

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Ужесточение требований к эксплуатации теплового оборудования выдвигает на первое место задачу повышения эффективности работы теплогенерирующих установок малой мощности. Однако эксплуатация теплоэнергетического оборудования характеризуется неравномерным режимом выработки тепла, что при уменьшении мощности установок приводит к работе последних в неоптимальных режимах и требует частого включения и выключения самих аппаратов, то есть эффективность работы теплоэнергетического оборудования снижается с уменьшением его мощности.

Для решения данной задачи была рассмотрена возможность применения взаимодействующих закрученных потоков в теплогенераторах малой мощности, аналогично способу [1], использовавшемуся в установках большой мощности для перегрева пара. В данном случае, задача осложняется изменяющийся во времени теплопроизводительностью установки и использованием закрученных потоков для основного подогрева.

Моделирование взаимодействующих потоков проводилось по методу [2], основанному на длине перемешивания потоков, при этом результирующая скорость определялась как:

$$U = 0.5((U_1 + U_2) + (U_1 - U_2)(1.5 \frac{y}{h} - 0.5(\frac{y}{h})^3)). \quad (1)$$

Скорости закрученных потоков определялись как для нестационарных периодических течений [2]:

$$U_1 = \Omega(1 + e^{-(x+b)^2/4ve})(\sin(nt) - e^{-\frac{y}{\delta}} \sin(nt - \frac{y}{\delta}))(x + b); \quad (2)$$

$$U_1 = \Omega(1 + e^{-x^2/4ve})(\sin(nt) - e^{-\frac{y}{\delta}} \sin(nt - \frac{y}{\delta}))x, \quad (3)$$

где n — целое число; t — время, с; b — ширина пути перемешивания, принята 0,1 м (по экспериментальным данным); ν — кинематическая вязкость.

$$\delta = (2f/n)^{0,5}, \quad (4)$$

где f — частота прецессии вихревого ядра в закрученном потоке, c^{-1} ;

$$h = 1,5\beta^2(U_1 - U_2)t; \quad (5)$$

$$\beta = s/b, \quad (6)$$

где s — длина пути перемешивания, принята 0,3 м (по экспериментальным данным).

Результаты численного моделирования результирующей скорости представлены на рис. 1.

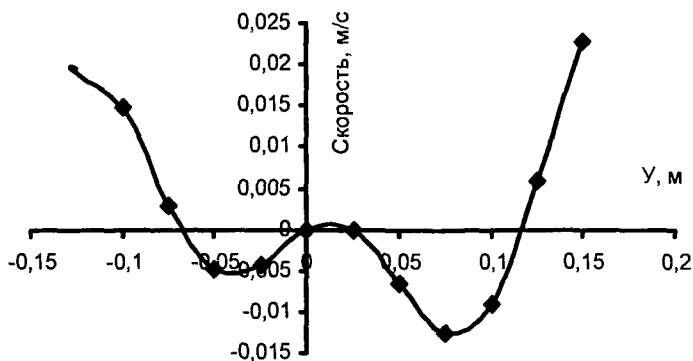


Рис. 1. Результирующая скорость на расстоянии 0,1 м от выходного сечения струи

Анализ полученных данных показал, что в области смешения закрученных потоков происходит увеличение результирующей скорости, которая по длине струи вначале возрастает, а потом снижается. Такое поведение скорости можно объяснить попаданием в зону смешивания области обратных токов при расширении струи, что ограничивает область применения рассматриваемого эффекта топками небольшой длины.

Экспериментальные исследования двух параллельных, разноименно закрученных потоков проводились на стенде с варьированием расстояния между приточными патрубками диаметром 100 мм от 0,1 м до 0,3 м. Сечения по длине струи от среза патрубков принимались 0,1 м; 0,2 м; 0,3 м; 0,4 м, соответственно для каждого расстояния между патрубками.

По полученным данным были построены зависимости изменения результирующей скорости в различных сечениях по длине струи (рис. 2).

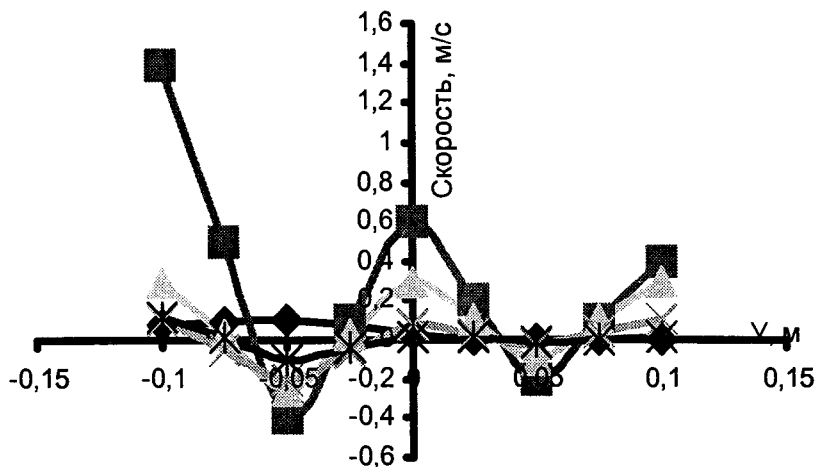


Рис. 2. Результирующая скорость закрученных потоков при расстоянии между патрубками 0,1 м по длине струи (0,1—0,4 м)

Анализ графика показал аналогичность экспериментальных данных теоретическим. Различие между теоретическими и экспериментальными данными объясняется тем, что крутка производилась с помощью одного тангенциального подвода, то есть поток был получен неравномерным (хотя данный факт соответствует реальным условиям применения закрученных потоков), кроме того, в теоретической модели не учитывался эффект смещения струи от своей оси вследствие ее крутки.

Таким образом, по своим параметрам взаимодействующие закрученные струи могут быть использованы в теплоэнергетических установках малой мощности, при этом смещение центра скоростей (и соответственно, максимум температуры в топочном пространстве) будут приближены или удалены от поверхностей нагрева, что позволит увеличить диапазон варьирования нагрузок теплогенератора при работе газогорелочных устройств в номинальном режиме, то есть повысить эффективность работы оборудования в целом.

Выводы

1. Проведен анализ и выявлены причины снижения эффективности работы и теплоэнергетического оборудования малой мощности.

2. Предложен способ изменения расположения температурного ядра в топочном пространстве, позволяющий увеличить диапазон варьирования тепловой нагрузки при работе газовых горелок в номинальном режиме.

3. Проведены теоретические исследования, показавшие возможность применения взаимодействующих закрученных потоков в топках малой глубины.

4. Выполненные экспериментальные исследования подтвердили результаты теоретических исследований, что позволяет рекомендовать предложенный способ к внедрению.

Список литературы

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред, — М.: Мир, 1987, — 588 с.

2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя. — М.: Наука, 1974, — 711 с.