

# ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАКРУТКА ПОТОКА ЗА ИДЕАЛЬНОЙ ОСЕВОЙ ТУРБИННОЙ СТУПЕНЬЮ

Лапузин А.В.

*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков*

При работе на несжимаемой жидкости относительный лопаточный КПД ступени  $\eta_{ол}$  зависит от трёх независимых переменных. Для переменного режима, когда углы  $\alpha_1$  и  $\beta_2$  известны, в качестве третьей переменной используется отношение скоростей  $u/c_\phi$ , являющееся безразмерным критерием подобия. Интерес представляет вопрос, какая закрутка потока за ступенью соответствует максимальному значению  $\eta_{ол}$  при полной потере энергии с выходной скоростью.

Самоочевидный на первый взгляд вывод о том, что максимуму  $\eta_{ол}$  соответствует осевой выход потока ( $\alpha_2 = 90^\circ$ ), справедлив только для ступени реактивного типа, в которой углы  $\alpha_1$  и  $\beta_2$  одинаковы.

Докажем это положение, приняв для простоты, что торцевые площади сопловой и рабочей решеток одинаковы. По параметрам  $\alpha_1$ ,  $\beta_2$ ,  $u/c_\phi$  из известного уравнения

$$(1 - \rho) \sin^2 \alpha_1 = [1 + (u/c_\phi)^2 - 2 u/c_\phi (1 - \rho)^{1/2} \cos \alpha_1] \sin^2 \beta_2$$

находим

$$(1 - \rho)^{1/2} = (A + A (u/c_\phi)^2 + A^2 (u/c_\phi)^2 \cos^2 \alpha_1)^{1/2} - A \cos \alpha_1 u/c_\phi, \quad (1)$$

где  $A = (\sin \beta_2 / \sin \alpha_1)^2$ .

Подставляя найденное значение  $(1 - \rho)^{1/2}$  в формулу

$$\operatorname{ctg} \alpha_2 = \operatorname{ctg} \beta_2 - (u/c_\phi) / ((1 - \rho) / \sin \alpha_1), \quad (2)$$

находим угол выхода потока из ступени (отсчитанный от направления, противоположного вращению), а также КПД

$$\eta_{ол} = 2 u/c_\phi ((1 - \rho)^{1/2} \sin(\alpha_1 + \beta_2) / \sin \beta_2 - u/c_\phi). \quad (3)$$

Так как углы  $\alpha_1$  и  $\beta_2$  зафиксированы, каждому значению режимного параметра  $u/c_\phi$  соответствуют вполне определённые значения  $\rho$ ,  $\alpha_2$ ,  $u/c_\phi$ , что даёт возможность проанализировать характер функции  $\eta_{ол} = f(\alpha_2)$ , в которой угол  $\alpha_2$  является размерным режимным параметром.

В результате расчётного исследования с помощью формул (1), (2), (3) четырех ступеней, отличающихся соотношением углов  $\alpha_1$  и  $\beta_2$ , получены следующие результаты, относящиеся к максимуму функции  $\eta_{ол} = f(\alpha_2)$ , сведенные в таблицу.

Таблица

$\alpha_1$	13°			
$\beta_2$	24,82°	20°	13°	7°
$\alpha_{2 \text{ опт}}$	96,07°	93,85°	90,05°	87,01°
$\eta_{ол \text{ max}}, \%$	94,99	95,98	97,4	98,61
$\rho_{\text{опт}}$	0,0208	0,209	0,487	0,725