

УДК 662.612

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ ВСТРЕЧНЫХ, СМЕЩЕННЫХ В
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ЗАКРУЧЕННЫХ
ГАЗОВЫХ СТРУЙ**

Д.т.н., проф. Зайцев О.Н., д.т.н., проф. Кнауб Л.В.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина*

Формулировка проблемы и анализ последних исследований и публикаций.

Анализ современного состояния теории закрученных взаимодействующих закрученных потоков показывает, что свободные одиночные закрученные потоки применяются редко, в основном в теплоэнергетике используются взаимодействующие закрученные потоки [4], при этом в настоящее время исследовались одноименно и противоположно закрученные потоки при коаксиальном, параллельном и встречном взаимодействии [1].

Математическое описание результирующего движения в указанных исследованиях основывалось на уравнениях Новье-Стокса и теории Прандтля о пути смещения [5], однако при этом не учитывалось влияние на образующиеся при таком взаимодействии структуры прецессии вихревых ядер закрученных потоков, то есть область существования ПВЯ, определяемая числами Рейнольдса ($Re > 1,8 \cdot 10^4$) [1,2], когда поток нестабилен, практически не изучена и требует теоретических исследований в данной области для встречных, параллельных, встречных, смещенных в горизонтальной плоскости взаимодействующих закрученных потоков.

Кроме того, учитывая данные, полученные в [3], свидетельствующие о значительном влиянии ПВЯ на устойчивость одиночного закрученного потока и предложенную концепцию появления, развития и разрушения вихревого ядра в нем при развитой зоне обратных токов, необходимо рассмотреть вопросы, связанные с наложением колебаний вихревых ядер при взаимодействии закрученных струй и выявить условия возникновения резонансных явлений, а также обеспечения устойчивости вихревых структур в случаях нутации ПВЯ.

Целью работы является исследование взаимодействия двух встречных, смещенных в горизонтальной плоскости струй для управления аэродинамикой в топках котлов малой мощности.

Результаты исследований результирующего поля скорости.

Для получения поля скоростей при взаимодействии двух встречных, смещенных, в горизонтальной плоскости свободных закрученных струй центр координат располагался на равном расстоянии от осей струй.

Расчет осуществлялся согласно алгоритма приведенного в [3].

При расчетах последовательно варьировались $t = 1 \dots 1700$ с., $f = 0 \dots 500$ Гц, координаты $x, y = 0 \dots 1.3$ м, $n = 1 \dots 18$.

Полученные результаты представлены в виде графических зависимостей варьируемых параметров от результирующей скорости.

Так, представленные на рисунках 1-2 рафики изменения скорости по поперечному сечению при увеличении расстояния от начала струи, и смещении осей встречных закрученных потоков в горизонтальной плоскости от 0,1 до 0,4 м, показали, что поле результирующей скорости в точках истечения струй аналогично полю одиночной струи до расстояния 0,5 (по срезу), далее профиль соответствует взаимодействию встречных закрученных потоков. Наблюдаемый при этом пик скорости не зависит от смещения осей струй и, очевидно, вызван прецессирующим вихревым ядром, при этом в отличие от встречных потоков, он более значителен и имеет на своих границах провалы скорости, что позволяет сделать вывод о вкладе в скорость встречной, смещенной струи (которая на этом расстоянии имеет более широкие границы, но меньшую скорость). Однако, при удалении от начала струи поле скоростей расслаивается на расстоянии 0,35 по срезу, в зависимости от величины смещения, что объясняется изменением области взаимодействия струй, при этом изменение указанного пика скорости явно указывает на определяющее влияние в его формировании поля скорости второй струи, что позволяет оценить ширину взаимодействия встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй — 0,35 — 0,65 в поперечном сечении. В остальной области прослеживается аналогия с встречными закрученными потоками.

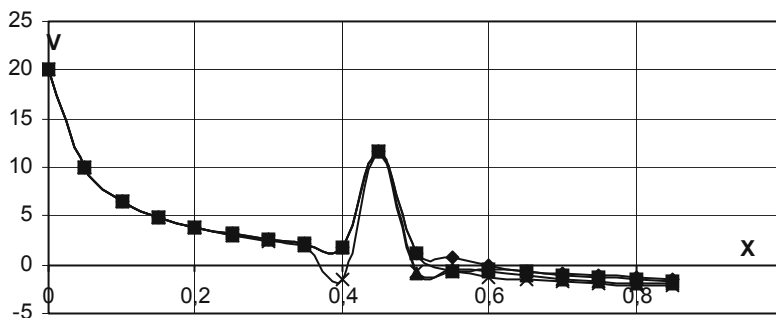


Рис. 1. Изменение результирующей скорости по сечению при $y=0$, 1 м:
 ◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; × — 0,4 м.

В целом можно констатировать, что увеличение скорости происходит в более широкой области и на всем расстоянии между взаимодействующими струями, по сравнению с рассмотренными ранее видами взаимодействия закрученных струй, а влияние прецессии вихревых ядер значительно только на расстояниях, близких к местам истечения струй. Также, исходя из анализа эволюции пика скорости, вызванного сложением скоростей

взаимодействующих струй, определено оптимальное соотношение между величиной смещения струй в горизонтальной плоскости и расстоянием между точками их истечения — $l_{см}/l_p = 0,25$.

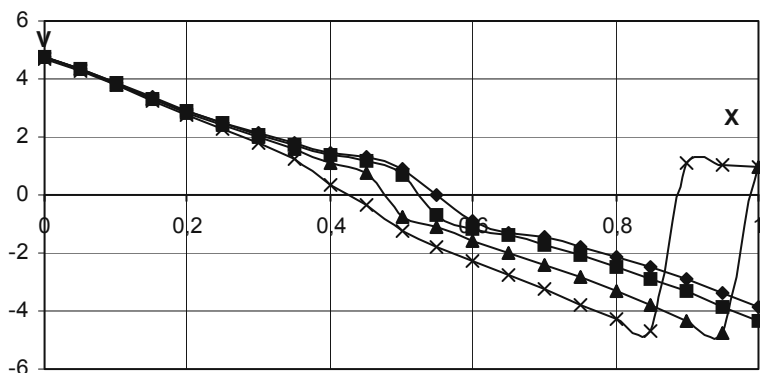


Рис.2. Изменение результирующей скорости по сечению при $y=0,2$ м:
 ◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; x — 0,4 м.

Изменение результирующей скорости при взаимодействии двух встречных, смещенных закрученных струй во времени, представленное на рис.3, 4, позволяет сделать вывод, что о наличии двух видов колебаний — первое, имеющее частоту 60 с., с незначительной амплитудой, имеется во всех рассмотренным ранее взаимодействиям закрученных потоков, вызвано их турбулентным характером движения, второе — имеющее амплитуду 400 с., вызвано, очевидно, сложением колебаний, индуцируемых прецессирующими вихревыми ядрами. При этом необходимо отметить, что второй вид колебаний имеет амплитуду, сравнимую с результирующей скоростью в данной точке, чего не наблюдается в рассмотренных ранее случаях (кроме встречных закрученных струй).

Максимальная величина первого вида амплитуды имеет аналогичную параллельным струям зависимость от смещения струй в горизонтальной плоскости — при смещении 0,1 и 0,3 — амплитуда меньше, чем при 0,2 и 0,4. В случае второго, более «долгого» колебания наблюдается обратная зависимость (максимальная амплитуда при смещении 0,1 и 0,3 превосходит аналогичную при смещении 0,2 и 0,4). То есть при использовании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй в технических устройствах необходимо предусматривать механизм подавления второго типа колебаний, как наиболее опасного для стабильного протекания процесса взаимодействия потоков.

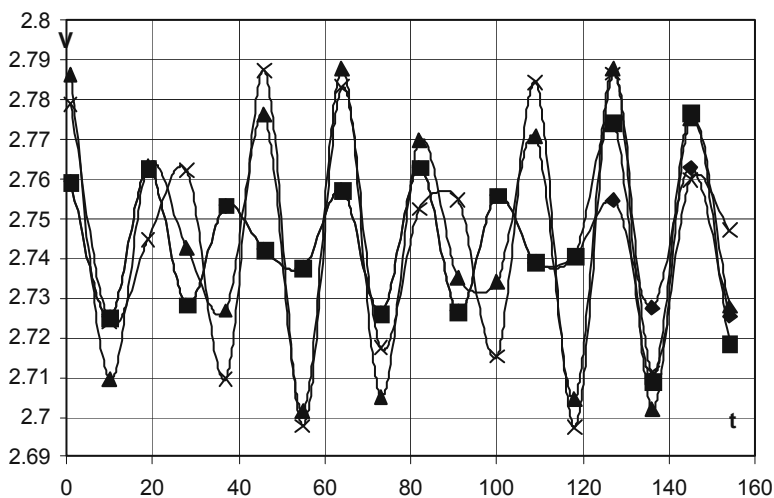


Рис. 3. Изменение результирующей скорости по времени при $y=0,2$, $x=0,05$ м:
 ◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; × — 0,4 м.

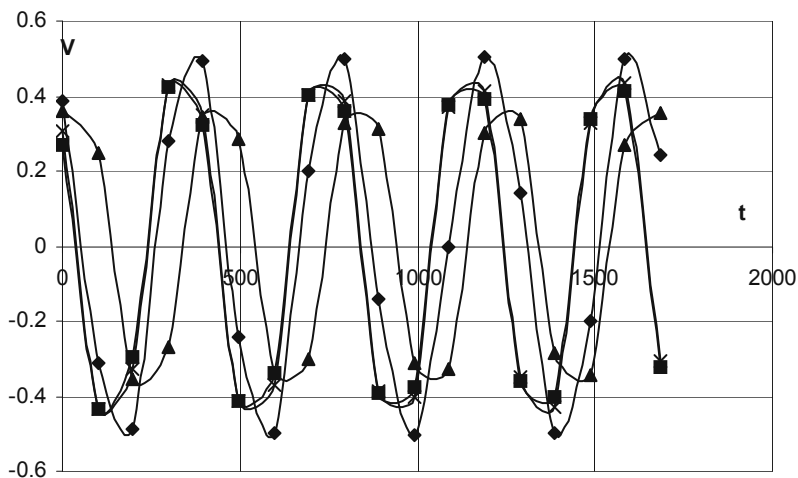


Рис. 4. Изменение результирующей скорости по времени при $y=0,2$, $x=0,05$ м:
 ◆ — смещение 0,1 м; ■ — 0,2 м; ▲ — 0,3 м; × — 0,4 м.

Выводы:

Анализ результатов моделирования поля скорости двух встречных, смещенных в горизонтальной плоскости, закрученных струй с прецессирующими вихревыми ядрами показал, что:

- увеличение скорости происходит в более широкой области и на всем расстоянии между взаимодействующими струями, по сравнению с рассмотренными ранее видами взаимодействия закрученных струй;

- эволюция пика скорости, вызванного сложением скоростей взаимодействующих струй, определяет оптимальное соотношение между величиной смещения струй в горизонтальной плоскости и расстоянием между точками их истечения равным $l_{см}/l_p = 0,25$;

- максимум скорости при увеличении смещения между струями смещается к горизонтальной оси, и имея меньшую величину, превосходит другие пики по ширине, что происходит вследствие вовлечения в движение покоящегося воздуха между струями, при этом такая же прослойка с нулевой тангенциальной скоростью будет возникать за счет ширины этого взаимодействия и при проникновении струй друг в друга;

- изменение результирующей скорости во времени имеет два колебательных контура — с периодом в 60 с., и незначительной амплитудой, второй — 400 с., при этом второй вид колебаний имеет амплитуду, сравнимую с результирующей скоростью в данной точке, что при использовании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных струй в технических устройствах требует предусматривать механизм подавления второго типа колебаний, как наиболее опасного для стабильного протекания процесса взаимодействия потоков.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред,-М.: Мир, 1987,—588с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя.-М.: Наука, 1974,—711 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вісник ОДАБА №7, 2002, с. 60—64.
4. Устименко Б.П. Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 228 с.
5. Штым А.Н. Аэродинамика циклонно-вихревых камер. - Владивосток: Изд. Дальневосточного университета, 1984. –200 с.