

## **СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Развитие энергетического комплекса Украины в условиях импорта природного газа требует разработки и применения высокоэффективных энергосберегающих технологий. Однако применяющееся в настоящее время теплогенерирующее оборудование установлено из расчета максимальных тепловых нагрузок, что предполагает его работу в режимах, отличных от номинальных, приводящих соответственно, к перерасходу топлива. В то же время, установка менее мощного оборудования не обеспечит требуемую производительность в периоды пиковых нагрузок (например, для отопления – периода холодной пятидневки), а установка систем модульного типа хотя и уменьшает данные недостатки, но требует значительных капитальных затрат. Необходимо также отметить, что при установке теплогенерирующих установок большой мощности эти колебания режимов работы сглаживаются за счет превалирующей доли потребления тепла на технологические нужды, что выдвигает на первый план проблему расширения режимов работы теплоэнергетического оборудования малой мощности, применяемого в основном для систем децентрализованного теплоснабжения.

В настоящее время известен способ регулирования тепловой мощности оборудования, заключающийся в изменении положения температурного максимума в топочном пространстве [1], путем использования аэродинамики закрученных потоков, что при их взаимодействии и одинаковой направленности крутки могут приближать максимум к поверхностям нагрева или отдалять.

Однако этот способ предполагает взаимодействие закрученных потоков, причем, как правило, эти потоки имеют коэффициент крутки более 0,6, что предполагает образование внутренней рециркуляционной зоны в каждом из потоков и наличие прецессирующего вихревого ядра, обладающего своими собственными колебаниями, что в определенных случаях могут вызвать распад вихревой структуры. То есть для применения данного способа необходимо выявить поле скоростей образован-

ного в результате взаимодействия закрученных потоков, а также рассмотреть устойчивость этой структуры с течением времени.

Для решения данной задачи была использована формула Прандтля для длины пути перемешивания и полученное на основании его в [2] выражение для определения результирующей скорости в зависимости от координат и времени:

$$U(y, t) = 0,5(U_1 + U_2) + 0,5(U_1 - U_2)(1,5y/b - 0,5(y/b)^3), \quad (1)$$

где  $U_1, U_2$  – радиальные скорости результирующих потоков;  $y$  – расстояние от центра взаимодействия потоков;  $b$  – эмпирическая постоянная, принятая в данном случае равной 0,2.

Однако, применение данного выражения не дает искомого результата в случае одинаковых скоростей, поэтому расчет велся не для центра взаимодействия потоков, а для границы одного из потоков, то есть координата  $Y$  для первого потока находилась как  $y = y_2 + b$ , а для второго  $y = y_2$ .

Для определения скоростей закрученных потоков использовались полученные выражения для осциллирующей составляющей продольной скорости закрученного потока с учетом воздействия прецессирующего вихревого ядра:

$$u_1(x, y, t) = \Omega(x_2 + b)(1 + \exp(-(x_2 + b)^2/4vt))(\sin(nt) - \exp(-y/\delta)\sin(nt - y/\delta)), \quad (2)$$

$$u_2(x, y, t) = \Omega x_2(1 + \exp(-x_2^2/4vt))(\sin(nt) - \exp(-y/\delta)\sin(nt - y/\delta)). \quad (3)$$

В результате численного моделирования был построен график изменения результирующей скорости в поперечном сечении (рис. 1).

Анализ этого графика показал, что изменение скорости в зоне перемешивания потоков носит плавный характер, а сам переход от скорости потока  $U_1$  к  $U_2$  занимает незначительную часть области, что позволяет сделать вывод о локальном изменении поля скоростей.

Построенная в результате численного моделирования зависимость результирующей скорости от времени (рис. 2) показала, что в начальный период времени происходит рост скорости в зоне перемешивания, а затем его стабилизация, что позволяет говорить о применимости данного метода в теплогенерирующих установках.

### ИЗМЕНЕНИЕ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВРЕМЕНИ

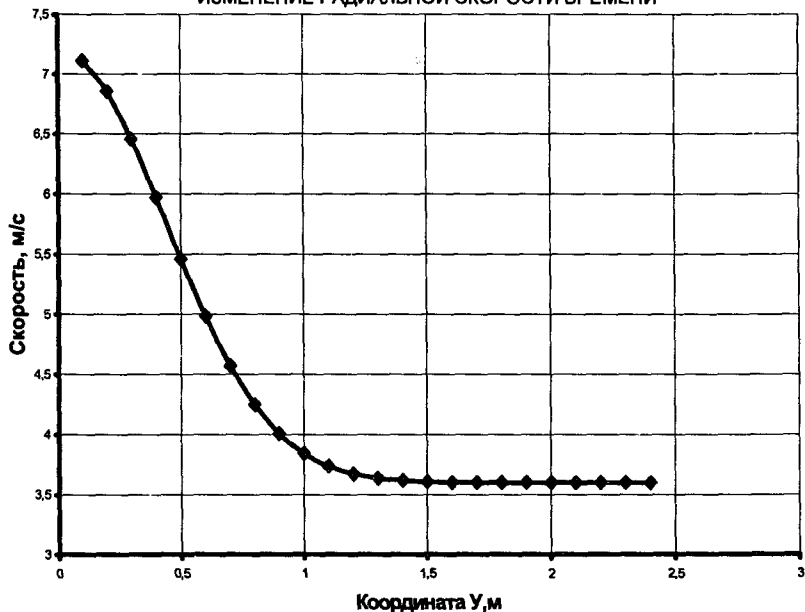


Рис. 1. Изменение результирующей скорости на границе струй

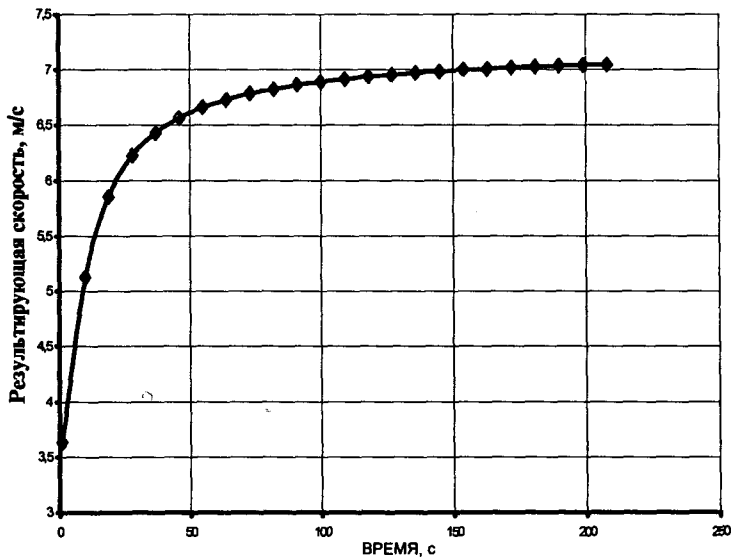


Рис. 2. Зависимость результирующей скорости от времени

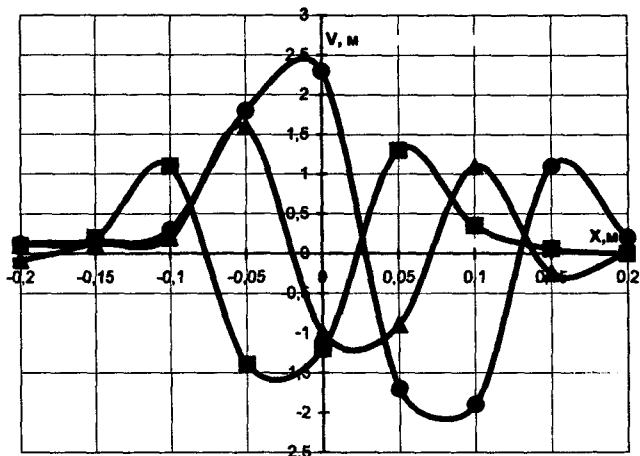


Рис. 3. Изменение результирующей скорости в поперечном сечении:  
 • — при  $t = 10$ , ■ — при  $t = 100$ , ▲ — при  $t = 200$  с

Однако построенные графики (рис. 3) распределения результирующей скорости в поперечном сечении в различные моменты времени позволяют сделать вывод о смещении от центра максимума скорости, что может объясняться расширением закрученных струй и проникновением внешней части одного закрученного потока во внутреннюю рециркуляционную область второго. Данный вывод говорит о использовании взаимодействующих закрученных потоков только в теплогенерирующих установках с малой глубиной топки, то есть в теплогенерирующих установках малой мощности.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что для увеличения диапазона режимов работы теплогенерирующих установок путем смещения температурного максимума в топочном пространстве возможно использование специфики аэродинамики закрученных потоков, при этом было выявлено, что результирующая скорость при наложении потоков устойчива с течением времени, но смещается в связи с расширением струй, что ограничиваем данный метод установками с малой глубиной камеры сгорания.

### Использованная литература

1. Найденов Г. Ф. Газогорелочные устройства с регулируемыми характеристиками факела. — К.: Техніка, 1974. — 108 с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя. — М.: Наука, 1974. — 711 с.