

окупаемости создания пассивного солнечного абсорбера составляют не более 12 месяцев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строитель-

стве. – Киев. Наукова думка, 2000. – 400 с.

2. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 386 с.

3. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – Издательство МИР, 1977. – 409 с.

Алексеев В.В.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОВОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 300 КВТ

Головною метою роботи було обрати оптимальну математичну модель для розрахунку аеродинамічних характеристик газового котла BERL. З розглянутих моделей з експериментом краще узгоджується ймовірнісна модель PDF.

Основной целью работы было выбрать оптимальную математическую модель для расчета аэродинамических характеристик газового котла BERL. Из рассмотренных моделей с экспериментом лучше согласуется вероятностная модель PDF.

Main object of current science research was to choose an optimal mathematical model for calculation aerodynamic characteristics of gas-fired boiler BERL. From mathematical models which were used, probabilistic PDF-model have better correlation with experimental data.

C^g – модельная константа;
 f^g – доля смешивания;
 f_i – доля смешивания i -го компонента, \bar{f} ;
 f'^2 – среднее значение и дисперсия случайной величины f ;
 $p(f)$ – плотность вероятности случайной величины f ;
 t – время;
 x – осевая координата;
 Z_i – элементарная массовая доля i -го компонента;

$Z_{i,ox}$, $Z_{i,fuel}$ – массовые доли i -го компонента в окислителе и топливе на входе соответственно;
 α , β – параметры распределения случайной величины f ;
 μ_t – турбулентная составляющая молекулярной вязкости;
 ρ – плотность;
 y_t – модельная константа;
 $\bar{\phi}_i$ – среднее значение любой величины ϕ_i , зависимость которой от f известна.

На современном этапе развития численных методов благодаря высокой производительности компьютеров перспективным методом анализа аэродинамики и массопереноса при горении топлива в газовых котлах является численное моделирование этих процессов, благодаря которому возможно предвидеть значения аэродинамических и термодинамических характеристик в областях, где экспериментальные измерения провести невозможно.

В нашей работе, для численного моделирования процессов горения и расчетов важных

характеристик факела был выбран котел BERL мощностью 300 кВт с горелкой со стабилизацией пламени закрученным потоком.

Математическая модель

При решении задачи использованы основные законы сохранения (массы, энергии, импульса), принцип неразрывности, для учета химии реакции были использованы две различные модели, турбулентность учитывается в рамках стандартной k - ϵ модели, в основе которой лежит численный метод решения уравнения Навье-

Стокса. Для учета излучения была использована стандартная модель P-1. Граничные условия – температура на всех стенках, характеристики топлива и окислителя на входе и другие необходимые параметры были взяты из экспериментальной работы [1].

Из рассмотренных для решения поставленной задачи моделей учета химии реакции, лучшее согласование с экспериментом получено при использовании модели, в которой был использован вероятностный метод PDF. В рамках этого метода доля смешивания f – случайная величина с заданным законом распределения, что дает возможность рассчитывать средние значения некоторых величин, зависящих от параметра f .

Долю смешивания i -го компонента можно представить в виде:

$$f_i = \frac{Z_i - Z_{i,ox}}{Z_{i,fuel} - Z_{i,ox}} \quad (1)$$

В случае турбулентных потоков конвекция существенно преобладает над молекулярной диффузией, в таком приближении доля смешивания $f_i = f$ – величина, которая сохраняется для каждого компонента и уравнение (1) идентично для всех компонентов. Таким образом, уравнения переноса для среднего значения доли смешивания \bar{f} и для величины $\overline{f'^2} = (f - \bar{f})^2$ можно представить в виде:

$$\frac{\partial(\rho \bar{f})}{\partial t} + \bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{f} \cdot \bar{\mathbf{v}}) = \bar{\nabla} \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_f} \cdot \bar{\nabla} \bar{f} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho \overline{f'^2})}{\partial t} + \bar{\nabla} \cdot (\rho \overline{f'^2} \cdot \bar{\mathbf{v}}) = \bar{\nabla} \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_f} \cdot \bar{\nabla} \overline{f'^2} \right) + C_g \cdot \mu_t (\bar{\nabla}^2 \bar{f}). \quad (3)$$

Зная значения средней доли смешивания \bar{f} и её дисперсии $\overline{f'^2}$ можно рассчитать величины, зависящие от f :

$$\bar{\phi}_i = \int_0^1 p(f) \phi_i(f) df, \quad (4)$$

где

$$p(f) = \frac{f^{\alpha-1} \cdot (1-f)^{\beta-1}}{\int_0^1 f^{\alpha-1} \cdot (1-f)^{\beta-1} df}, \quad \alpha = \bar{f} \left[\frac{\bar{f}(1-\bar{f})}{\overline{f'^2}} - 1 \right] \text{ и}$$

$$\beta = (1-\bar{f}) \cdot \left[\frac{\bar{f}(1-\bar{f})}{\overline{f'^2}} - 1 \right].$$

Описание результатов и выводы

В результате численного моделирования процессов горения в газовом котле BERL мощностью 300 кВт были получены профили тангенциальной и осевой составляющих скорости потока газовой смеси в котле.

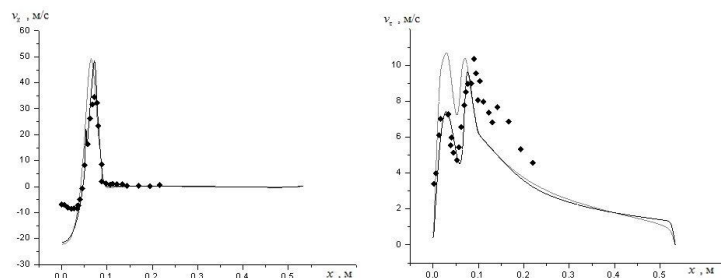


Рис. 1. Зависимости осевой и тангенциальной составляющих вектора скорости от координаты в поперечном сечении на расстоянии 27 мм от горелки:

- модель PDF,
- - модель Magnussen,
- ◆ – экспериментальные точки.

Из полученной зависимости осевой скорости от координаты видно, что обе модели как и эксперимент, показывают наличие рециркуляции в центральной области котла. Завышенные значения скорости обратного потока и максимума осевой скорости в области подачи кислорода рассчитанных численно по сравнению с экспериментом могут быть связаны с использованием двухмерной осесимметричной модели вместо трехмерной модели. Сравнение численно рассчитанных зависимостей тангенциальной скорости от координаты с экспериментальными зависимостями показало что расчеты по модели PDF лучше совпадают с экспериментом. Из рассмотренных моделей, модель PDF лучше других описывает процессы горения в газовом котле BERL мощностью 300 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sayre, A., Lallemand, N., Dugue, J., Weber, R. Scaling Characteristics of Aerodynamics and Low-NOx Properties of Industrial Natural Gas Burners, The SCALING 400 Study, Part 4: The 300 kW BERL Test Results, IFRF Doc NO F 40/y/11, International Flame Research Foundation, The Netherlands.