

К.И.КАПИТАНЧУК, А.А.ХАЛАТОВ, А.А.КАШЕНКО  
 ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
 ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛОВ СКОСА ПОТОКА  
 НА ТОРЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ

УДК 532.526.4

Представлены результаты обобщения опытных данных предельных углов скоса потока в условиях пространственного пограничного слоя.

Результаты исследований теплообмена на торцевых поверхностях сопловых аппаратов долгое время не удавалось обобщить. Это связано с трудностями изучения сложных трехмерных течений потока внутри решеток турбин [1] под влиянием продольного и поперечного градиента давления и взаимодействием течений в ядре потока и пограничных слоях.

В работе [2] показано, что локальный теплообмен на торцевых поверхностях можно определить лишь при наличии сведений о местных параметрах потока, определяемых в ходе газодинамического расчета, к которым относятся: местная скорость  $c$ , плотность  $\rho$ , динамическая вязкость потока  $\mu$ , градиент скорости, радиусы кривизны линий тока  $R$  и предельные углы тока  $\theta_w$ .

Для успешного использования полученных в работе [2] зависимостей необходимо знать, как по параметрам внешнего потока определить направление предельной линии тока в пограничном слое.

Так как касательная к предельной линии тока совпадает с вектором напряжения трения на стенке  $\tau_w$ , то между проекциями на направление скорости внешнего потока  $\tau_{wx}$  и на нормаль к ней  $\tau_{wz}$  существует взаимосвязь:

$$\operatorname{tg} \theta_w = \frac{\tau_{wz}}{\tau_{wx}} \quad (1)$$

При установившемся режиме течения  $\tau_{wz}$  пропорциональна поперечному градиенту давления на нормаль к скорости внешнего потока. В свою очередь,  $\tau_{wx}$  пропорциональна произведению плотности потока на квадрат скорости  $\rho c^2$ .

Следовательно, параметр  $c^2 \rho R \operatorname{tg} \theta_w$  должен обладать определенной степенью общности и зависеть от локальных характеристик потока. С целью получения критериального уравнения представим этот параметр в безразмерном виде по аналогии с работой [3] и установим взаимосвязь между комплексом  $(\operatorname{tg} \theta_w + 1) c^2 R / \delta$



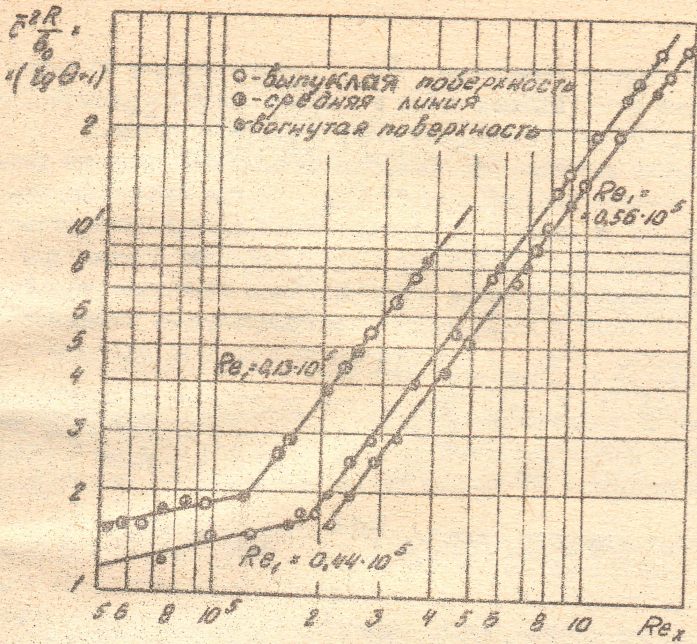


Рис. 1

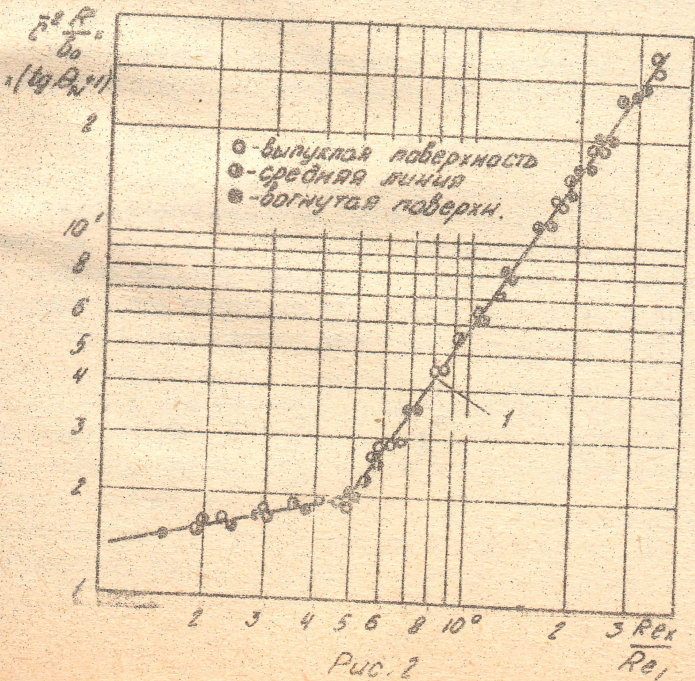


Рис. 2



и местными числами Рейнольдса  $Re_x$ , подсчитанными по параметрам потока в исследуемой точке и криволинейной координате  $X$ . Здесь  $\bar{c} = c/c_1$  - безразмерная местная скорость потока.

Результаты исследования представлены на рис.1. Опытные данные в виде комплекса  $(\operatorname{tg} \theta_w + 1) \bar{c}^2 R/b_0$  при неизменных параметрах потока на входе в канал описываются единой критериальной зависимостью. Наличие изломов в прямых связано с переходом ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Изменение параметров потока на входе в канал вызывает соответствующее изменение чисел Рейнольдса  $Re_x$  и практически не влияет на величины комплекса  $(\operatorname{tg} \theta_w + 1) \bar{c}^2 R/b_0$ .

На рис. 2 представлены результаты обобщения экспериментальных данных. С погрешностью  $\pm 8\%$  опытные точки для отдельных линий торцевой поверхности обобщаются единым критериальным уравнением:

$$\operatorname{tg} \theta_w = 2,5 (\bar{c}^2 R/b_0)^{-1} (Re_x/Re_1)^{0,3} - 1, \text{ при } Re_x/Re_1 \leq 0,5$$

$$\operatorname{tg} \theta_w = 5,7 (\bar{c}^2 R/b_0)^{-1} (Re_x/Re_1)^{2,5} - 1, \text{ при } Re_x/Re_1 > 0,5. \quad (2)$$

Таким образом, экспериментальные исследования и обобщение опытных данных позволили получить единое уравнение подобия, которое может быть использовано для определения углов скоса потока в произвольной точке торцевой поверхности сопловых аппаратов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский М.И. Аэродинамический расчет потока в осевых турбомашинах. - Л.: Машиностроение, 1967. - 287 с.
2. Халатов А.А., Капитанчук К.И., Мальков В.А. Обобщение опытных данных по локальному теплообмену на плоских поверхностях криволинейного канала. - Промышленная теплотехника, 1986, № 2; с. II-16.
3. Халатов А.А., Капитанчук К.И., Коваленко А.С. и др. Исследование локального теплообмена на торцевой поверхности модели соплового аппарата. - Изв. вузов. Авиационная техника, 1986, № 2. с. 68-72.