

ПОСТРОЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТУРБИН В ЛОГАРИФИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ $N-H$

Артемыч С.В., к.т.н., доцент, Бартошик С.В., Жибуль А.А., студенты

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

При проектировании малых ГЭС одним из важнейших вопросов является подбор гидротурбин, которые могут иметь специфические особенности, связанные, прежде всего с расширением номенклатуры выпускаемого оборудования, условиями эксплуатации.

Если ГЭС строится при водохранилище с объемом достаточным для суточного регулирования, то уровень воды в верхнем бьефе при работе гидроагрегатов по суточному графику нагрузки будет меняться в широких пределах и однозначной зависимости напора от расхода не будет. В этом случае при подборе турбин режимные точки наносятся на три горизонтальные прямые соответствующие максимальному, среднему и минимальному напорам.

В случаях, когда ГЭС участвует в суточном регулировании, исходными данными для подбора турбин будут напор и мощность, соответствующая суточному графику нагрузки. При этом среднесуточная мощность ГЭС определяется мощностью водотока и вычисляется по формуле:

$$N = \rho g Q H \cdot \eta, \quad (1)$$

где N – мощность ГЭС, кВт; Q , H – расход, м³/с и напор, м. ГЭС;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; η – средний КПД турбин.

Поскольку суточным графиком нагрузки задаются мощности ГЭС, предлагается для подбора гидротурбин использовать эксплуатационные характеристики в координатах

$N-H$. Построение такой характеристики ведется в следующем порядке:

- на универсальной характеристике выбирается по очередности одна из линий равного КПД, на ней намечаются точки для перерасчета и для них определяются приведенные величины Q'_i и n'_i , вычисляется соответствующий напор,

$$H = 5625 \cdot (n'_i)^2, \quad (2)$$

$$\text{мощность} \quad N = \rho g Q'_i H^{3/2} \cdot \eta \quad (3)$$

- точки, координаты которых определены по формулам (2) и (3) откладываются в координатах $\lg N - \lg H$ и соединяются линиями равного КПД.

Накладочная сетка строится в тех же координатах, что и эксплуатационные характеристики. Сетка представляет собой систему пересекающихся линий $D_i = \text{const}$ и $n = \text{const}$. Для вывода уравнений этих линий решим уравнения (3) и (4), исключив из них расход Q .

$$Q'_i = Q / D_i \sqrt{H} \quad (4)$$

Из полученного выражения найдем мощность:

$$N = \rho g Q'_i H^{3/2} \cdot \eta \cdot D_i^2 \quad (5)$$

Заменяя в полученной формуле диаметр с помощью формулы:

$$n'_i = \frac{n D_i}{\sqrt{H}}, \quad (6)$$

получим

$$N = \rho g Q'_i H^{5/2} \cdot \eta \cdot (n'_i)^2 / n^2, \quad (7)$$

Подставляя в (5) и (7) $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\eta = 1$

и параметры соответствующие привязочной точке, найдем:

$$N = 9,81H^{3/2} \cdot D_1^2, \quad (8)$$

$$N = 55200 \cdot H^{5/2} / n^2 \quad (9)$$

Для величин, входящих в формулы (8) и (9), приняты единицы: N в кВт, D_1 , H – в м. и n в об/мин.

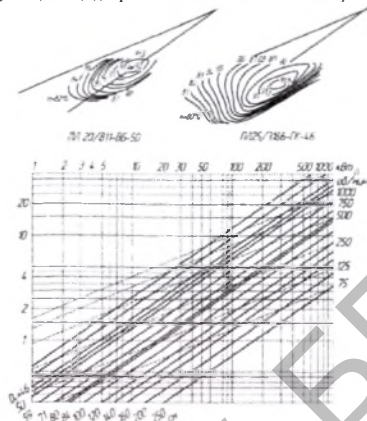


Рис.1. Накладочная сетка и образцы эксплуатационных характеристик поворотно-лопастных гидротурбин в логарифмических координатах $N - H$

Эксплуатационная характеристика, а также привязочная точка и пересекающиеся в ней отрезки линий $D_1 = 1$ м и $n = 75$ об/мин переносятся на накладочную сетку.

Фрагмент подбора турбин с помощью эксплуатационных характеристик в координатах $N - H$ для ГЭС малой мощности приведен на рис.2.

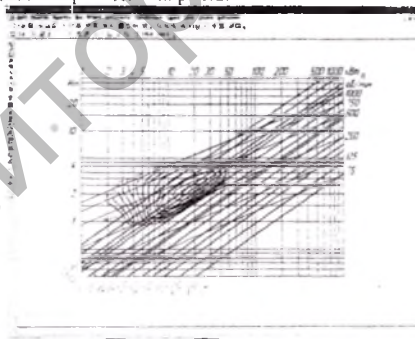


Рис.2. Совмещение универсальных эксплуатационных характеристик и накладочной сетки в логарифмических координатах $N - H$ в чертежно-графическом редакторе (КОМПАС – График).

При наличии построенных эксплуатационных характеристик гидротурбин и накладочной сетки, рассмотренный метод позволяет достаточно просто из большого количества вариантов выбрать турбину, обеспечивающую наибольшую выработку электроэнергии. В случае, когда ГЭС имеет водохранилище, позволяющее обеспечить работу ГЭС по суточному графику нагрузки, целесообразно применять сетку и эксплуатационные характеристики в координатах $N - H$.