

А. В. Б о б к о в (Комсомольск-на-Амуре, КнАГТУ). **О повышении роли вторичных течений при миниатюризации лопаточных машин.**

Рассмотрим рабочие колеса лопаточных машин как систему вращающихся каналов, обеспечивающих энергообмен между рабочим телом и ротором. Эффективность энергообмена зависит от многих факторов, в том числе и от вторичных течений, происходящих в пристенном слое, под углом к основному потоку. Термин «вторичные» указывает на то, что они являются побочным следствием механизма энергообмена во вращающихся каналах и не совпадают по направлению с основным потоком. Уравнение поверхностных линий тока в зоне вторичных течений будет иметь вид

$$\frac{dy}{dx} = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{v}{w_{\text{вт.т}}} = \frac{\partial v / \partial z}{\partial w_{\text{вт.т}} / \partial z} \Big|_{z \rightarrow 0}, \quad (1)$$

где $w_{\text{вт.т}}$ и v — составляющие скорости в направлении осей OX и OY , z — координата вдоль нормали к плоскости вращения каналов. Интенсивность вторичных течений характеризуется углом отклонения поверхностных линий тока θ_0 от средней линии канала. Параметр θ_0 является геометрической интерпретацией предела (1): $\text{tg}\theta_0 = \lim_{z \rightarrow 0} [v/w_{\text{вт.т}}] = [\tau_{yz}/\tau_{xz}]|_{z \rightarrow 0}$, где θ_0 — угол отклонения поверхностной линии тока (при $z \rightarrow 0$) от направления потенциального потока, τ_{yz} , τ_{xz} — проекции напряжения трения на стенке в соответствующих координатных плоскостях.

Проведем приближенную оценку составляющих скорости вторичного течения на основе общепринятых в теории лопаточных машин подходов. Воспользуемся известными законами распределения продольной $w_{\text{вт.т}}$ и поперечной v составляющих скорости в слое вторичного течения. Для продольной составляющей скорости характерен закон [1]:

$$\frac{w_{\text{вт.т}}}{w_{\infty}} = \left(\frac{z}{\delta_{\text{вт.т}}} \right)^{1/n}, \quad (2)$$

где w_{∞} — скорость на внешней границе вторичного течения, $\delta_{\text{вт.т}}$ — толщина слоя вторичного течения. Показатель степени n является функцией формпараметра, равного отношению $\delta_{\text{вт.т}}^*/\delta_{\text{вт.т}}^{**}$, где $\delta_{\text{вт.т}}^*$ и $\delta_{\text{вт.т}}^{**}$ — соответственно, толщина вытеснения и толщина потери импульса в слое вторичного течения.

Для поперечной составляющей скорости v применим обобщенный закон [2]:

$$\frac{v}{w_{\text{вт.т}}} = \text{tg}\theta_0 \left[1 - \left(\frac{w_{\text{вт.т}}}{w_{\infty}} \right)^3 \right]. \quad (3)$$

Заданным распределениям составляющих скорости удовлетворяют граничные условия $w_{\text{вт.т}} = 0$ при $z = 0$, $z = \delta_{\text{вт.т}}$ и условие подобия профилей $w_{\text{вт.т}}$ и v при $z \rightarrow 0$. Это соответствует независимости профиля скорости у стенки от условий на внешней границе пограничного слоя.

Проанализируем выражение (3), приняв в формуле (2) $n = 7$. С ростом θ_0 соотношение между v и $w_{\text{вт.т}}$ меняется в пользу поперечной составляющей v . Таким образом, можно прогнозировать, что с миниатюризацией каналов мощность вторичных течений, относительная толщина которых в этом случае увеличивается, начинает существенно расти. Отсюда следует вывод. Игнорирование гидродинамического фактора в виде вторичных течений, характерное при проектировании полноразмерной лопаточной машины, при ее миниатюризации может привести к нерациональной гидродинамической схеме оптимизации геометрии каналов и снижению эффективности энергообмена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гречаниченко Ю. В., Нестеренко В. А.* Вторичные течения в решетках турбомашин. Харьков: Вища школа, 1983, 120 с.
2. *Степанов Ю. Г.* Гидродинамика решеток турбомашин. М.: Физматгиз, 1962, 512 с.