

ТРАНСПОРТНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

621.43.052

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ РАДИАЛЬНОСТИ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ НА ОПТИМАЛЬНОЕ ОТНОШЕНИЕ ОКРУЖНОЙ СКОРОСТИ К АДИАБАТИЧЕСКОЙ

Канд. техн. наук, доц. И.А. БАРСКИЙ, канд. техн. наук, доц. Н.К. ШАТАЛОВ, асп. Е.В. ДАНИЛОВ

Получены уравнения для определения влияния степени радиальности и других параметров ступени на оптимальное отношение $u/c_{ад}$.

It is received the equation for defining of radial ratio influence and other parameters of turbine stage on optimal $u/c_{ад}$ ratio.

Выражения для оптимального отношения $X_{опт} = u/c_{ад}$ были получены для осевых ступеней при степенях реактивности ρ , равных нулю и 0,5, более ста лет назад [1]. Вопрос о влиянии степени радиальности ступени на ее параметры, в том числе на отношение $X_{опт}$ подробно исследован в работах В.Т. Митрохина [2, 3].

Можно приближенно найти величину $X_{опт}$ для ступеней с любой степенью радиальности $\mu = \frac{u_2}{u_1}$, разными коэффициентами скорости φ и ψ , любыми углами α_1 и β_1 , если приять, что максимум к.п.д. ступени η_u достигается при осевом выходе потока из ступени $\alpha_2 = 90^\circ$. При этом окружная составляющая абсолютной скорости на выходе из колеса равна нулю, т.е.

$$c_{2u} = w_2 \cos \beta_2 - \mu u_1 = 0. \quad (1)$$

Относительная скорость на выходе из рабочего колеса

$$w_2 = \varphi c_{ад} \sqrt{\varphi^2 (1 - \rho) + X^2 - 2X \cos \alpha_1 \sqrt{1 - \rho} + \rho - (1 - \mu^2) X^2}, \quad (2)$$

где $X = u/c_{ад}$; $c_{ад} = \sqrt{2H}$ — адиабатическая скорость в ступени.

Подставив (2) в (1), получим формулу для вычисления оптимального отношения $u/c_{ад}$

$$X_{опт} = \frac{\sqrt{B^2 + 4AC} - B}{2A}, \quad (3)$$

где $A = \mu^2 (1 - \varphi^2 \cos^2 \beta_2)$; $B = 2\varphi \cos \alpha_1 \cos^2 \beta_2 \sqrt{1 - \rho}$; $C = \varphi^2 \cos^2 \beta_2 (\varphi^2 (1 - \rho) + \rho)$.

По этому уравнению можно определить оптимальное отношение $u/c_{ад}$ для любой ступени как осевой ($\mu = 0,95 - 1,05$), так и радиальной турбины ($\mu \neq 1$).

По уравнению (3) рассчитана зависимость $X_{опт}$ от $\mu = \frac{u_2}{u_1} = \frac{D_2}{D_1}$ ($\rho = 0,35$, $\alpha_1 = \beta_2 = 20^\circ$, $\varphi = \psi = 0,95$), данные приведены в таблице.

Таблица

$\mu = D_2 / D_1$	0,6	0,8	1,0	1,2
$X_{\text{опт}}$	0,63	0,61	0,58	0,57

Видно, что с ростом степени радиальности $X_{\text{опт}}$ уменьшается приближенно

$$X_{\text{опт}} = 0,68 - 0,1\mu.$$

Для осевой ступени ($\mu = 1$) можно получить простые приближенные уравнения для определения $X_{\text{опт}}$, используя известное выражение

$$X_{\text{опт}} = \frac{2u(c_{1u} - c_{2u})}{c_{ад}^2}. \quad (4)$$

При $c_{2u} = 0$ после очевидных преобразований получим

$$X_{\text{опт}} = \frac{\eta_u}{2\varphi \cos \alpha_1 \sqrt{1-\rho}}. \quad (5)$$

Приняв наиболее распространенные величины $\eta_{u_{\text{опт}}}$ и α_1 , для осевой ступени приближенно получим

$$X_{\text{опт}} = \frac{0,45}{\sqrt{1-\rho}}. \quad (6)$$

Используя формулы (5) и (6), можно приближенно определить $(u/c_{ад})_{\text{опт}}$ в осевой ступени в зависимости от степени реактивности и угла α_1 . Уравнение (3) позволяет найти $(u/c_{ад})_{\text{опт}}$ в ступенях, в которых средние диаметры соплового аппарата меньше или больше среднего диаметра на выходе из рабочего колеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щегляев А. В. Паровые турбины. — М.: Энергия, 1972. — 366 с.
2. Митрохин В. Т. Радиальные газовые турбины. — М.: Машиностроение, 1966. — 240 с.
3. Митрохин В. Т. Выбор параметров и расчет центростремительной турбины на стационарных и переходных режимах. — М.: Машиностроение, 1974. — 330 с.