

Таким образом, в результате графического суммирования получаем значение переходного процесса при отработке задания и при нанесении возмущения, т.е.  $x_q(t) + x_B(t)$ .

### Л и т е р а т у р а

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., 1967. 2. Гаврилов Г.К. Приближенные методы анализа переходных процессов. М., 1966.

Г.Н. Гольдин, В.Е. Третьякович

### УПРОЩЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛОК С ЛОПАТОЧНЫМ АППАРАТОМ АКСИАЛЬНОГО ТИПА

Анализ экспериментальных данных [1,2] показал, что основные характеристики закрученных струй (профили скоростей, угол раскрытия и дальнобойность, падение максимальной скорости по длине, количество движения и момент количества движения и др.) почти полностью определяются безразмерным интегральным параметром крутки

$$n = \frac{4M}{Kd} \quad (1)$$

В выражение (1) входят значения главного момента количества движения  $M$  относительно оси струи и проекции на ось струи главного вектора количества движения  $K$ , которые соответственно выражаются в виде [3]

$$M = 2\pi\rho \int_0^{\infty} w_x w_z r^2 dr; \quad (2)$$

$$K = 2\pi \int_0^{\infty} (P_{ст} + \rho w_x^2) z dr, \quad (3)$$

где  $w_x, w_z$  — осевая и тангенциальная составляющие вектора скорости закрученной струи;  $\rho$  — плотность потока;  $r$  — расстояние от оси вращения до рассматриваемого сечения в закрученной струе;  $P_{ст}$  — статическое давление потока.

Определение параметра крутки горелки с использованием выражений (2), (3) требует проведения соответствующих экс-

периментальных исследований. С другой стороны, параметр крутки может быть определен и по конструктивным размерам горелки и используемого в ней завихрителя. В вихревых горелочных устройствах для закрутки потока используются различные завихрители, из которых наибольшее распространение получили улиточный аппарат и лопаточные завихрители: тангенциальный или аксиальный. Конструктивный параметр крутки  $n_k$  для аксиального завихрителя определяется из выражения [2]

$$n_k = \frac{8d}{3\pi} \frac{d^3 - d_0^3}{(d^2 - d_0^2)^2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

где  $d, d_0$  — наружный и внутренний диаметры цилиндрического кольцевого канала.

Параметр крутки не является универсальным критерием, так как на характер развития струи оказывает некоторое влияние ряд дополнительных факторов, не учитываемых параметром крутки. К таким факторам следует отнести потерю энергии потока на внутреннее трение и трение о стенки канала, неравномерность поля скоростей потока на выходе из междуплощадочных каналов и в проточной части регистра и др. [2]. Наиболее существенное значение имеет учет этих дополнительных факторов при изучении структуры потока, создаваемого отдельно взятой вихревой горелкой. При исследовании общей аэродинамической картины течения потоков в топке котлоагрегата их влиянием на структуру закрученной струи можно пренебречь. Поэтому при практическом моделировании топков конструктивный параметр крутки можно использовать с учетом некоторого приближения как определяющий критерий. Из этого следует, что выдерживая параметр крутки аксиального завихрителя в моделях, равным параметру крутки в оригинале, нет необходимости выполнять горелочные устройства в строгом геометрическом подобии с оригиналом. При этом возможно изготовление модели упрощенного завихрителя при условии масштабного подобия выходной амбразуры. В частности, наиболее просто перейти к моделированию аксиальных вихревых горелок с помощью изготовления цилиндрических патрубков, с установкой в них аксиального лопаточного аппарата.

Таким образом, можно сформулировать условия моделирования вихревых горелок аксиального типа при исследовании аэро-

динамики топке котлоагрегата; а) полное геометрическое подобие выходного сопла горелочного устройства; б) равенство отношений определяющего гидродинамического параметра согласно [4]

$$\frac{\rho_{\Gamma} w_{\Gamma}^2}{\rho_{\text{Т}} w_{\text{Т}}^2} = \frac{\bar{\rho}_{\Gamma} \bar{w}_{\Gamma}^2}{\bar{\rho}_{\text{Т}} \bar{w}_{\text{Т}}^2} .$$

Здесь  $\rho_{\Gamma}, \rho_{\text{Т}}$  — плотность газа в горелке и топке;  $w_{\Gamma}, w_{\text{Т}}$  — средние расходные скорости потоков в горелке и топке; индексы: без черты — величины, относящиеся к образцу; с чертой — к модели; в) равенство конструктивного параметра крутки,  $n_{\text{к}} = \bar{n}_{\text{к}}$ .

Конструктивная величина параметра крутки для модели упрощенного аксиального завихрителя определяется из выражения

$$\bar{n}_{\text{к}} = \frac{8\bar{d}}{3\pi} \frac{\bar{d}^3 - \bar{d}_0^3}{(\bar{d}^2 - \bar{d}_0^2)^2} \text{tg} \bar{\alpha} . \quad (5)$$

Введем обозначение

$$\bar{R} = \frac{\bar{n}_{\text{к}} 3\pi}{8\bar{d} \text{tg} \bar{\alpha}} . \quad (6)$$

На основании (5) можно записать, что

$$\bar{R} = \frac{(\bar{d}^2 + \bar{d}\bar{d}_0 + \bar{d}_0^2)(\bar{d} - \bar{d}_0)}{(\bar{d} + \bar{d}_0)(\bar{d}^2 - \bar{d}_0^2)} \quad (7)$$

или

$$\frac{\bar{d}^2 + \bar{d}\bar{d}_0 + \bar{d}_0^2 - \bar{R}(\bar{d} + \bar{d}_0)(\bar{d}^2 - \bar{d}_0^2)}{\bar{d}^3 - \bar{d}\bar{d}_0^2 + \bar{d}_0\bar{d}^2 - \bar{d}_0^3} = 0 . \quad (8)$$

В выражении (8) знаменатель не равен нулю, тогда, решая это соотношение относительно  $\bar{d}_0$ , имеем

$$\bar{d}_o^3 + \frac{1+\bar{R}\bar{d}}{\bar{R}} \bar{d}_o^2 + \frac{\bar{d}-\bar{R}\bar{d}^2}{\bar{R}} \bar{d}_o + \frac{\bar{d}^2-\bar{R}\bar{d}^3}{\bar{R}} = 0. \quad (9)$$

Полученное выражение представляет собой уравнение третьей степени, для решения которого введем переменную

$$y = \bar{d}_o + \frac{1+\bar{R}\bar{d}}{3\bar{R}}. \quad (10)$$

Тогда уравнение может быть записано в канонической форме

$$y^3 + 3py + 2q = 0, \quad (11)$$

где

$$3p = \frac{3\bar{R}(\bar{d}-\bar{R}\bar{d}^2)(1-\bar{R}\bar{d})^2}{3\bar{R}^2};$$

$$2q = \frac{2(1+\bar{R}\bar{d})^3}{27\bar{R}^3} - \frac{(1+\bar{R}\bar{d})(\bar{d}-\bar{R}\bar{d}^2)}{3\bar{R}^2} + \frac{\bar{d}^2-\bar{R}\bar{d}^3}{\bar{R}}. \quad (12)$$

Число действительных решений уравнения (11) зависит от знака дискриминанта  $D = q^2 + p^3$ . В результате решения полученного уравнения третьей степени, согласно [5], определяется значение  $\bar{d}_o$ . Количество лопаток аксиального завихрителя выбирается в зависимости от отношения  $\bar{d}/\bar{d}_o$  по [6]. Построение профиля лопатки аксиального завихрителя производится с использованием [2], а основные характеристики завихрителя определяются по [7].

По предлагаемой методике расчета были изготовлены упрощенные завихрители, моделирующие газомазутные горелки с аксиальными лопаточными аппаратами производительностью по мазуту  $V_M = 1800$  кгс/ч с величиной конструктивного параметра крутки  $n_k = 1,5$ , которые применялись при исследовании аэродинамики топки котлоагрегата ТП-170. На основании модельных исследований на реальном котлоагрегате были выбраны места установки и смонтированы дополнительные газомазутные горелки, которые совместно с горелками для сжигания

твердого топлива обеспечили условия бесшлаковочного режима эксплуатации котлоагрегата при номинальной нагрузке. Визуальные исследования взаимодействия факелов различных по топливам горелок на реальном котлоагрегате показали хорошую сходимость результатов моделирования горелочных устройств с применением упрощенных аксиальных завихрителей.

### Л и т е р а т у р а

1. Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок. М., 1963. 2. Ахмедов Р.Б. Дутьевые газогорелочные устройства. М., 1970. 3. Основы практической теории горения. По ред. Померанцева В.В. Л., 1973. 4. Суй Х.Н., Иванов Ю.В. Аэродинамика топочной камеры при односторонней и двусторонней схемах размещения горелок. — "Теплоэнергетика", 1970, № 7. 5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1967. 6. Ромадин В.П. и др. Рекомендации по проектированию закручивающих устройств вихревых пылеугольных горелок. — "Теплоэнергетика", № 3, 1968. 7. Шагалова С.Л. и др. Определение параметров крутки и коэффициента гидравлического сопротивления горелочных устройств с различными завихрителями. — "Теплоэнергетика", № 7, 1970.

В.Е. Спасский

### О СТРУКТУРЕ МАЛЫХ ЭВМ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ КРУПНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

Для современных систем управления технологическими процессами характерна иерархическая многоуровневая организация. Нижний и средний уровни таких систем представляют собой многомашинный комплекс, основой для построения которого являются малые ЭВМ, приспособленные для выполнения одной единственной функции или прикладной задачи. Реализация автоматических систем управления на базе малых ЭВМ имеет следующие преимущества [1, 2, 3].

1. Работа нескольких малых ЭВМ обеспечивает производительность более высокую, чем производительность средней универсальной ЭВМ (при меньшей стоимости).

2. Повышенная надежность всей системы за счет широких возможностей для резервирования.