

Показано, что у треугольных крыльев с коническим изломом величина аэродинамического качества снижается при уменьшении угла раскрытия. Для пирамидальных тел с крыльями переход от Δ -крыла к трехгранной пирамиде приводит к снижению аэродинамического качества, однако при незначительной потере качества можно увеличить полезный объем Δ -крыла, сделав дополнительное заполнение вблизи линии пересечения наветренных поверхностей. В случае линейчатых Δ -тел уменьшение угла Δ сопровождается снижением аэродинамического качества, а переход M от 2 к 4 вызывает рост качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майкапар Г. И. О волновом сопротивлении неосесимметричных тел в сверхзвуковом потоке // ПММ.— 1959.— Т. 23, вып. 2.
2. Келдыш В. В. Точные решения для несущих систем с одним и двумя плоскими скачками уплотнения // Инж. журн.— 1961.— Т. 1, № 3.
3. Nonweiler T. Aerodynamic problems of manned space vehicles // J. Roy. Aeron. Soc.— 1959.— V. 63.— P. 521.
4. Chernyi G. G., Gonor A. L. The determination of body shapes of minimum drag using the Newton and the Busemann pressure laws: Paper pres. at the sympos. on extremal problems in aerodynamics, Seattle, Washington, 1962.
5. Гонор А. Л., Швец А. И. Исследование распределения давления на некоторых звездообразных телах при числе $M = 4$ // ПМТФ.— 1965.— № 6.
6. Гонор А. Л., Казаков М. Н. и др. Аэродинамические характеристики звездообразных тел при сверхзвуковых скоростях // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1971.— № 1.
7. Гонор А. Л., Казаков М. Н., Швец А. И. Экспериментальное исследование сверхзвукового обтекания V-образных крыльев // Науч. тр. Ин-та механики МГУ.— 1970.— № 1.
8. Кравец В. В., Трифонова Н. В., Швец А. И. Обтекание V-образных крыльев дозвуковым потоком // ПМТФ.— 1975.— № 4.
9. Гонор А. Л., Кравец В. В., Швец А. И. Влияние конического излома треугольных крыльев на аэродинамические характеристики // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1976.— № 6.
10. Швец А. И. Обтекание Δ -крыльев с изломом передней кромки // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1985.— № 1.
11. Реджиори А. Подъемная сила и лобовое сопротивление конуса с крыльями в гиперзвуковом потоке // РТК.— 1971.— Т. 9, № 4.
12. Фалунин М. П., Ульянов Г. С. Треугольное крыло в сверхзвуковом потоке // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1967.— № 6.

Поступила 28/II 1986 г.

УДК 532.51

ДВА СПОНТАННО МЕНЯЮЩИХСЯ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ ВИХРЯ НАД ПЛОСКОСТЬЮ

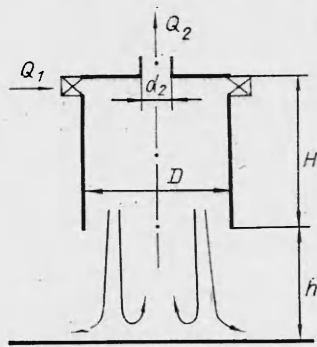
С. Ю. Спотарь, В. И. Терехов

(Новосибирск)

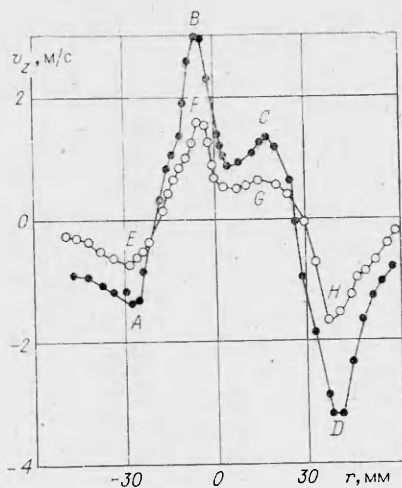
В [1] теоретически показано, что для сильно закрученной струи при одном и том же числе Рейнольдса возможны два устойчивых режима течения, переходящих друг в друга при внешнем возмущении. В литературе описано наблюдаемое в опыте явление гистерезиса течения в вихревой камере [2], однако информация о профилях скорости для таких режимов вихревых течений нами не обнаружена.

В данном сообщении представлены экспериментальные профили скорости двух состояний вихревого течения, полученных в ходе изучения взаимодействия закрученной струи с плоскостью.

Генератором закрутки (рис. 1) являлась недиафрагмированная вихревая камера диаметром $D = 50$ мм и высотой $H = 80$ мм. Основной вихреобразующий поток воздуха по штуцеру $d_1 = 8$ мм поступал в улиточный завихритель, расположенный в верхней части камеры. Кроме того, в крышке камеры располагался штуцер отсоса $d_2 = 10$ мм для интенсифи-



Р и с. 1



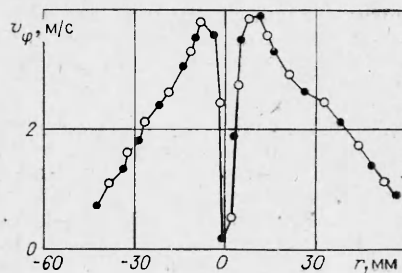
Р и с. 2

кации восходящего потока. Высота расположения h генератора над плоскостью 50 мм.

Структура вихревого течения исследовалась двухкомпонентным лазерным доплеровским измерителем скорости с оптическим блоком ЛАДО-2. Сведения о методике измерений и конкретных особенностях аппаратуры приведены в [3, 4]. Реализация данного метода позволила предотвратить искажение картины вихревого течения при введении какого-либо зонда и одновременно измерить две проекции вектора скорости. Рассеивающими центрами служили вводимые в поток частицы соли с средним диаметром $d_{50} \approx 0,5$ мкм. Частицы создавались из 5%-ного раствора NaCl в источнике аэрозоля, работающем на форсунках ударного действия. Расход периферийного вихреобразующего потока $Q_1 = 2,3 \cdot 10^{-3}$ кг/с, отсасываемого через штуцер в крышке $Q_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}$ кг/с. Визуализация потока показала, что в данном случае имел место турбулентный характер течения.

При указанных выше геометрических и расходных параметрах обнаружено существование двух режимов течения, отличающихся профилями вертикальной скорости и самопроизвольно (т. е. без искусственных возмущений) сменяющих друг друга. Каждый из обнаруженных режимов носил квазистационарный характер, при этом прецессии ядра вихря относительно геометрической оси не наблюдалось. На рис. 2 приведены профили вертикальной скорости для сечения $z = 10$ мм (отсчет от плоскости). Как видно, в этих режимах значения скорости в некоторых областях отличаются почти в 2 раза.

Дифференциация указанных режимов течения выполнялась следующим образом. Поскольку в каждый момент времени измерение скорости производилось в отдельной точке, факт существования двух режимов течения вихря вначале выявлен в тех областях, где имеется значительное различие в величине скорости, например, при $r \sim 40$ мм (рис. 2). Характерное время существования режима I (темные точки) составляло 2—3 мин, режима II (светлые) — приблизительно в 2—4 раза больше, однако какой-либо периодичности в переходе режима не наблюдалось. Время перехода из одного режима в другой не превышает постоянной времени измерительной системы (~ 1 —3 с). Необходимо было также удостовериться, что профили вертикальной скорости, отвечающие двум режимам течения, проходят через точки A, B, C, D и E, F, G, H (а не, например, через A, F,



Р и с. 3

G, D) (см. рис. 2). Для этого при существовании режима II (более устойчивого во времени) проводилось быстрое сканирование по всему сечению вихря и измерение скорости при значениях радиальной координаты, соответствующей точкам E, F, G, D ($-30, -10, 10, 40$ мм). Во избежание ошибки этот процесс повторялся.

Интересно отметить, что в пределах погрешности эксперимента не удалось выявить различия в распределении тангенциальной компоненты скорости (рис. 3). Представленный на рисунке профиль характерен для сильно закрученной струи и относится к обоим режимам взаимодействия вихря с плоскостью.

Вследствие некоторой несимметрии течения точный расчет расходов по сечениям интегрированием профилей вертикальной компоненты скорости затруднителен. Приближенные же оценки показали, что в режиме I расход газа в восходящем потоке от возникновения в пограничном слое до входа в вихревую камеру практически не изменяется, т. е. восходящий поток не обменивается массой с периферийным нисходящим потоком. В этом случае вихревой генератор формирует все восходящее течение непосредственно с поверхности, точнее, из торцевого пограничного слоя над плоскостью. В режиме II в нижней части восходящего потока имеется радиальное течение от периферии к оси, поэтому только часть массы в восходящий поток поступает из пограничного слоя. Остальной расход пополняется за счет разворота части периферийной кольцевой струи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштик М. А. О закрученных струях // Изв. АН СССР. МЖГ.— 1979.— № 1.
2. Рыжнев В. Ю., Ястребова Е. В. Исследование вихревого элемента с двумя устойчивыми состояниями // Тр. МЭИ.— 1972.— Вып. 105.
3. Дубинцев Ю. Н., Ринкевичус Б. С. Методы лазерной доплеровской анемометрии.— М.: Наука, 1982.
4. Багрянцев В. И., Волчков Э. П. и др. Использование лазерного доплеровского анемометра для исследования течения в вихревой камере // Автометрия.— 1982.— № 3.

Поступила 26/II 1986 г.

УДК 536.24 : 532.526

ТУРБУЛЕНТНОЕ ТРЕНИЕ И ТЕПЛОБМЕН ПРИ ЗАКРУТКЕ ПОТОКА В ТРУБЕ

Э. П. Волчков, Н. А. Дворников, С. Ю. Спотарь, В. И. Терехов

(Новосибирск)

Исследованию процессов турбулентного переноса тепла и импульса в закрученных потоках в трубах уделялось большое внимание. Можно назвать ряд экспериментальных [1—12] и теоретических [12—19] работ, где рассматривались эти явления. Однако детальное сопоставление имеющихся расчетных и экспериментальных данных свидетельствует о значительном их расхождении.

Закрученные потоки отличаются большим разнообразием даже качественной картины течения, которая определяется в первую очередь геометрическими и расходными характеристиками. Многообразие способов закрутки потока — лопаточными завихрителями на входе в канал, тангенциальным подводом газа, ленточными и шнековыми завихрителями и т. п. — значительно осложняет анализ и обобщение экспериментов. Большое распространение получил метод обобщения опытных данных в зависимости от входных геометрических и расходных условий конкретно изучаемых устройств. Подробное освещение вопросов, связанных с теплообменом в каналах при различных способах закрутки потока, дается в [18].

Общий результат всех исследований — вывод об интенсифицирующем воздействии различных способов закрутки потока на теплоперенос и поверхностное трение. Но к настоящему времени отсутствует единая точка зрения на причины, вызывающие интенсификацию процессов переноса при закрутке потока. Так, в ряде работ [13, 16, 17, 19] увеличение теплоотдачи и трения объясняется только «геометрическими» факторами, т. е. за счет возрастания величины полной скорости и длины линии тока. В то же время, по данным [12, 14, 15, 18, 20], влияние массовых сил, обуслов-