

3. Д о р ф м а н Л. А. Гидродинамическое сопротивление и теплоотдача вращающихся тел. М., Физматгиз, 1960.
4. Л е о н т ь е в А. И., К и р д я ш к и н А. Г. Трение и теплообмен в зазоре между двумя вращающимися коаксиальными цилиндрами. Инж.-физ. ж., 1967, т. 13, № 6, стр. 821—830.
5. У с т и м е н к о Б. П., З м е й к о в В. Н. О гидродинамике потока в кольцевом канале с внутренним вращающимся цилиндром. Теплофизика высоких температур, 1964, т. 2, № 2, стр. 250—259.
6. R o t t a I. Statistische Theorie nichthomogener Turbulenz. Z. für Phys., 1951, Bd. 129, No. 6, S. 547—572.
7. Л е в и н В. Б. О стабилизирующем влиянии вращения потока на турбулентность. Теплофизика высоких температур, 1964, т. 2, № 6, стр. 892—900.
8. Л е в и н В. Б. К расчету основных характеристик турбулентных потоков с поперечным сдвигом. Теплофизика высоких температур, 1964, т. 2, № 4, стр. 588—598.
9. Л о й ц я н с к и й Л. Г. Гипотеза локальности в турбулентном движении жидкостей при наличии вязкости. ПММ, 1958, т. 22, вып. 5, стр. 600—611.
10. K i n n e y R. B. Universal velocity similarity in fully turbulent rotating flow. Trans. ASME, Ser. E., J. Appl. Mech., 1967, vol. 34, No. 2.
(Рус. перев.: Кинни Р.Б. Универсальное подобие скоростей в полностью турбулентных вращающихся потоках. Прикл. механ., Тр. Америк. о-ва инж.-механ., 1967, т. 34, № 2, стр. 199—206.)
11. У с т и м е н к о Б. П., З м е й к о в В. Н. Турбулентная структура кругового потока в кольцевых каналах между вращающимися коаксиальными цилиндрами. Теплофизика высоких температур, 1967, т. 5, № 4, стр. 640—646.

О ВЛИЯНИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОТСОСА НА СТРУКТУРУ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Рафаэль М. Гарипов, В. А. Тэтянко

(Новосибирск)

Приводятся некоторые результаты исследования влияния распределенного отсоса на структуру турбулентного пограничного слоя в водной среде. Установлено, что с увеличением степени отсоса профиль средней скорости становится более заполненным, а интенсивность пульсаций продольной составляющей скорости уменьшается.

Влиянию распределенного отсоса на структуру воздушного турбулентного пограничного слоя посвящена обширная работа [1], выполненная в низкотурбулентной аэродинамической трубе.

Данная работа посвящена исследованию влияния распределенного отсоса на структуру турбулентного пограничного слоя в воде. Для получения распределений средней скорости и интенсивности пульсаций продольной составляющей скорости по толщине турбулентного пограничного слоя использован фотоэлектрический метод измерения турбулентности, предложенный в работе [2]. Этот метод позволяет получить кривую распределения вероятностей величины скорости в измеряемой точке потока.

Обозначения

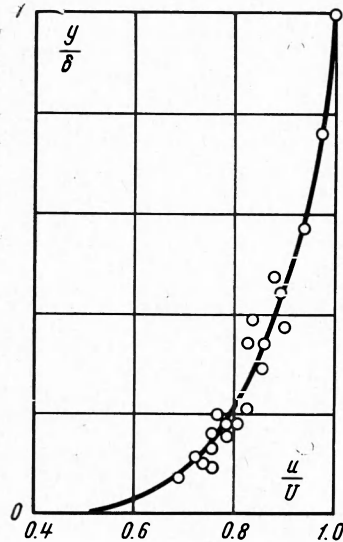
<p>u — продольная составляющая средней скорости, U — скорость набегающего потока, y — текущая координата по нормали к поверхности, δ — толщина пограничного слоя, a — математическое ожидание, σ — среднее квадратичное значение пульсаций, ρ — плотность вероятности распре-</p>	<p>ления скорости, c_q — степень отсоса, v_0 — скорость фильтрации через проницаемую поверхность, δ^* — толщина вытеснения, δ^{**} — толщина потери импульса, H — параметр, u' — пульсации продольной составляющей скорости в пограничном слое.</p>
---	---

Опыты производились в гидродинамическом лотке на одной из стенок рабочей части. За конфузором имелся непроницаемый участок длиной 100 мм, за которым следовала проницаемая поверхность длиной 500 мм. Камера, имевшая размеры исследуемой поверхности, покрывалась жесткой пластиной с большим количеством отверстий малого диаметра. На жесткую пластину накладывались три слоя мелкой сетки с размером ячеек 0,16·0,16 мм², все вместе покрывалось тонкой сеткой с размером ячеек 0,04·0,04 мм². Такая поверхность являлась рабочей, вдоль которой развивался исследуемый пограничный слой. Опыты проводились при скоростях течения 1,3 ÷ 2,3 м/сек. При высоких степенях турбулентности потока в лотке турбулентный пограничный слой

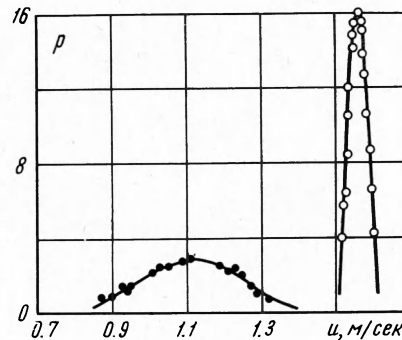
на исследуемых поверхностях наблюдался уже на расстояниях свыше 200 мм от начала рабочей части. Экспериментально замеренные при отсутствии отсоса профили средней скорости по толщине пограничного слоя хорошо согласовывались с профилями, рассчитанными по закону «одной седьмой». Для примера на фиг. 1 точками приведены результаты нескольких промеров скорости на расстоянии 350 мм от начала пластины при скорости набегающего потока 2.3 м/сек.

Сплошная кривая соответствует закону одной седьмой

$$u / V = (y / \delta)^{1/7} \quad (1)$$



Фиг. 1

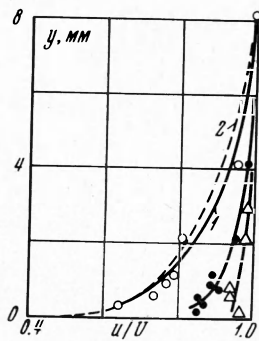


Фиг. 2

Видно, что экспериментальные точки с разбросом порядка $\pm 5\%$ совпадают с расчетной кривой.

На фиг. 2 приведены два распределения плотности вероятностей скорости на расстояниях 1.1 (темные точки) и 12 мм (светлые точки) от поверхности при скорости набегающего потока 1.6 м/сек, полученные с помощью фотоэлектрического метода. Эти два распределения скорости наглядно показывают точность, с которой регистрируются средние скорости, и как сильно отличаются величины среднеквадратичных значений пульсаций скорости внутри и вне пограничного слоя. Сплошные линии построены для случая распределения вероятностей скорости, рассчитанного по формуле

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \frac{-(u-a)^2}{2\sigma^2} \quad (2)$$



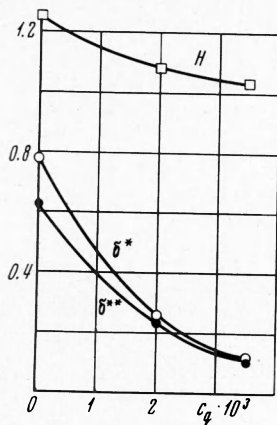
Фиг. 3

Здесь $a = 1.11$ м/сек и $\sigma = 0.14$ м/сек для расстояния от поверхности в 1.1 мм и $a = 1.558$ м/сек и $\sigma = 0.025$ м/сек для расстояния 12 мм от поверхности. Внутри пограничного слоя наблюдается некоторое отклонение распределения вероятностей скорости от нормального закона распределения, оно увеличивается с приближением к поверхности, а в ядре потока происходит совпадение с точностью эксперимента.

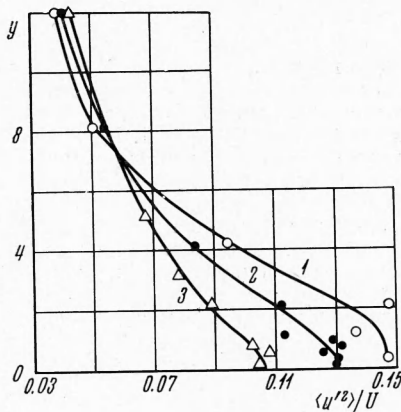
Проведенное исследование турбулентных пограничных слоев в воде показало, что при отсосе профиль средней скорости становится более заполненным, причем с ростом степени отсоса полнота профиля возрастает. На фиг. 3 приведены замеренные профили средней скорости по толщине пограничного слоя на расстоянии 350 мм от начала проницаемой поверхности при скорости течения в лотке 1.6 м/сек. Первый профиль скорости относится к режиму течения без отсоса (светлые круглые точки), он достаточно хорошо совпадает с профилем, вычисленным по закону одной седьмой (кривая 2 на фигуре, вычисленная согласно формуле (1)). Оставшиеся два профиля характеризуют распределение скорости по толщине турбулентного пограничного слоя при наличии однородного распределенного отсоса по всей поверхности со средними степенями отсоса $c_q = v_0 / U = 2.10^{-3}$ (темные круглые точки на фигуре) и $c_q = 3.5.10^{-3}$ (треугольники).

По экспериментальным профилям продольной составляющей скорости можно рассчитать толщины вытеснения δ^* и потери импульса δ^{**} , а также и параметр $H = \delta^*/\delta^{**}$ в зависимости от степени отсоса. Результаты расчета (в мм) приведены на фиг. 4. С ростом степени отсоса толщина вытеснения δ^* , толщина потери импульса δ^{**} и параметр $H = \delta^*/\delta^{**}$ уменьшаются.

Использованная методика, к сожалению, позволяла регистрировать только продольную составляющую пульсаций скорости под влиянием распределенного отсоса в турбулентном пограничном слое. На фиг. 5 приведены кривые изменения по толщине



Фиг. 4



Фиг. 5

пограничного слоя (в мм) среднеквадратичных значений пульсаций скорости $\langle u'^2 \rangle / u$, полученные при тех же условиях, что и рассмотренные выше профили средней скорости: кривые 1, 2, 3 соответствуют $c_q = 0$; $2 \cdot 10^{-3}$; $3.5 \cdot 10^{-3}$. Достаточно четко видно, что распределенный отсос снижает уровень пульсаций продольной составляющей скорости особенно вблизи поверхности.

Опыты в водной среде и для воздушного турбулентного пограничного слоя с отсосом [1] выполнены при различных степенях турбулентности набегающего потока, что не позволяет произвести количественное сравнение. Установлено только качественное совпадение зависимостей по изменению средней скорости по толщине пограничного слоя и интенсивности пульсаций продольной составляющей скорости при наличии распределенного отсоса.

Поступила 24 XII 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. Favre A., Dumas R., Verollet E., Coantic M. Couche limite turbulente sur paroi poreuse avec aspiration. J. Méc., 1966. vol. 5, No. 1.
2. Трохан А. М., Кузнецов И. Л., Баранова Г. Р., Игнатенко Ю. В. Фотоэлектрический метод измерения турбулентности высокотемпературных потоков. Физика горения и взрыва, 1966, № 1, стр. 112—116.

РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВУМЕРНОЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ ТИПА ПРОСТЫХ ВОЛН

В. М. Меньшиков (Новосибирск)

В работе проделана классификация частично инвариантных решений ранга $\beta = 1$, дефекта инвариантности $\delta = 1$ для системы уравнений двумерной газовой динамики.

1. Групповая классификация уравнений газовой динамики по функции $p = f(\rho, S)$, задающей уравнение состояния, была проделана в [1]. В данной работе рассматривается система дифференциальных уравнений двумерной газовой динамики

$$\begin{aligned} du/dt + \rho^{-1} \nabla p &= 0 \quad (d/dt = \partial/\partial t + u \cdot \nabla) \\ dp/dt + \rho \operatorname{div} \mathbf{u} &= 0, \quad dp/dt + \rho c^2 \operatorname{div} \mathbf{u} = 0 \quad (c^2 = \partial f / \partial \rho) \end{aligned} \quad (1.1)$$

Здесь p — давление, ρ — плотность, S — энтропия, $\mathbf{u} = (u, v)$ — вектор скорости являются искомыми функциями независимых переменных x, y, t . Для системы (1.1)