

ТЕПЛООБМЕН И АЭРОДИНАМИКА НА ПОРИСТОЙ ТОРЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ
В УСЛОВИЯХ НАЧАЛЬНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Халатов А.А., Труфанов А.Н., Капитанчук К.И.

город Киев,

Экспериментально на модельной установке исследованы аэродинамика потока и локальный теплообмен на проницаемой торцевой поверхности канала соплового аппарата в условиях начальной турбулентности.

Установка представляет собой аэродинамическую трубу разветвленного типа. Воздух, нагнетаемый центробежным компрессором проходил через ресивер и успокоитель, после чего поступал в экспериментальный участок и сбрасывался в атмосферу. На входе в экспериментальный участок перед конфузуром устанавливались пассивные генераторы турбулентности. Такая установка генераторов хоть и приводила к снижению продольных пульсаций, однако позволила получить на входе в объект исследования поля скоростей и давлений достаточно выровненными. Экспериментальный участок представлял собой канал соплового аппарата, торцевая поверхность которого выполнена проницаемой. Пористые материалы, использованные в установке были изготовлены по технологии Института проблем материаловедения АН УССР и имели пористость около 40%. Локальные коэффициенты теплоотдачи определялись методом теплового баланса по уравнению

$$\alpha = \frac{(\rho v)_w \cdot c_p^o (T_w - T_o^o)}{T_f - T_w} \quad (1)$$

где $(\rho v)_w$ - плотность и скорость охладителя; c_p^o - теплоемкость охладителя; T_w , T_o^o , T_f - соответственно температуры стенки, охладителя и потока. Температура фиксировалась хромель-копелевыми термопарами которые устанавливались вдоль выпуклой и вогнутой стенок канала, а также вдоль средней линии торцевой поверхности. Степень турбулентности измерялась также вдоль характерных линий в ядре потока термоанемометрическим комплексом ТАИК-2. В качестве чувствительных элементов были использованы однониточные прямые и Г - образные датчики. Опытные данные представлялись в виде зависимостей $Nu/Nu_o = f(X)$. Здесь Nu - локальное число Нуссельта полученное с повышенной начальной турбулентностью - T_w , Nu_o - локальное число Нуссельта подсчитанное по уравнению, предложенному в работе / 1 / для того же режима течения, что и определенное в опытах

$$Nu_x = 0,029 \cdot Re_x^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \bar{X}_{эф}^{-0,2} \cdot \epsilon_4 \cdot \epsilon_L \cdot \epsilon_B^{-0,5} \cdot \epsilon_Z \quad (2)$$

Здесь $Re_x = \frac{c_x \cdot \rho_w \cdot \bar{x}}{\mu_w}$ — число Рейнольдса, подсчитанное по криволинейной координате $\bar{x} = x / \delta_0$ (δ_0 — хорда профиля); $\bar{X}_{эф} = [\int_0^{\bar{x}} \rho \bar{c}_x \cdot d\bar{x}] / (\rho \cdot \bar{c}_x \cdot \bar{x})$ — эффективная длина, определяющая влияние продольного градиента скорости; $\epsilon_B = 1 + tg \theta_w$ — функция, учитывающая влияние поперечных течений в пограничном слое (пространственности потока); $\epsilon_4 = 1 + 1,28 (c_x^2 \cdot \delta_0 / R)^{0,27}$ — функция, учитывающая кривизну линий тока; $\epsilon_Z = (1 - 0,33 \delta_{Tx})^{1,9}$ — функция учитывающая влияние вдува охладителя через пористую торцевую поверхность $\delta_{Tx} = (\rho v)_{in} / (\rho_x \cdot c_x \cdot St_{ox})$ — тепловой параметр вдува). Уравнение (2) не учитывает влияние начальной степени турбулентности на теплообмен. Применяя принцип суперпозиции отдельных воздействий / 2 / обработка результатов в виде функции Nu/Nu_0 по Tu_x дает "чистое" влияние начальной турбулентности на теплообмен. Влияние начальной турбулентности на теплообмен удовлетворительно обобщается зависимостью $\epsilon_{Tu} = 1 + 1,95 Tu_x^{0,8}$. Следовательно для учета влияния начальной турбулентности на теплообмен в уравнение необходимо ввести поправку ϵ_{Tu} .

Исследования проведены в следующем диапазоне изменения определяющих параметров

$$Tu_1 = 5,7 \dots 19,8\%; \quad Re_x = 0,4 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$$

/ 1 / Халатов А.А., Капитанчук К.И., Труфанов А.Н. и др. Исследование локального теплообмена на торцевой поверхности модели соплового аппарата. — Изв. вузов. Авиационная техника, 1986, № 2, с. 68 — 72.

/ 2 / Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 320 с.