

## РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ МЕТОДИЧЕСКОЙ И ПРОХОДНОЙ ПЕЧЕЙ

Лимонова Т.В., Казяев М.Д.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Аналогом для расчета послужила методическая толкательная печь стана 550 Чусовского металлургического завода, которая не соответствовала показателям работы современных печей. В связи с этим требовалось техническое перевооружение данной печи. Для улучшения тепловой работы печи и ее основных показателей были рассмотрены два варианта конструкции печи.

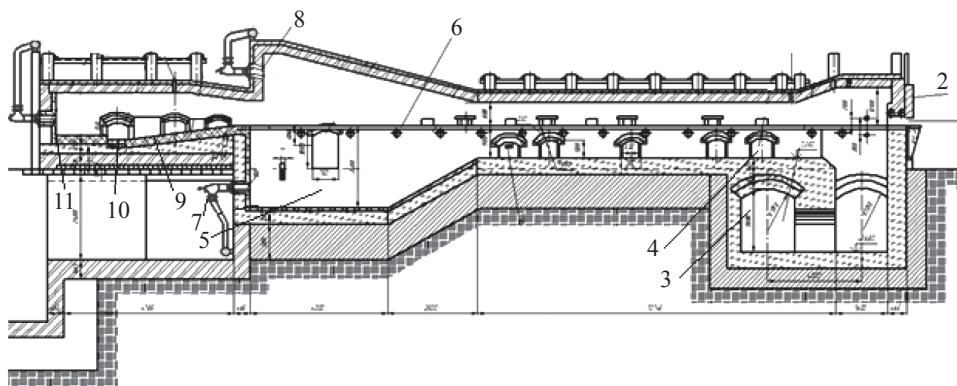
Ключевые слова: расчет, методическая толкательная печь, проходная печь, основные показатели, конструкция печи, тепловой баланс.

Analogue for the calculation was the methodical pusher furnace mill 550 Chusovskoi Metallurgical Plant, which is not consistent with the work of contemporary performance furnaces. In this connection required technical re-equipment of the furnace. In order to improve the heat of the furnace and its main indicators were considered two options for the design of the furnace.

Keywords: calculation, methodical pusher furnace, continuous furnace, main indicators, design of the furnace, heat balance.

Аналогом для расчета послужила методическая толкательная печь стана 550 Чусовского металлургического завода, которая не соответствовала показателям работы современных печей. В связи с этим требовалось техническое перевооружение данной печи.

В целях улучшения тепловой работы печи и ее основных показателей рассмотрены два варианта конструкции печи. В первом случае была рассмотрена конструкция методической печи с измененной схемой отопления (рис. 1).



1 – окно загрузки; 2 – заслонка; 3 – оров; 4 – смотровое окно; 5 – камера нижнего подогрева;  
6 – опорные трубы; 7 – глссажные трубы; 8 – горелки верхней части сварочной зоны; 9 – монолитный под;  
10 – водоохлаждаемый желоб; 11 – торцевые горелки

В печи осуществляется двусторонний нагрев металла, торцевая загрузка и боковая выдача нагретых заготовок, выдержка металла на сплошном поду. Нагревательная печь оборудована 9 горелками: 3 – в торцевой стене томильной зоны, 3 – в торцевой стене верхней части сварочной зоны, 3 – в торцевой стене камеры нижнего подогрева.

- В предлагаемой конструкции печи будет осуществлено:
- изменение схемы отопления путем введения дополнительной отапливаемой зоны в верхней части печи и перевод режима нагрева с двухзонного на трехзонный режим;
  - замена футеровки свода и частично стен на волокнистые материалы;
  - замена топливосжигающих устройств с установкой длиннопламенных горелок с автоматическим розжигом.

Расчетная техническая характеристика методической печи представлена в табл. 1, а тепловой баланс – в табл. 2.

Таблица 1  
Техническая характеристика печи (вариант 1)

Показатель	Ед. измерения	Величина
Сечение заготовки	мм	124×255
Длина заготовки	мм	3000
Марка стали	–	09Г2С
Температура заготовки на посадке	°С	20
Температура заготовки на выдаче	°С	1250
Длина печи по кладке	мм	25250
Длина активного пода	мм	23010
Длина монолитной части активного пода	мм	3800
Ширина печи в свету	мм	3480
Высота методической зоны	мм	800
Высота камеры нижнего подогрева	мм	2400
Высота свода в начале верхней сварочной зоны	мм	800
Высота свода в конце сварочной зоны	мм	2400
Производительность печи	т/ч (кг/с)	25 (6,94)
Площадь активного пода	м²	69,03
Топливо: природный газ, $Q_p$	кДж/м³	34000
Способ нагрева	Открытый нагрев продуктами горения	
Давление газа перед печью	кПа	4–6
Давление воздуха перед печью	кПа	4–6
Температура подогрева воздуха	°С	400

Таблица 2

Тепловой баланс существующей методической печи (вариант 1)

Приход теплоты	кВт	%
Химическая теплота горения топлива ( $Q_{\text{хим}}$ )	9826	85,3
Физическая теплота подогретого воздуха ( $Q_{\text{в}}$ )	1680,8	14,7
Итого	11506,9	100,00
Расход теплоты	кВт	%
Теплота, затраченная на нагрев металла ( $Q_1$ )	5212	45,2
Потери теплоты с уходящими газами ( $Q_2$ )	4801,6	41,7
Потери теплоты с химическим недожогом ( $Q_3$ )	294,7	2,7
Потери теплоты в окружающую среду ( $Q_5$ )	1098,6	10,4
Итого	11506,9	100,00

В результате расчета теплового баланса получены следующие показатели тепловой работы печи:

- расход топлива  $B = 0,289 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $1040,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ );
- удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}}}{29,31 \cdot P}, \quad (1)$$

$$b = \frac{0,289 \cdot 34000}{29,31 \cdot 6,94} = 48,3 \text{ кг у.т./т};$$

- коэффициент использования тепла в рабочем пространстве печи:

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \frac{Q_2 + Q_3}{Q_{\text{х}} + Q_{\text{в}}}, \quad (2)$$

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \frac{5363 + 292,7}{99015 + 1315,67} = 0,496 = 49,6 \text{ \%};$$

- суммарный коэффициент полезного действия печи:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\Delta Q_1}{Q_{\text{х}} + Q_{\text{в}}} \cdot 100 \text{ \%}, \quad (3)$$

$$\eta_{\Sigma} = \frac{5212}{9826 + 1680,9} \cdot 100 = 45,5 \text{ \%};$$

– тепловой коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\text{тепл}} = \frac{\Delta Q_1}{Q_x} \cdot 100 \%, \tag{4}$$

$$\eta_{\text{тепл}} = \frac{5212}{9826} \cdot 100 = 53 \, \%.$$

Во втором варианте была рассмотрена конструкция проходной печи. Схема представлена на рис. 2.

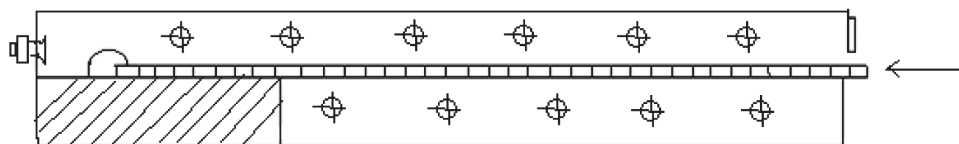


Рис. 2. Схема проходной печи (вариант 2)

Стены печи состоят из двух слоев. В нижней части печи первый слой выполнен из шамота класса А, а второй – из прошивного мата. В верхней части печи первый слой выполнен из керамоволокнистых блоков, а второй – из прошивного мата.

Для приведенной схемы печи рассчитан тепловой баланс по следующим исходным данным:

- внутренние габариты рабочего пространства оставлены без изменения как в варианте 1, кроме высоты верхней части печи 0,9 м, высоты нижней части печи 1,2 м;
- установлены рекуперативные горелки на боковых стенках печи;
- на торцевой стенке печи установлены плоскопламенные горелки для исключения подстуживания металла перед его выдачей;
- подогрев воздуха в рекуперативных горелках 700 °С;
- производительность печи как в варианте 1.

Результаты расчета теплового баланса представлены в табл. 3.

Таблица 3

Тепловой баланс проходной печи (вариант 2)

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статья	кВт	%	№	Статья	кВт	%
1	$Q_x$	9452	76,9	1	$\Delta Q_m$	5203	42,4
2	$Q_v$	2829,7	23,1	2	$Q_2$	5732,4	46,6
				3	$Q_5$	1345,8	11
	Итого	12281,7	100,0		Итого	12281,7	100,0

В результате расчета теплового баланса получены следующие показатели тепловой работы печи:

- расход топлива  $B = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $1000,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ );
- удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{0,278 \cdot 34000}{29,31 \cdot 6,94} = 46,5 \text{ кг у.т./т};$$

- коэффициент использования тепла в рабочем пространстве печи:

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \frac{5732,4}{9452 + 2829,7} = 0,533 = 53,3 \text{ \%};$$

- суммарный коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{5203,5}{9452 + 2829,7} = 0,424 = 42,4 \text{ \%};$$

- тепловой коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\text{тепл.}} = \frac{5203,5}{9452} \cdot 100 = 55 \text{ \%}.$$

При сравнении показателей тепловой работы выяснилось:

- снижение удельного расхода топлива в проходной печи:

$$\Delta b = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \cdot 100, \quad (5)$$

$$\Delta b = \frac{48,3 - 46,5}{48,3} \cdot 100 = 4 \text{ \%};$$

- увеличение коэффициента полезного действия в методической печи:

$$\Delta \eta = \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_1} \cdot 100, \quad (6)$$

$$\Delta \eta = \frac{45,5 - 42,2}{45,5} \cdot 100 = 7 \text{ \%};$$

– увеличение теплового коэффициента полезного действия в проходной печи:

$$\Delta\eta_{\text{тепл}} = \frac{\eta_{\text{тепл}2} - \eta_{\text{тепл}1}}{\eta_{\text{тепл}2}} \cdot 100, \quad (7)$$

$$\Delta\eta_{\text{тепл}} = \frac{55 - 53}{55} \cdot 100 = 4 \, \%.$$

В результате сравнительных расчетов тепловой работы нагревательной печи по двум вариантам установлено:

- 1) при одинаковой производительности печи удельный расход условного топлива более низкий для проходной печи;
- 2) коэффициент полезного действия (суммарный – выше в методической печи, а тепловой – выше в проходной печи);
- 3) по предварительным расчетам техническое перевооружение по варианту 1 дешевле.

#### Список использованных источников

1. *Теплотехнические расчеты металлургических печей* / Под ред. А.С. Телегина. – М.: Металлургия, 1982. – 360 с.
2. *Советкин В.Л., Федяева Л.А. Теплофизические свойства веществ.* – Свердловск: УГТУ-УПИ, 1990. – 104 с.
3. *Теория и практика теплогенерации* / С.Н. Гуцин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков и др. – Екатеринбург: Изд. УГТУ-УПИ, 2005. – 379 с.
4. *Гусовский В.Л. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей* / Гусовский В.Л. [и др.]. – М.: Металлургия, 1981. – 272 с.
5. *Дипломное и курсовое проектирование теплотехнических агрегатов: методические указания к оформлению дипломных и курсовых работ* / Н.Б. Лошкарев, А.Н. Лошкарев, Л.А. Зайнуллин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 50 с.