

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кулешов Олег Юрьевич

д-р техн. наук, доцент, профессор

Муслимов Евгений Ильдусович

студент

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный
технический университет им. Гагарина Ю.А.»

г. Саратов, Саратовская область

МЕТОД РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВЫХ ФАКЕЛОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧАХ

***Аннотация:** в данной статье авторами предложен метод расчета характеристик газовых факелов, который приближенно на основе принципа относительного моделирования учитывает закономерности массопереноса в факеле и позволяет эффективно определять длину и кривую тепловыделения диффузионных и смешанных факелов в условиях промышленных печей.*

***Ключевые слова:** газовый факел, промышленные печи, горелки, условия сжигания, диффузионное горение, относительное моделирование.*

Сжигание газа в длинных диффузионных и диффузионно-кинетических (смешанных) факелах является одним из основных теплотехнических принципов, реализуемых в промышленных печах для обеспечения равномерности теплоподвода в рабочей камере. Поэтому актуальной является разработка достаточно простых в математическом отношении, но в то же время эффективных и универсальных моделей факелов для использования в инженерных расчетах теплообмена в печах.

В данной работе предложен метод расчета характеристик (длины и кривой тепловыделения) диффузионных и смешанных газовых факелов в промышленных печах с различными видами горелок, приближенно учитывающий закономерности диффузионных процессов в спутном потоке горючего и окислителя и

окончательно уточняемый по экспериментальным данным. Это делает метод достаточно общим и универсальным.

Метод расчета основан на применении принципа относительного моделирования, когда за основу берется длина и кривая выгорания свободного диффузионного газового факела (вне печи) при тех же основных условиях и вводятся поправочные функции, каждая из которых учитывает одно из дополнительных условий, определяющих процесс факельного горения в промышленных печах. При этом поправочные функции зависят от отношений определяющих параметров для ограниченного внутрипечного и свободного факельного горения. Последнее чрезвычайно важно, поскольку эти относительные параметры слабо изменяются по длине расчетного внутрипечного факела и могут служить характеристиками факельного процесса в целом, что значительно упрощает задачу без существенной потери точности.

Анализ процессов факельного сжигания газообразного топлива в промышленных печах с различными видами горелок позволил установить следующие условия горения и соответствующие им поправочные функции f_x : 1) стесненность факела, $f_{огр}$; 2) спутность потоков горючего и окислителя, включая значение коэффициента избытка воздуха, f_m ; 3) крутка и дополнительная турбулизация факела за счет установки в горелках завихрителей, f_{Ω} ; 4) настильность факела, f_w ; 5) частичное предварительное смешение горючего газа с воздухом, $f_{см}$.

В отличие от диффузионного смешанный факел, образующийся при частичном предварительном смешении топливного газа с воздухом, имеет два фронта горения – кинетический (короткий, расположенный вблизи среза горелочного сопла) и диффузионный (длинный, в котором происходит догорание топлива). Поэтому горение на основном участке смешанного факела $x > L_{нач}$ по сути является диффузионным с меньшей концентрацией горючих компонентов в газовой струе и интенсивным тепловыделением на начальном участке за счет горения в кинетическом фронте.

В соответствии с развиваемым подходом длина произвольного факела в условиях промышленной печи выразится в виде:

Новое слово в науке: перспективы развития

$$L_{\phi} = L_{\text{св.}\phi} \cdot f_{\text{огр}} \cdot f_m \cdot f_{\Omega} \cdot f_w \cdot f_{\text{см}} \quad (1)$$

Длина свободного диффузионного факела $L_{\text{св.}\phi}$ имеет достаточно простое выражение. Экспериментально установлено, что длина диффузионного факела пропорциональна его стехиометрической длине $L_{\text{сх}}$, на которой подсасывается теоретически необходимое количество воздуха, и приведенному критерию Фруда Fr_{ϕ} или Архимеда Ar_{ϕ} (при воздействии массовых сил на формирование факела).

Вид поправочных функций в выражении (1) конкретизируется для каждого случая путем учета относительного изменения определяющих параметров факельного процесса на основе теории турбулентных струй [1] и уточняется по экспериментальным данным путем введения корреляционных коэффициентов.

При определении динамики выгорания (тепловыделения) газового факела используется качественная схожесть кривых изменения химического недожога топлива вдоль диффузионных факелов при различных условиях сжигания, а также предположение о приближенной автомодельности факельных процессов на основном участке факела $x > L_{\text{нач}}$. В качестве нормирующего выступает параметр, являющийся производным от общей длины факела L_{ϕ} .

Проведенные предварительные оценки показывают хорошее качественное совпадение теоретических результатов и экспериментальных данных, полученных на огневых стендах [2].

Список литературы

1. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенинников и др. – М.: Наука, 1984. – 716 с.
2. Седелкин В.М. Исследование и разработка методов расчета теплообмена в трубчатых печах газовой и нефтехимической промышленности: Дис. ... докт. техн. наук / В.М. Седелкин. – Саратов, 1982. – 577 с.