

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ФУРМЕННОЙ ЗОНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ РАБОТЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА (ПУТ)

Моторина Т.А. (ПТТ-12м)*

Донецкий национальный технический университет

Для снижения расхода дорогостоящего кокса в доменном процессе используют заменители кокса (мазут, природный газ, ПУТ). Вдувание ПУТ, как показывает практика, способствует интенсификации теплообмена излучением, однако этот вопрос на данном этапе изучен недостаточно.

Целью данного исследования является разработка методики расчета теплообменных процессов в фурменной зоне (ФЗ).

Между горновыми газами и материалами на периферии ФЗ происходит теплообмен путем конвекции и излучения. Тепловой поток, передаваемый посредством конвекции, определяется по известному закону Ньютона-Рихмана.

В исследовании принята модель конвективного теплообмена, представленная на рис.1. На внутренней сферической поверхности ФЗ можно выделить зону интенсивного теплообмена, которая расположена напротив фурмы, и остальную часть, с рециркулирующими потоками фурменных газов. В исследовании принято, что площадь интенсивного теплообмена равна 12% от общей поверхности ФЗ.

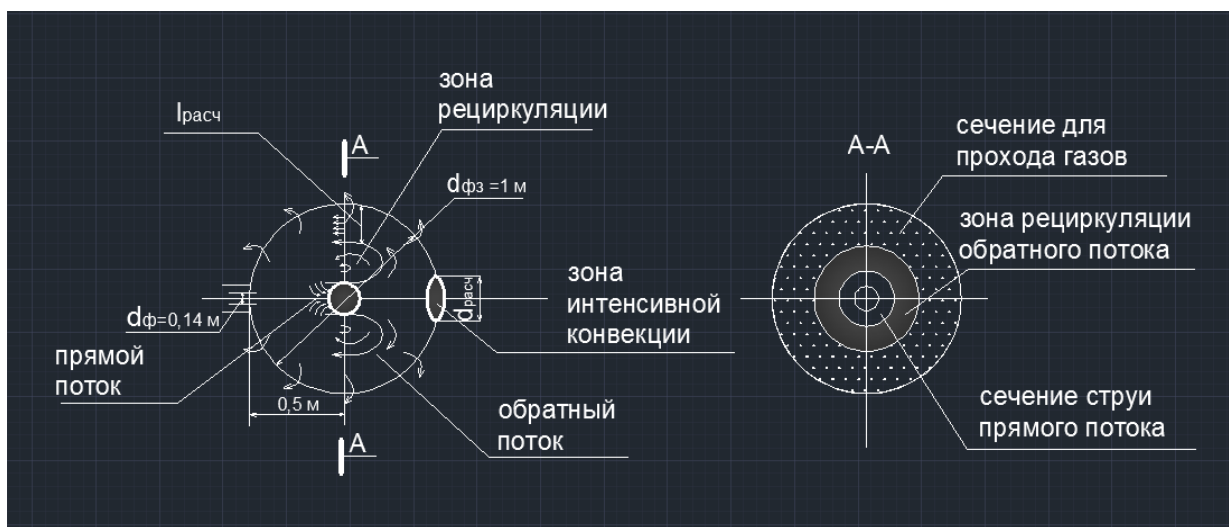


Рис.1 – Зоны теплообмена в фурменной зоне

Средний коэффициент теплоотдачи α_{cp} в формуле Ньютона-Рихмана может быть представлен данным выражением:

$$\alpha_{cp} = 0,12 \cdot \alpha_{инт} + 0,88 \cdot \alpha_{рец}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где $\alpha_{инт}$, $\alpha_{рец}$ -коэффициенты, соответственно, в зонах интенсивного теплообмена и рециркулирующего потока.

* Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ТТ Курбатов Ю.Л.

Коэффициенты теплоотдачи определяются по эмпирической критериальной зависимости:

$$Nu = \varphi \cdot 0,037 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43},$$

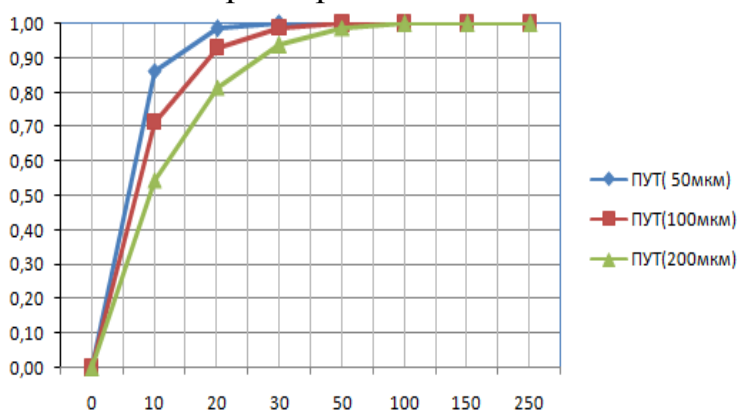
где φ - коэффициент, зависящий от угла атаки струи; Re - критерий Рейнольдса; Pr - критерий Прандтля.

При расчете $\alpha_{инт}$ за скорость и линейный размер в формуле $Re=(w \cdot d)/\nu$, принимались значения, рассчитанные по формулам Г.Н.Абрамовича. Скорость и линейный размер для расчета $\alpha_{рец}$ определялась из схемы потоков (рис. 1).

Числовое значение среднего коэффициента теплообмена $\alpha_{ср}$ для условий: $d_{ф}=0,14$ м; скорость выхода дутья из фурмы равна 167м/с; $d_{ФЗ}=1$ м - составляет 40 Вт/(м²·К), а плотность теплового потока для $t_r=2000$ °С и $t_{пов}=1500$ °С, $q=20000$ Вт/м².

Плотность теплового потока излучения определяется по известному закону Стефана-Больцмана, в котором приведенная степень черноты ФЗ - $\varepsilon_{пр}$, определяется из выражения $\varepsilon_{пр} = 1/(1/\varepsilon_{ст} + 1/\varepsilon_2 - 1)$, где $\varepsilon_{ст}$ - усредненная степень черноты внутренней поверхности ФЗ $\varepsilon_{ст} \approx 0,47$, а степень черноты газового объема ФЗ ε_2 определяется по разработанной в данном исследовании методике, в основе которой заложен принцип излучения запыленного потока. В общем случае величина ε_2 зависит от степени запыленности газового потока в г/м³, от удельной поверхности пыли, м²/кг, от размеров частицы пыли, кокса, и от размеров ФЗ.

Зависимость степени черноты газового потока от размера частицы и расхода ПУТ представлена на рис.2, откуда видно, что $\varepsilon_2 = 1,0$ при достаточно малой подаче ПУТ и любом размере частицы.



При сжигании кокса без ПУТ степень черноты $\varepsilon_2 = 0,01$.

Приведенная степень черноты с применением ПУТ находится в пределах 0,47-0,51, а плотность теплового потока q достигает 450 000 Вт/м², что составляет 95 % от суммарного теплового потока.

Рис. 2. Зависимость $\varepsilon_2 = f(G_{ПУТ})$

Т.о. в исследовании разработана методика расчета приведенной степени черноты ФЗ при использовании ПУТ и показано, что 95% тепла передается излучением.