

К.И.КАПИТАНЧУК, Л.В.СЫСЬКОВ, А.А.КАЩЕНКО, А.Н.ТРУФАНОВ

К ВОПРОСУ О ПЕРЕНОСЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ ПО ГАЗОДИНАМИКЕ ТЕЧЕНИЯ В РЕШЕТКАХ СОПЛОВЫХ ЛОПАТОК НА НАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ

УДК 533.695.5

В статье предлагается один из возможных способов пересчета опытных данных о распределении статического давления в модели соплового аппарата на натурные условия.

В лабораторных условиях испытания турбинных решеток часто проводятся с перепадами давления много меньшими эксплуатационных. Однако для анализа эффективности систем охлаждения требуется знать распределение статического давления на элементах соплового аппарата при эксплуатационных перепадах [1]. Предлагаемый в данной работе способ позволяет определить статическое давление на элементах соплового аппарата при больших перепадах давления по результатам испытаний на малых перепадах.

Данный способ предполагает, что на режиме испытания с достаточной точностью известны статическое давление на элементах соплового аппарата /например, на пере сопловой лопатки/, а также полное и статическое давление на входе в решетку.

В качестве исходной посылки принимается уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости [2]:

$$P_o^* = P_i + \rho_i V_i^2 / 2, \quad (1)$$

где P_o^* - полное давление на входе в сопловой аппарат; P_i, ρ_i, V_i - статическое давление, плотность, скорость потока в i -ой точке на поверхности пера лопатки.

Данное равенство справедливо при условии пренебрежения потерями полного давления в сопловом аппарате и только до тех сечений, где число $M < 0,3$.

В равенство 1 введем газодинамическую функцию давления

$$\pi(\lambda)_i = \frac{P_i}{P_o^*}. \quad (2)$$

С учетом того, что

$$\frac{P_i}{P_o} = \left(\frac{P_i}{P_o^*}\right)^{\frac{1}{K}} = \left[\frac{\pi(\lambda)_i}{\pi(\lambda)_o}\right]^{\frac{1}{K}},$$

уравнение 1 преобразуем к виду

$$1 - \pi(\lambda)_i = \left[\frac{\pi(\lambda)_i}{\pi(\lambda)_o}\right]^{\frac{1}{K}} \frac{\rho_o V_o^2}{2P_o^*} \cdot \bar{V}_i^2 \quad (3)$$

где $\bar{V}_i = V_i / V_o$ - относительная скорость.

Воспользуемся равенством (2), записанным для входного сечения. Тогда выражение (3) преобразуется к следующему виду:

$$\frac{1 - \pi(\lambda)_i}{1 - \pi(\lambda)_o} = \left[\frac{\pi(\lambda)_i}{\pi(\lambda)_o}\right]^{\frac{1}{K}} \cdot \bar{V}_i^2$$

Уравнение (4) выражает зависимость статического давления в i -ой точке от давления на входе в сопловой аппарат и от относительной скорости \bar{V}_i . Воспользуемся уравнением (4) для испытания соплового аппарата на малом перепаде давления. Все члены уравнения в этом случае запишем с индексом "э" - эксперимент. Разделим данное уравнение на подобное ему, но записанное для натурального перепада давления /индекс "н"/. При этом, учитывая, что в геометрически подобных решетках $\bar{V}_э = \bar{V}_н$, после несложных преобразований получим

$$\frac{1 - \pi(\lambda)_{ин}}{[\pi(\lambda)_{ин}]^{\frac{1}{K}}} = \frac{1 - \pi(\lambda)_{он}}{[\pi(\lambda)_{он}]^{\frac{1}{K}}} \cdot \frac{[\pi(\lambda)_{оэ}]^{\frac{1}{K}}}{1 - \pi(\lambda)_{оэ}} \cdot \frac{1 - \pi(\lambda)_{иэ}}{[\pi(\lambda)_{иэ}]^{\frac{1}{K}}}. \quad (5)$$

Полученное неявное уравнение решается относительно $\pi(\lambda)_{ин}$ методом последовательных приближений. Для расчета берутся следующие исходные данные: $\pi(\lambda)_{он}$ - газодинамическая функция давления на входе в сопловой аппарат при натурном перепаде давления, определяется в зависимости от режима, на который производится пересчет данных; $\pi(\lambda)_{оэ}, \pi(\lambda)_{иэ}$ - определяются по данным эксперимента на малом перепаде давления; $K = 1,4$ - для эксперимента без включения камеры сгорания; $K = 1,33$ - для рабочего режима.

Таким образом, используя предложенный способ пересчета можно легко и достаточно точно определить величину статического давления на элементах соплового аппарата при натуральных перепадах по данным эксперимента на малых перепадах давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Швец И.Т., Дибан Е.П. Воздушное охлаждение деталей газовых турбин. - Киев: Наукова думка, 1974. - 488 с.
2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - М.: Наука, 1976. - 888 с.