

Министерство образования Российской Федерации

Казанский государственный энергетический институт
Отдел энергетики Казанского научного центра РАН
Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН
Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

**ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОМАССОБМЕНА
И ГИДРОДИНАМИКИ
В ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИИ**

Всероссийская школа-семинар
молодых ученых и специалистов
под руководством академика РАН В.Е. Алемасова

24-27 октября, 2000 г.

Материалы докладов

Издательство Казанского государственного технического университета,
2000

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ПУЛЬСАЦИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО ТРЕНИЯ И ТЕПЛОВОГО
ПОТОКА В СТЕНКУ С ВИХРЕВОЙ СТРУКТУРОЙ ТЕЧЕНИЯ В СЛЕДЕ
ЗА ПОНЕРЕЧНЫМ ЦИЛИНДРОМ**

Давлетшин И.А.*, Занько Ф.С.*, Козлов А.П.**, Михеев Н.И.**, Молочников В.М.*

*Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева, г.Казань.

**Отдел энергетики Казанского научного центра Российской академии наук, г.Казань.

В [1] представлены результаты комбинированных измерений мгновенных величин теплового потока в стенку и продольной компоненты вектора поверхностного трения в отрывной области за выступом. Между этими параметрами выявлена устойчивая положительная корреляционная связь при наличии заметного фазового сдвига (пульсации теплового потока запаздывают по времени). Аналогичные результаты были позднее получены по данным комбинированных измерений в следе за поперечно-обтекаемым цилиндром, расположенным вблизи стенки. В настоящей работе предпринята попытка установить взаимосвязь между пульсациями параметров течения на стенке и крупномасштабными вихревыми структурами, образующимися при поперечном обтекании цилиндра. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе разомкнутого типа при скорости потока $U_\infty=10,8$ м/с. Рабочий участок трубы имел прямоугольное поперечное сечение 100×130 мм². Цилиндр диаметром $d=18$ мм занимал всю ширину рабочего участка, одна из стенок которого интенсивно охлаждалась. Расстояние от оси цилиндра до охлаждаемой стенки участка составляло 18 мм. Были выполнены три серии экспериментов. Первая серия включала одновременные измерения продольного компонента вектора поверхностного трения и скорости потока, вторая - теплового потока в стенку и температуры потока, третья - теплового потока в стенку и скорости потока. В каждой серии использовались два питяных термоанемометрических датчика: одним измерялись параметры на стенке, другим – в следе за цилиндром в плоскости, перпендикулярной его оси. Измерения параметров течения в следе проводились в 330 узлах сетки с шагом $\Delta x=5$ мм по потоку и $\Delta y=1$ мм – по поперечной координате. Совместно с датчиками использовалась термоанемометрическая и термометрическая аппаратура DISA 55M. Перед измерениями проводилась градуировка датчиков в потоке с известными характеристиками.

Обработка результатов измерений выполнялась с применением метода условно-выборочного осреднения [2]. Анализировалась пульсационная составляющая измеряемых параметров в октавном диапазоне частот в окрестности характерной частоты

вихреобразования при поперечном обтекании цилиндра. Осреднение скорости u или температуры T потока проводилось в те промежутки времени, когда величина пульсаций

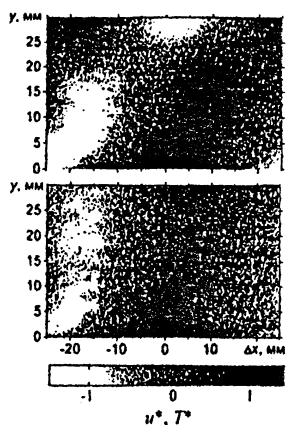


Рис.1. Условно осредненные поля пульсаций скорости (сверху) и температуры (снизу) в следе за цилиндром

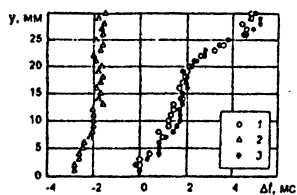


Рис.2. Фазовый сдвиг пульсаций параметров в следе за цилиндром: 1 - скорости и поверхностного трения; 2 - температуры и теплового потока в стенку; 3 - скорости и теплового потока в стенку

поверхностного трения или теплового потока в стенку превышала среднеквадратичное значение этого параметра. Величина условного среднего измеряемого параметра нормировалась по его безусловному среднеквадратичному значению:

$$u^* = \langle u' \rangle \Big|_{u' > \sigma_u} / \sigma_u; T^* = \langle T' \rangle \Big|_{T' > \sigma_T} / \sigma_T.$$

По результатам каждой серии измерений построены условно осредненные поля пульсаций скорости u' и температуры T' потока в следе за цилиндром (рис.1). Точка $\Delta x=0$ расположена на расстоянии 48мм вниз по потоку от оси цилиндра. По-видимому, положение темной области поля пульсаций скорости (рис.1, сверху) соответствует переднему, а светлой – заднему фронту крупномасштабной вихревой структуры, наклоненной к стенке под некоторым углом. Отметим, что угол наклона к стенке фронта пульсаций температуры несколько меньше (рис.1, снизу), что вызвано, по-видимому, особенностями распределения скорости и температуры внутри вихря. Между параметрами потока на стенке и в следе за цилиндром (при $\Delta x=0$) обнаружена устойчивая корреляционная связь при наличии фазового сдвига Δt , который увеличивается с удалением от стенки (рис.2). Из рисунка видно, что экспериментальные точки измерений первой (1) и третьей (3) серий практически совпадают. Их положение может интерпретироваться как силуэт переднего фронта вихревой структуры во временной области. Фронт температурных

возмущений (2) отстает по фазе (вблизи стенки приблизительно на 1/4 периода) и проходит, по-видимому, через ядро вихря, в котором имеет место избыточная максимальная температура.

*Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты № 00-02-16409а, № 00-15-96690), Минобразования РФ (грант МЛИ) и ФЦП «Интеграция» (проект № А0012).

Список литературы

1. Козлов А.П., Михеев Н.И., Молочников В.М., Давлетшин И.А.. Взаимосвязь мгновенных гидродинамических и тепловых параметров в турбулентном отрывном течении // Труды IV Минского междуна. форума «Тепломассообмен ММФ-2000» 22-26 мая 2000г.- Минск, 2000. Т.1. С.199-206
2. Adrian R.J., Jones B.G., Chung M.K., Hassan Y., Nithianandan S.K. and Tung A.T.- C. Approximation of turbulent conditional averages by stochastic estimation // Phys. Fluids A.1. №6. June 1989. P.992-998.