

Raalimiskatsete põhjal võib öelda, et rea summa leidmine УРАЛ-4 abil on järkude kordistamiseta võimalik siis, kui kUd/Dl on väiksem kui ligikaudu 30, s. t. suhteliselt tugeva difusiooni puhul.

KIRJANDUS

1. Скороход А. В., Случайные процессы с независимыми приращениями, М., 1964.
2. Феллер В., Введение в теорию вероятностей и ее приложения, М., 1964.
3. Градштейн И. С., Рыжик И. М., Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений, М., 1962.

Tartu Riiklik Ülikool

Saabus toimetusse
8/X 1969EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 19. KÕIDE
FÜSIKA * МАТЕМАТИКА. 1970, NR. 1ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 19
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1970, № 1<https://doi.org/10.3176/phys.math.1970.1.18>

Ю. РУДИ

ТУРБУЛЕНТНОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ В ОГРАНИЧЕННОМ
ПРОСТРАНСТВЕ

Ü. RUDI. TURBULENTSETE JUGADE LEVIMINE SULETUD RUUMIS

Ü. RUDI. VERBREITUNG DER TURBULENTEN LUFTSTRAHLEN IM GESCHLOSSENEN RAUM

Распространение турбулентных ограниченных струй представляет большой практический интерес, так как именно они наблюдаются в рабочих камерах различных тепловых устройств.

В данной работе в качестве ограниченных исследовались турбулентные изотермические струи ($\bar{u}_{\text{ср}} = 0,817\bar{u}_{\text{max}}$), вытекавшие из круглых труб (длина прямолинейного участка $L \geq 50d_0$) диаметрами d_0 соответственно 21,0; 25,8 и $37,7 \cdot 10^{-3}$ м в прямоугольные газоплотные камеры, поперечное сечение которых составляло $0,250 \times 0,250$; $0,132 \times 0,132$ и $0,056 \times 0,056$ м², а длина — $34,9 d_0$. При этом нормированная ширина камер $\frac{H_h}{d_0}$ находится в пределах $1,48 \div 11,20$. При варианте $\frac{H_h}{d_0} = 11,20$ струя не касалась стен камеры. Во всех остальных вариантах ($\frac{H_h}{d_0} = 1,48 \div 5,12$) после участка струйного течения $L_{\text{стр}}$ имеется участок полного заполнения сечения камеры (см. [1]). Число Рейнольдса для начального сечения струи во всех случаях составляло $Re_{d_0} = 53,2 \cdot 10^3$.

При помощи электротермоанемометра ЭТА-5А системы Чебышева измерялось изменение нормированной скорости и уровня турбулентности вдоль оси и в поперечных сечениях струи.

Как показал анализ экспериментальных данных, профили нормированной скорости и профили уровня турбулентности не подобны в попе-

речных сечениях вдоль струи. Влияние стесненности камеры на распределение осредненной скорости и уровня турбулентности ограниченных струй наиболее отчетливо проявляется в изменении указанных параметров вдоль оси.

На рис. 1 показана экспериментальная

функция дальности $\frac{x_c}{d_0}$ ограниченной струи в зависимости от параметра стесненности $\frac{H_k}{d_0}$. Здесь под дальностью подразумевается характерное расстояние от сопла до точки на оси, где осредненная скорость \bar{u}_{\max} составляет 0,75 от начальной скорости, т. е. $\bar{u}_{\max} = 0,75\bar{u}_{0\max}$. Как видно из рис. 1,

с увеличением стесненности камеры, т. е. с уменьшением параметра $\frac{H_k}{d_0}$, дальность ограниченных струй непрерывно уменьшается.

Данное уменьшение дальности объясняется увеличением скорости обратного потока и повышением уровня турбулентности на струйном участке при уменьшении параметра $\frac{H_k}{d_0}$. Например, при следующих

значениях стесненности камеры 11,20; 5,12; 2,67 и 1,48 максимальные значения нормированной скорости обратного тока вдоль циркуляционной зоны составляют соответственно 0,040; 0,105; 0,155 и 0,215, а уровень турбулентности при этом принимает значение 0,120; 0,126; 0,159; 0,170 (рис. 2). В исследуемом диапазоне стесненности $\left(\frac{H_k}{d_0} = 1,48 \div 11,20\right)$ дальность ограниченных струй можно выразить соотношением:

$$\frac{x_c}{d_0} = 8,5 - \frac{8,5}{\left(\frac{H_k}{d_0}\right)^{1,29} + 0,67} \quad (1)$$

В выражении (1) цифра 8,5 обозначает дальность свободной струи ($\bar{u}_{0\text{cp}} = 0,817\bar{u}_{0\max}$).

Большой интерес представляет изучение распределения уровня турбулентности вдоль ограниченных струй. Известно [2], что осевой уровень турбулентности характеризует уровень энергии турбулентности, генерируемой в потоке. Следовательно, чем выше значение $\sqrt{\bar{u}'^2/\bar{u}_{\max}}$, тем больше энергии осредненного движения пошло на турбулентное перемешивание.

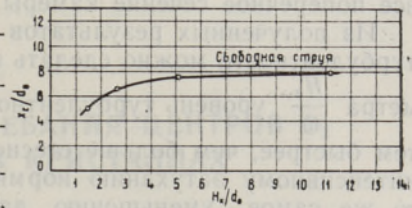


Рис. 1. Изменение дальности ограниченных струй.

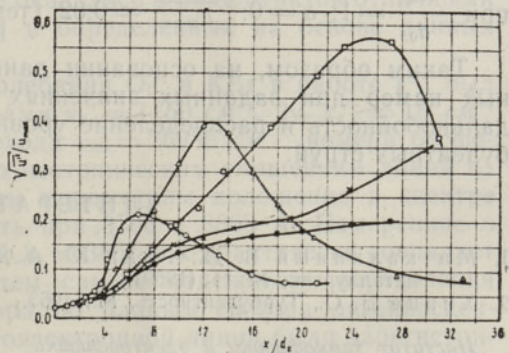


Рис. 2. Распределение уровня турбулентности вдоль оси ограниченных струй.

○ — $\frac{H_k}{d_0} = 1,48$; △ — 2,67; □ — 5,12;
× — 11,20; ● — свободная струя.

На рис. 2 показано распределение уровня турбулентности по оси ограниченных струй при стесненности камеры $\frac{H_k}{d_0} = 1,48 \div 11,20$.

Уровень турбулентности $\sqrt{u'^2}/\bar{u}_{\max}$ вдоль оси струи непрерывно растет до своего максимального значения в сечении, где струя заполняет все поперечное сечение камеры.

Из полученных результатов исследований по распределению уровня турбулентности можно сделать вывод о том, что в зависимости от параметра $\frac{H_k}{d_0}$ уровень турбулентности на участке струйного течения растет тем быстрее, чем больше стесненность камеры. Это способствует более интенсивному затуханию нормированной скорости вдоль оси или, что то же самое, уменьшению дальности ограниченной струи при уменьшении параметра $\frac{H_k}{d_0}$. Однако максимальное значение уровня турбулентности $(\sqrt{u'^2}/\bar{u}_{\max})_{\max}$ увеличивается с увеличением протяженности действия положительного градиента статического давления, т. е. с увеличением параметра $\frac{H_k}{d_0}$.

Для определения распределения уровня турбулентности вдоль оси ограниченных струй при стесненности камеры $\frac{H_k}{d_0} = 1,48 \div 5,12$ можно воспользоваться экспериментальной зависимостью:

$$\frac{\sqrt{u'^2}}{\bar{u}_{\max}} = 0,02 + \alpha \left(\frac{x}{L_{\text{смп}}} \right)^\beta, \quad (2)$$

где α и β являются функциями от стесненности камеры и определяются следующими выражениями

$$\alpha = 2,41 \left[\left(\frac{H_k}{d_0} \right)^{0,11} - 1 \right], \quad (3)$$

$$\beta = 2,50 - 0,156 \frac{H_k}{d_0}, \quad (4)$$

при $\frac{H_k}{d_0} = 1$; $\alpha = 0$; $\frac{\sqrt{u'^2}}{\bar{u}_{\max}} = 0,02$ (течение в трубе).

Таким образом, на основании данного исследования для газоплотных камер при заданных значениях стесненности можно определить дальность и распределение уровня турбулентности вдоль оси турбулентных струй.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миткалинный В. И., Руди Ю. А., Утенков А. Ф., Изв. вузов. Черная металлургия, № 11 (1969).
2. Хинце Н. О., Турбулентность, М., 1963.

Институт термofизики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
12/XI 1969