

УДК 621.165.533.6

С.В. Воронов (6 курс, ТДиУ), А.С. Ласкин, проф.

НОВЫЙ МЕТОД ПРОФИЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ И НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК

Задача профилирования лопаточных аппаратов в настоящее время является важной и необходимой на первых этапах проектирования. Поэтому разработка простых и наглядных методов построения лопаточных решеток имеет очень большое практическое значение.

При создании турбомашин задача профилей лопаток решается на основе данных газодинамического расчета. Эти данные имеются после расчета закрутки лопатки.

В настоящее время при создании новых турбин используют уже имеющиеся профили рабочих и направляющих лопаток, для которых подбирают углы установки. Однако не всегда возможен такой способ профилирования. Например, он не годится для закрученной лопатки. В таком случае необходимо спрофилировать совершенно новый профиль. Такое профилирование позволяет получить необходимые параметры потока на входе и выходе, исключить или уменьшить возможность отрыва потока от поверхности профиля.

Методы профилирования делятся на аналитические и графические (применение лемнискат или кривых Безье). В данной работе рассматривается аналитический метод.

Цель работы — профилирование криволинейных поверхностей направляющих лопатки для последующего расчета лопатки на прочность.

Исходными данными являются: углы потока $\alpha_0(\beta_1)$ и $\alpha_1(\beta_2)$, радиусы входной и выходной кромок r_1 и r_2 , ширина решетки B и шаг t .

Вначале задается функция $F_1(x)$ изменения тангенса угла наклона касательной к средней линии профиля. Такой подход удобен, т.к. дает возможность сразу видеть, как искривляется средняя линия профиля. Далее эта функция интегрируется, что непосредственно дает саму среднюю линию. При задании такой функции необходимо стараться избегать участков, где функция постоянна, т.к. это приводит к тому, что появляются переходы с плоской поверхности на криволинейную.

Далее строятся «спинка» и вогнутая поверхность. Эти кривые состоят из трех участков:

$$Y_k(x) := \begin{cases} (Y_{1k}(x)) & \text{if } x \leq x_{1k} \\ (Y_{0k}(x)) & \text{if } x_{1k} \leq x \leq (B - x_{2k}) \\ (Y_{2k}(x)) & \text{if } x \geq (B - x_{2k}) \end{cases} \quad Y_c(x) := \begin{cases} (Y_{1c}(x)) & \text{if } x \leq x_{1c} \\ (Y_{0c}(x)) & \text{if } x_{1c} \leq x \leq (B - x_{2c}) \\ (Y_{2c}(x)) & \text{if } x \geq (B - x_{2c}) \end{cases}$$

Здесь x_{1k} , x_{2k} , x_{1c} , x_{2c} — координаты точек сопряжения с радиусами, которые определяют следующим образом:

$$\begin{aligned}
x_{1k} &:= r_1 + r_1 \cdot \cos(\beta_{1k}) & y_{1k} &:= Y_0(r_1) - r_1 \cdot \sin(\beta_{1k}) \\
x_{2k} &:= r_2 + r_2 \cdot \cos(\beta_{2k}) & y_{2k} &:= r_2 \cdot \sin(\beta_{2k}) \\
x_{1c} &:= r_1 - r_1 \cdot \cos(\beta_{1c}) & y_{1c} &:= Y_0(r_1) + r_1 \cdot \sin(\beta_{1c}) \\
x_{2c} &:= r_2 - r_2 \cdot \cos(\beta_{2c}) & y_{2c} &:= r_2 \cdot \sin(\beta_{2c})
\end{aligned}$$

Сами функции Y_{ik} и Y_{ic} имеют вид:

$$\begin{aligned}
Y_{1c}(x) &:= \sqrt{(r_1)^2 - (x - r_1)^2} + Y_0(r_1) & Y_{2c}(x) &:= Y_0(B - r_2) + \sqrt{r_2^2 - (x - B + r_2)^2} \\
Y_{1k}(x) &:= Y_0(r_1) - \sqrt{r_1^2 - (x - r_1)^2} & Y_{2k}(x) &:= Y_0(B - r_2) - \sqrt{r_2^2 - (x - B + r_2)^2} \\
Y_0(x) &:= \int_0^x F_1(x) dx
\end{aligned}$$

Чтобы профиль имел толщину, вводятся функции:

$$\begin{aligned}
T_{cb} &:= \int_0^{B-r_2} F_1(x) dx - \int_{x_{1c}}^{B-x_{2c}} F_{1cb}(x) dx - y_{1c} + y_{2c} \\
T_{kb} &:= \int_{x_{1k}}^{B-x_{2k}} F_{1kb}(x) dx + y_{1k} - \int_0^{B-r_2} F_1(x) dx + y_{2k}
\end{aligned}$$

$$F_{1cb}(x) := F_{1c}(x) + \Delta F(x)$$

$$F_{1kb}(x) := F_{1k}(x) - \Delta F(x)$$

$$F_1(x) := 0.5 \sin\left(\pi \cdot \frac{x}{B}\right) + \left(\tan(\gamma_1) - \frac{\tan(\gamma_1) + \tan(\gamma_2)}{B} \cdot x\right)$$

для построения канала вводится добавка:

$$\Delta F := 0.1 \quad \Delta F(x) := \Delta F \cdot \exp\left(-8 \cdot \frac{x}{B}\right)$$

Метод является очень наглядным, т.к. позволяет мгновенно после изменений видеть результат. Имеется возможность задания более сложных функций изменения тангенса угла наклона к средней линии.

Выводы. В данной работе был рассмотрен метод профилирования, который позволяет легко получить профиль любой сложности. С помощью этого метода можно получить зависимости, которые показывают, как будет меняться профиль при изменении тех или иных параметров. Это позволит сократить время профилирования, т. к. будет уже известно, какой параметр нужно изменить для получения, например, лопатки мощной паровой турбины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Филиппов Г.А., Ван Чжун Ци / Влияние закрутки потока на характеристики сопловых решеток // Теплоэнергетика.- 1964. №5.- С. 54-57.