

УДК 621.226

И.Б.Савунин (асп., каф. ГМ), Г.И.Топаж, дтн, проф.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОТУРБИНЫ

В работе предложен аналитический подход к определению расхода и КПД при различных открытиях направляющего аппарата (НА) радиальноосевой (РО) гидротурбины. Указанный подход позволяет построить прогнозную универсальную характеристику РО гидротурбины, в частности найти линии постоянных открытий НА $a_0 = \text{const}$ и значения КПД на этих линиях. В работе предложено перейти к универсальной характеристике представленной в безразмерной системе координат: $\bar{w} - \bar{x}$, где $\bar{w} = w/w_{opt}$; $\bar{x} = x/x_{opt}$, где w, Q — значение приведенной частоты вращения и расхода в произвольной точке; $x = Q/w$. Индекс “опт” относится к параметрам оптимального режима.

В результате анализа универсальных характеристик гидротурбин был получен универсальный закон $\bar{\eta} = f(\bar{w})$ изменения КПД вдоль линии $a_{0\text{опт}}$:

$$\bar{\eta} = \frac{1 - \alpha(\bar{w})}{1 + \alpha(\bar{w})},$$

где $\alpha(\bar{w}) = (\bar{w} - 1)^2$ — параметр, зависящий от положения рассчитываемой точки на линии оптимального открытия $a_{0\text{опт}}$.

Непосредственно, расположение линии оптимального открытия НА $a_{0\text{опт}}$ на приведенной универсальной характеристике определяется по следующей зависимости:

$$\bar{x} = \frac{\bar{\eta}/\bar{w}^2 + B}{B + 1},$$

где $B = \frac{w_{opt}^2 r_2^2}{\eta_0 g}$ — величина, зависящая от оптимального режима работы и геометрии проточной части гидротурбины.

Таким образом, используя выше приведенные зависимости, можно построить линию оптимального открытия НА $a_{0\text{опт}}$, а также распределение КПД вдоль этой линии. Дальнейшая работа была направлена на то, чтобы найти универсальные зависимости распределения КПД вдоль линий $x = \text{const}$. В работе получены следующая зависимость изменения КПД вдоль линии $x = \text{const}$:

$$\eta = 1 - \frac{w^2}{w_i^2} (1 - \eta_i) + \frac{xw^2}{2g} ((k_0 - (k_0)_{opt})(2r_1 - (k_0 + (k_0)_{opt}))x)$$

w_i, η_i — соответственно значения частоты вращения и КПД в точке, лежащей на линии $a_{0\text{опт}}$ и на соответствующей линии $x = \text{const}$, определяются по методике, рассмотренной в первой части данной работы; $k_{0opt} = \frac{r_1}{x_0 \eta_0}$ — параметр, характеризующий оптимальное открытие НА; k_0 — величина, характеризующая открытие НА a_0 , в произвольной точке универсальной характеристики:

$$k_0 = \sqrt{(k_0)_{opt}^2 + \frac{2g}{x_i^2} \left(\frac{1}{w^2} - \frac{1}{w_i^2} \right)}$$

Таким образом, возможно получить значение КПД в любой точке универсальной характеристики, зная параметры оптимального режима работы гидротурбины (x_0 , КПД₀, w_0) и интегральные геометрические характеристики проточной части гидротурбины (r_1 , r_2).

На основе полученных аналитических зависимостей была составлена программа для ЭВМ.

Расчетные исследования проводились для РО гидротурбин различной быстроходности работающих в широком диапазоне изменения напора $H = 30 \dots 300$ метров. Получено хорошее согласование результатов расчетов с экспериментальными характеристиками номенклатурных вариантов рабочих колес (РК) типа РО45...РО310.

Так отличие расчетных и экспериментальных значений КПД вдоль линии оптимального открытия НА $a_{0 \text{ опт}}$ при изменении \bar{w} в промежутке (0,8...1,2) не превышает 1,5 %. Различие экспериментального КПД в любой точке универсальной характеристики и рассчитанного по предложенной методике даже при существенном отходе от оптимального режима (как по оборотам так и по расходу) не более 2 %.

Так как предыдущие исследования показали эффективность предложенной методики расчета параметров вдоль линий $x = \text{const}$ при известной линии $a_{0 \text{ опт}}$ (не более 1 %), то дальнейшая работа направлена на уточнение закона изменения КПД вдоль линии $a_{0 \text{ опт}}$. А также на изучение влияния интегральных геометрических характеристик проточной части гидротурбины на вид универсальной характеристики.