

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*Зайцев О.Н.*

Проведены теоретические и экспериментальные исследования поля результирующей скорости при смешении двух параллельных разноименно закрученных потоков при наличии прецессирующего вихревого ядра.

Энергетический комплекс Украины в настоящее время характеризуется широким применением теплоэнергетических установок малой мощности и ужесточением требований к энергосбережению. 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. В связи с этим первоочередной становится задача по повышению эффективности работы теплогенерирующих установок малой мощности.

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

Моделирование взаимодействующих потоков проводилось по методу Прандля [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]:

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



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

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

$$d = (2f/\eta)^{0.5} \quad (4)$$

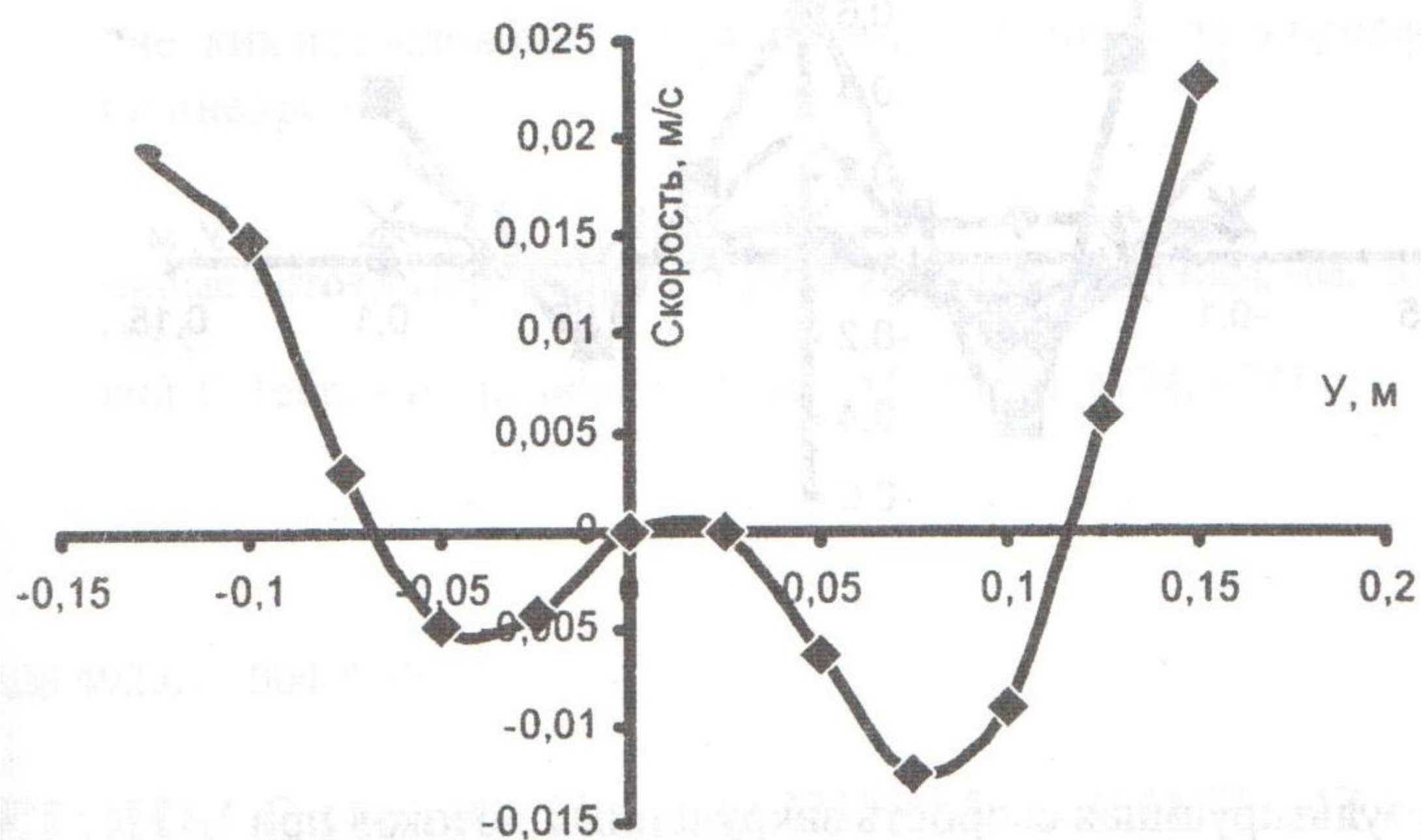
где  $f$  - частота прецессии вихревого ядра в закрученном потоке, с<sup>-1</sup>;

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

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

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 смещения 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).

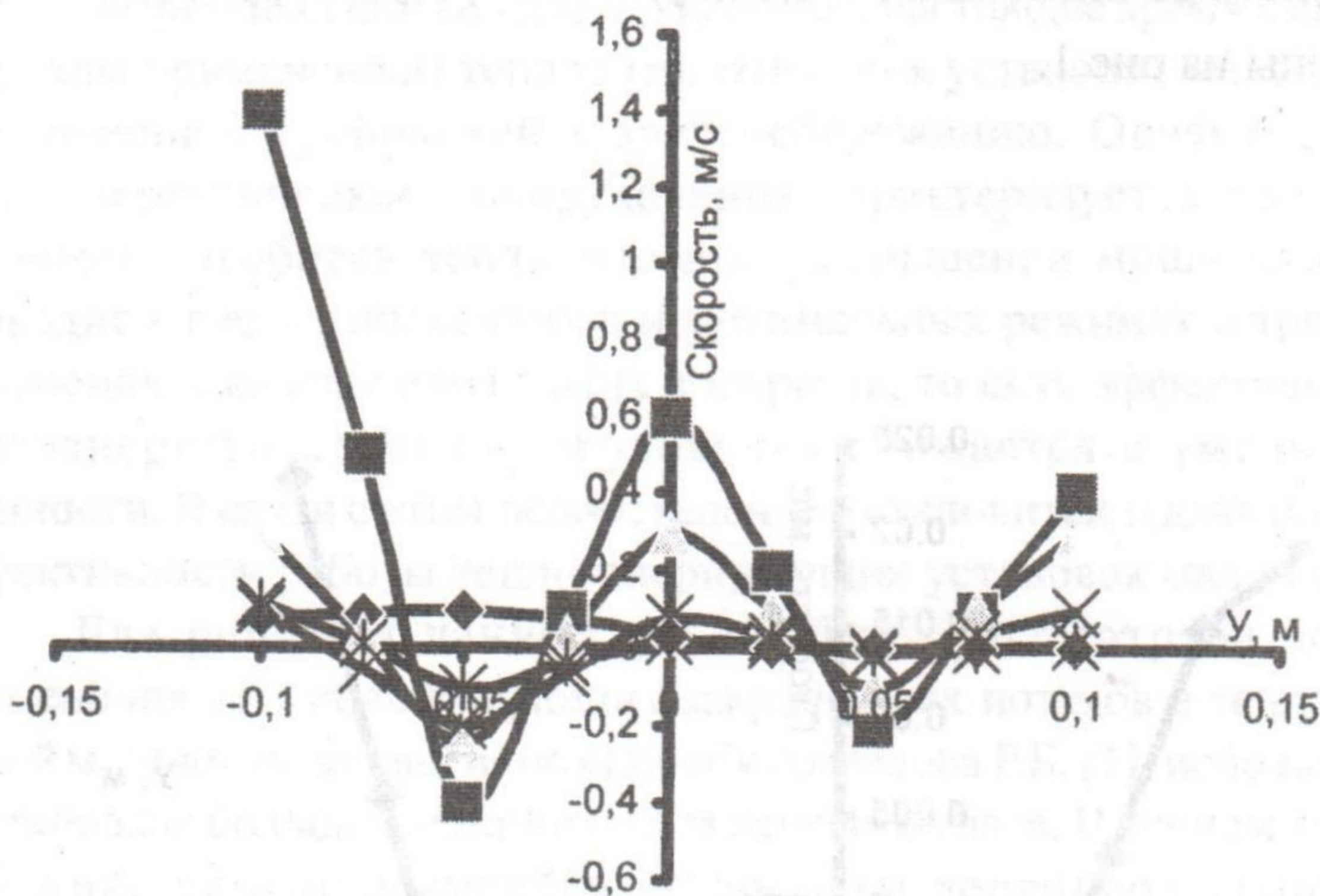


Рис. 2. Результирующая скорость закрученных потоков при расстоянии между патрубками 0,1 м по длине струи (0,1-0,4 м).

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 в следствии 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 исследования, что позволяет рекомендовать предложенный способ к внедрению.

### Литература:

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.