

Комбинированная методика определения частот собственных колебаний лопасти гидротурбины в воде на основе метода конечных элементов

БЕРЕЗКОВА ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА

Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия

e-mail: elena.berezkova@gmail.com

Надежность гидротурбин определяется набором кавитационных, прочностных и вибрационных характеристик. В данной работе внимание уделяется вибрационным характеристикам лопастей рабочих колес поворотно-лопастных гидротурбин (ПЛ ГТ), так как наиболее опасными для конструкции ГТ являются динамические нагрузки. В ГТ присутствуют вынужденные колебания, вызванные несимметричностью потока воды, несимметричностью изготовления детали и т. д. Также в конструкции присутствуют собственные колебания, характер которых определяется внутренними силами, зависящими от физического строения системы. При достаточно близких частотах собственных и вынужденных колебаний может произойти явление резонанса, вследствие чего повышается вероятность разрушения гидротурбины. Поэтому актуальна задача определения частот и форм собственных колебаний методом численного моделирования.

Для каждой фиксированной геометрии лопастей гидротурбины предлагается рассматривать уравнения движения Ламе, для которого в местах крепления лопастей гидротурбины задаются краевые условия закрепления. Данные уравнения решаются методом конечных элементов. После аппроксимации тела и дискретизации уравнений движения получим СЛАУ

$$Ku + M\ddot{u} = 0,$$

где K — матрица жесткости, M — матрица масс, u — вектор перемещения. Учитывая, что перемещение имеет вид $u = u_0 \cdot \cos(w_i t)$, то поставленную задачу можно свести к проблеме собственных значений результирующей матрицы. Так как она является разреженной, то для поиска ее собственных чисел и векторов применяется метод Ланцоша.

Численный метод определения частот и форм собственных колебаний тела в воздухе был верифицирован на задаче определения набора частот собственных колебаний бруска и результаты были сопоставлены с результатами, полученными программным комплексом ANSYS. Так же при помощи этого метода определен набор частот для лопасти ПЛ ГТ в воздухе.

Для определения первого набора частот собственных колебания лопасти ПЛ ГТ в воде была использована комбинированная методика, которая заключается в использовании эмпирических коэффициентов снижения. В лаборатории Водяных Турбин АО ЛМЗ были проведены исследования по определению влияния воды на значение частот собственных колебаний лопастей ПЛ ГТ. Оказалось, что частоты собственных колебаний ПЛ ГТ в воде понижаются относительно частот собственных колебаний ПЛ ГТ в воздухе. Таким образом, для ПЛ турбин можно определить набор коэффициентов снижения, который уместно применять для определения частот лопасти ПЛ турбины в воде.

Список литературы

- [1] ЗЕНКЕВИЧ О. Метод конечных элементов в технике /М.: МИР, 1975. — 541 с.
- [2] ПИССАНЕЦКИ С. Технология разреженных матриц /М.: МИР, 1988. — 411 с.
- [3] СТРЕЛКОВ С. П. Введение к теории колебаний /М.: Наука, 1964. — 437 с.
- [4] ВЕРЖБИЦКИЙ В. М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения /М.: Высшая школа, 2000. — 266 с.