

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ 2D И 3D ЗАДАЧ ПОДВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТУРБИНЫ
 NUMERICAL SOLUTION OF 2D AND 3D TASK SUMS HYDRAULIC TURBINE

Мартынова Н.С., доцент, СумГУ, Суми
 Martynova N.S., associate professor, SumSU, Sumy

Энергетические и силовые характеристики гидротурбины существенно зависят от формы движения жидкости перед рабочим колесом – в подводе. Подвод состоит из турбинной камеры, статора и направляющего аппарата (н.а.). Он должен обеспечивать осесимметричное поле скоростей перед рабочим колесом, что необходимо для реализации теоретической модели относительного установившегося движения жидкости в рабочем колесе, используемой при проектировании. Наличие этих элементов в проточной части позволяет увеличить коэффициент полезного действия (КПД) и создать благоприятные условия работы гидротурбины в целом и ее оптимальной конструкции с точки зрения прочности отдельных деталей и привода направляющего аппарата.

Подвод имеет наибольшие геометрические размеры и обеспечивает благоприятное течение воды до 700 м³/сек (в зависимости от мощности, достигающей до 1 млн кВт). Потери энергии в подводе составляют примерно половины всех потерь и зависят от направления скоростей и распределения расхода по высоте и периметру. Таким образом, подвод влияет на энергетические характеристики и условия работы, а также на размеры и стоимость гидроэлектростанции.

Так как течение в подводе происходит без передачи энергии, а изменение энергии имеет место из-за потерь, то в невязком ядре потока можно считать gradE=0, где E - полная механическая энергия жидкости. Тогда в соответствии с уравнением Громеки-Ламба :

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p - \text{grad} \frac{V^2}{2} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} - \vec{V} \times \vec{\Omega} \quad (1)$$

где \vec{F} – вектор массовых сил, ρ – плотность жидкости, p – давление, V- скорость течения, $\vec{\Omega} = \text{rot} \vec{V}$. В ядре потока течение должно быть либо потенциальным, либо винтовым. Обычно принимают поток в подводе потенциальным (что подтверждается экспериментальными данными).

В рассматриваемой работе задача расчета поля скоростей в подводе и на колоннах статора и лопатках н.а. рассматривается для случаев 2D и 3D течений.

Задача определения скорости в плоском сечении подвода z=const может быть сведена к задаче Дирихле для функции тока $\psi(x, y)$, задаче Неймана для функции потенциала скорости $\phi(x, y)$ или к задаче определения аналитической функции $\bar{V}(z) = V_x - iV_y$ по заданному значению скорости на границе контура.

Так воспользовавшись свойством предельных значений интеграла типа Коши для случая, когда $z_0 \in L$ из (1) получим выражение для скорости на контуре спиральной камеры или расположенного внутри нее обтекаемого тела

$$\chi(z_0) \bar{V}(z_0) = \frac{\Gamma_0 + iQ}{\pi} \frac{1}{z} + \frac{1}{\pi} \int_L \frac{\bar{V}(\zeta) d\zeta}{\zeta - z} + \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{V}(\zeta) d\zeta}{\zeta - z_0} + \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{V}(\zeta) d\zeta}{z_0 - \zeta} - \frac{1}{\pi} \iint_D (\gamma + iq) \frac{df}{\zeta - z_0} \quad (2)$$

в котором $\chi(z_0) = \delta(z_0) / \pi$, $\delta(z_0)$ – внутренний угол контура L в точке z_0 . Для точек гладкого контура $\delta(z_0) = \pi$. В угловых точках $\chi(z)$ – известные величины. Из (2) можно получить интегральные уравнения для комплексного потенциала, потенциала скорости и функции тока.

В работе решалось уравнение (2) путем сведения его к системе линейных алгебраических уравнений порядка 5000.

3D прямая задача подвода решается на основе использования формулы Био-Савара и численного решения двумерного интегрального уравнения.

Данный подход к решению прямой задачи подвода позволяет определить взаимное влияние спиральной камеры, колонн статора и лопаток направляющего аппарата на структуру потока в любом сечении подвода.

Список литературы

1. Колычев В.А., Мараховский М.Б., Дранковский В.Э. Поверочный расчет кинематических и энергетических характеристик радиально-осевой гидротурбины в задаче проектирования ее проточной части // Вісник СумДУ.- Суми.- 1998.- Випуск 2(10).- С. 28-34.
2. Мартынова Н.С. Численное исследование силовых характеристик направляющего аппарата гидротурбины // Вісник СумДУ.- Суми.- 2003.- №3(49).- С.57-62.

3. Мартинова Н.С. Розрахунок кінематичних параметрів потоку і моментних характеристик лопаток прямого апарату гідротурбіни на основі 2D і 3D моделей ідеальної рідини // Вісник СНАУ.- Суми.- 2003.- Випуск 10. - С.253-259.
4. Косторной С.Д. Особенности методики расчета пограничного слоя // Вісник СНАУ.- Суми.- 2004.- Випуск 12.- С.20-33.