплових втрат у навколишнє середовище закладаємо декілька завищені значення поверхні кладки, приймаючи її рівній зовнішній поверхні.

Поверхні стін, склепіння та поду за ескізом на рис. 1, м^2 :

- передня $F_{\text{передня}} = 0,4 \cdot 3,264 = 1,306$;
- задня $F_{\text{задня}} = 1,6 \cdot 3,264 = 5,22$;
- торцеві $F_{\text{торцеві}} = 1,78 \cdot 1,6 \cdot 2 = 5,7$;
- склепіння $F_{\text{свод}} = 3,264 \cdot 1,78 = 5,81$;
- под $F_{\text{под}} = 3,264 \cdot 1,78 = 5,81$.

Коефіцієнти тепловіддачі для зовнішніх поверхонь кладки, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$\alpha_{\text{своду}} = 35, \quad \alpha_{\text{стінок}} = 25, \quad \alpha_{\text{поду}} = 15.$$

Теплові втрати кладкою в навколишнє середовище розраховуємо за формулою, Вт

$$Q = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot F}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ кладки}} + \frac{1}{\alpha_{\text{кладки}}} \right)}.$$

Тут $\frac{1}{\alpha}$ – тепловий опір тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні кладки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Тоді втрати тепла склепінням

$$Q_{\text{св}} = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot F_{\text{свод}}}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ свод}} + \frac{1}{\alpha_{\text{своду}}} \right)} = \frac{(1280 - 20) \cdot 5,81}{\left(\frac{1}{337} + 0,666 + \frac{1}{35} \right)} = 10488 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла подом

$$Q_{\text{под}} = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot F_{\text{под}}}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ под}} + \frac{1}{\alpha_{\text{поду}}} \right)} = \frac{(1280 - 20) \cdot 5,81}{\left(\frac{1}{337} + 1,065 + \frac{1}{15} \right)} = 6455 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла торцевими стінками

$$Q_{\text{тор}} = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot F_{\text{торцеві}}}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ стіни}} + \frac{1}{\alpha_{\text{стінок}}} \right)} = \frac{(1280 - 20) \cdot 5,7}{\left(\frac{1}{337} + 1,129 + \frac{1}{25} \right)} = 6122 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла передньою стінкою

$$Q_{\text{пс}} = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{кімн}}) \cdot F_{\text{передня}}}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ стіни}} + \frac{1}{\alpha_{\text{стінок}}} \right)} = \frac{(1280 - 20) \cdot 1,306}{\left(\frac{1}{337} + 1,129 + \frac{1}{25} \right)} = 1403 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла задньою стінкою

$$Q_{зс} = \frac{(t_{\Gamma} - t_{\text{кімн}}) \cdot F_{\text{задня}}}{\left(\frac{1}{\alpha} + R_{\Sigma \text{ стіни}} + \frac{1}{\alpha_{\text{стінок}}}\right)} = \frac{(1280 - 20) \cdot 5,22}{\left(\frac{1}{337} + 1,129 + \frac{1}{25}\right)} = 5613 \text{ Вт.}$$

Крім цих витрат мають місце втрати теплоти через напівприкриту заслонку. При температурі внутрішньої поверхні футеровки 1250°C щільність теплового потоку через заслонку $q = 2,2$ кВт, розміри заслонки $a = 0,4$ м, $b = 2,3$ м. Тоді

$$Q_{\text{засл}} = q \cdot (a + 0,4) \cdot (b + 0,4) \cdot 1000 = 2,2 \cdot (0,4 + 0,4) \cdot (2,3 + 0,4) \cdot 1000 = 4752 \text{ Вт.}$$

Усього втрати теплоти кладкою печі в навколишнє середовище складуть

$$Q_{5T} = Q_{\text{св}} + Q_{\text{под}} + Q_{\text{тор}} + Q_{\text{пс}} + Q_{\text{зс}} + Q_{\text{засл}} = 10488 + 6455 + 6122 + 1403 + 5613 + 4752 = 34832 \text{ Вт.}$$

Втрати теплоти випромінюванням через відкрите вікно при коефіцієнті діафрагмування $\Phi = 0,6$

$$Q_{5Л} = C_0 \left[\left(\frac{t_{\Gamma} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{кімн}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,2 \cdot b \cdot \frac{\Phi}{2} = \\ = C_0 \left[\left(\frac{t_{\Gamma} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{кімн}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,2 \cdot b \cdot \frac{\Phi}{2} = 45457 \text{ Вт.}$$

Невраховані втрати приймаємо рівними 5 % від витрат тепла кладкою в навколишнє середовище

$$Q_{5\text{неврах}} = (Q_{5T} + Q_{5Л}) \cdot 0,05 = (34832 + 45457) \cdot 0,05 = 4014 \text{ Вт.}$$

Тому рівняння теплового балансу буде мати вигляд:

$$Q_{\text{х}} \cdot B_{\text{витр}} + Q_{\text{В}} \cdot B_{\text{витр}} + Q_{\text{екз}} = Q_1 + Q_2 \cdot B_{\text{витр}} + Q_3 \cdot B_{\text{витр}} + \frac{Q_{5T}}{1000} + \frac{Q_{5Л}}{1000} + \frac{Q_{5\text{неврах}}}{1000},$$

або

$$36000 \cdot B_{\text{витр}} + 4368 \cdot B_{\text{витр}} + 14,13 = 207,2 + 25137 \cdot B_{\text{витр}} + 720 \cdot B_{\text{витр}} + \frac{34832}{1000} + \frac{45457}{1000} + \frac{4014}{1000}.$$

В результаті вирішення цього рівняння знаходимо

$$B_{\text{витр}} = 0,01911 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Значення окремих статей балансу, пов'язаних з витратами палива B , будуть рівними, кВт

$$Q_1 = B_{\text{витр}} \cdot Q_{\text{нр}} = 0,01911 \cdot 36000 = 688;$$

$$Q_{\text{В}} = B_{\text{витр}} \cdot Q_{\text{В}} = 0,01911 \cdot 4368 = 83,5;$$

$$Q_2 = B_{\text{витр}} \cdot Q_2 = 0,01911 \cdot 25137 = 480,4;$$

$$Q_3 = B_{\text{витр}} \cdot Q_3 = 0,01911 \cdot 720 = 13,8.$$

Тепловий баланс представимо у формі таблиці (табл. 8.2).

8.1.3 Тепловий баланс камерної печі

Таблиця 8.2 – Тепловий баланс камерної печі

Статті приходу	Числові значення		Статті витрат теплоти	Числові значення	
	кВт	%		кВт	%
Хімічна теплота палива	688,00	87,6	На нагрівання сталі	207,20	26,4
Фізична теплота повітря	83,50	10,6	З димовими газами	480,40	61,1
Теплота екзотермічних реакцій	14,13	1,8	З хімічним недопалом	13,80	1,8
Усього	785,63	100,0	Теплопровідністю через кладку	34,83	4,4
			Випромінюванням через вікно	45,46	5,8
			Невраховані витрати	4,01	0,5
			Разом	785,70	100,002
			Нев'язка балансу	-0,07	-0,002
			Усього	785,63	100,000

Термічний коефіцієнт корисної дії печі

$$\eta = \frac{Q_1 \cdot 100}{B_{\text{вир}} \cdot 3600 \cdot 10} = \frac{207,2 \cdot 100}{0,01911 \cdot 3600 \cdot 10} = 30,1 \%$$

Питомі витрати умовного палива

$$b = \frac{B_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{нр}} \cdot 3600}{(0,9 \cdot 29310)} = \frac{0,01911 \cdot 36000 \cdot 3600}{(0,9 \cdot 29310)} = 93,9 \text{ кг/т.}$$

Умовним прийнято називати паливо з найнижчою теплотою згоряння (29310 кДж/кг).

За цими розрахунковими даними повинні йти розрахунки рекуператору і механіки газів.

У табл. 8.3 наведено варіанти індивідуальних завдань для розрахунку камерної печі.

8.1.4 Варіанти індивідуальних завдань для розрахунку камерної печі

Таблиця 8.3 – Варіанти індивідуальних завдань для розрахунку камерної печі

Варіанти	d	l	H	t _{пов}	Q _{нр}	α	t _в	G	L _{α}	V _{α}	t _г	g	l _{расст}	t _{кімн}
Приклад	80	800	1	1200	36000	1,05	300	900	10,4	11,4	1280	300	250	20
1	85	820	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	280	255	25
2	85	820	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	280	245	25
3	85	820	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	290	245	25
4	85	820	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	290	255	25
5	85	820	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	280	245	25
6	85	780	0,9	1190	36100	1,04	290	850	10,3	11,5	1275	280	245	25
7	85	780	1,1	1190	35900	1,06	310	850	10,3	11,5	1275	280	245	25
8	85	780	1,1	1190	35900	1,06	310	950	10,3	11,3	1275	280	255	25
9	85	780	1,1	1190	35900	1,06	310	950	10,3	11,3	1275	280	245	25
10	85	780	1,1	1190	35900	1,06	310	950	10,3	11,3	1275	320	245	25
11	75	810	1,1	1210	35900	1,06	310	950	10,3	11,3	1270	320	245	15
12	75	810	1,1	1210	35900	1,06	310	950	10,5	11,3	1270	320	255	15
13	75	810	1,1	1210	35900	1,06	310	950	10,5	11,3	1270	320	255	15
14	75	810	1,1	1210	35900	1,04	285	950	10,5	11,3	1270	320	255	15
15	75	810	1,1	1210	35900	1,04	285	880	10,5	11,35	1270	320	255	15
16	75	790	1,1	1210	36000	1,04	285	880	10,5	11,35	1270	320	255	15
17	75	790	1,1	1210	36000	1,04	285	880	10,5	11,35	1270	320	255	15
18	75	790	1,1	1210	36000	1,06	285	880	10,5	11,35	1270	310	255	15
19	75	790	1,1	1210	36000	1,06	285	880	10,5	11,35	1270	310	255	15
20	75	790	1,1	1210	36000	1,06	285	880	10,5	11,35	1270	310	255	15