

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,31g \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}$$

где  $\Delta t_6$  и  $\Delta t_m$  — соответственно большая и меньшая разность температур между дымовыми газами и нагреваемым продуктом.

Наиболее трудоемкой частью расчета конвекционной поверхности является определение коэффициента теплопередачи  $K$ . Для чистой поверхности эта величина определяется по уравнению

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}}$$

где  $\alpha_1$  — коэффициент теплоотдачи от газов к стенке трубы, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_2$  — коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к нагреваемому потоку, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\delta$  и  $\lambda$  — соответственно толщина, м, стенки трубы и коэффициент теплопроводности материала труб, Вт/(м·К).

По значению коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  обычно значительно меньше  $\alpha_2$ ; так, в современных трубчатых печах  $\alpha_1 < 60$ , тогда как для жидкого сырья  $\alpha_2 > 600$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

При небольшой толщине стенки и высокой теплопроводности металла  $\lambda \approx 45$  Вт/(м·К) сопротивление потоку тепла через стенку трубы  $\delta/\lambda$  также незначительно. Поэтому для расчетов величинами  $1/\alpha_2$  и  $\delta/\lambda$  можно пренебречь.

В этом случае коэффициент теплопередачи  $K$  практически равен коэффициенту теплоотдачи от дымовых газов  $\alpha_1$ , т.е.

$$K \approx \alpha_1.$$

Конвекционная поверхность воспринимает тепло за счет прямого соприкосновения с дымовыми газами, излучения от трехатомных несветящихся газов и излучения кладки. Поэтому коэффициент теплоотдачи со стороны дымовых газов  $\alpha_1$  следует рассматривать как сумму трех величин: коэффициентов теплоотдачи конвекции  $\alpha_k$ , излучения трехатомных газов  $\alpha_p$  и излучения от стенок кладки. Последняя величина при расчете учитывается введением множителя 1,1.

Таким образом, коэффициент теплоотдачи от дымовых газов вычисляется по уравнению

$$\alpha_1 = 1,1(\alpha_k + \alpha_p).$$

Коэффициент теплоотдачи излучением от трехатомных газов  $\alpha_p$  зависит от концентрации и температуры этих газов, температуры стенки труб и толщины газового слоя.

Коэффициенты теплоотдачи излучением для  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  могут быть вычислены по методике, изложенной в курсе теплопередачи.

Приближенно коэффициент теплоотдачи может быть рассчитан по эмпирическому уравнению Нельсона:

$$\alpha_p = 0,0256t_{\text{cp}} - 2,33,$$

где  $\alpha_p$  — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Средняя температура дымовых газов  $t_{\text{cp}}$  вычисляется, как средне-логарифмическая