

1 Численное моделирование динамики напряжений в рабочем колесе гидротурбины, вызванной воздействием нестационарных нагрузок от потока воды в проточной части

2 Состав коллектива исполнителей

Крюков А. Е., Черный С. Г.

Контактное лицо: Крюков Артем Евгеньевич, arttem22@mail.ru

3 Научное содержание работы

3.1 Постановка задачи

Повышение устойчивости работы, увеличение КПД гидроэлектростанций (ГЭС) невозможны без изучения физических механизмов гидродинамических процессов, имеющих место в проточных частях (ПЧ) гидротурбины (ГТ).

Целью работы является разработка алгоритмов решения связанной задачи «гидродинамика-упругость», в которой определяется нестационарное воздействие трехмерного потока несжимаемой жидкости на все РК ГТ и находятся возникающие в нем ответные реакции в смещениях и напряжениях.

Гидродинамические расчеты осуществляются с помощью программного комплекса CADRUN2. Для расчета НДС РК используются метод граничных элементов (МГЭ) и система конечно-элементного анализа ANSYS Mechanical.

3.2 Современное состояние проблемы

Известно, что при работе гидротурбины в режиме неполной загрузки непосредственно за рабочим колесом в конусе отсасывающей трубы образуется вращающийся (прецессирующий) вихревой жгут. Был проведен нестационарный гидродинамический расчет потока воды в проточной части конкретной гидротурбины программой CADRUN2, подтверждающий это

явление. Затем на основе метода граничных элементов был проведен анализ динамики напряжений в рабочем колесе, вызванных влиянием следа в рабочее колесо от вихревого жгута в трубе. Разработанная методика сравнивалась с системой конечно-элементного анализа напряжений ANSYS.

3.3 Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы

Решение связанной задачи происходит в три этапа. На первом этапе выполняется расчет трехмерного нестационарного потока жидкости программой CADRUN2. Полученные поля течений в моменты времени t^n , $n=1, \dots, N$ обрабатываются постпроцессором. После чего получают распределения гидродинамического давления p_{hydro} в каждом межлопастном канале РК в заданные пользователем моменты времени t^m .

На втором этапе программой ASTRA алгебраическими методами строится гранично-элементная сетка всего РК и в каждый момент времени t^m задаются краевые условия на поверхности РК.

На третьем этапе для каждого момента времени t^m решается статическая задача упругости методом граничных элементов и методом конечных элементов (ANSYS Mechanical).

3.4 Полученные результаты

За прошедший период работы на кластере были проведены гидродинамические расчеты и расчеты НДС для ГЭС Платановрисси. Получены пульсации напряжений в точке на лопасти. Проведено сравнение разработанной методики на основе МГЭ с системой конечно-элементного анализа ANSYS (Рис. 2.1).

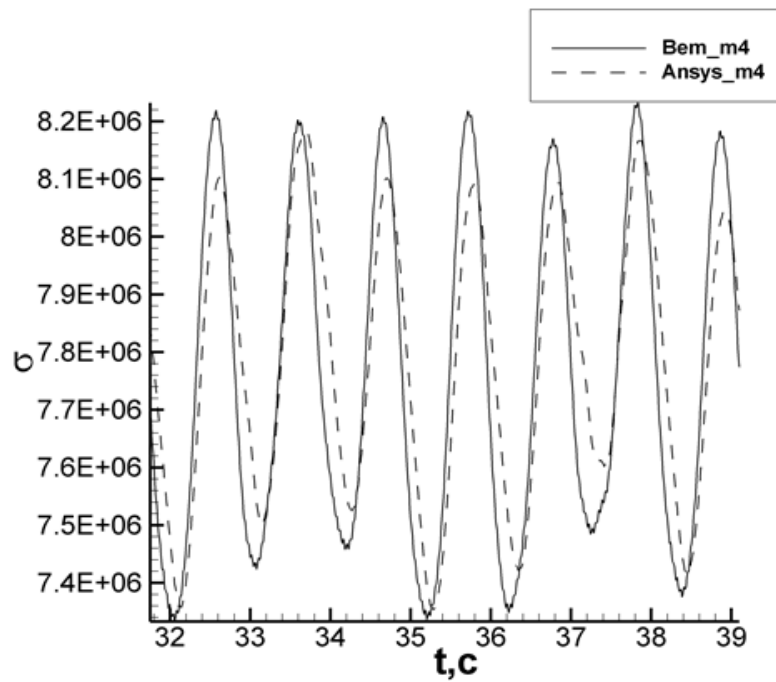


Рис. 2.1 Пульсации эквивалентных напряжений в точке на лопасти РК, посчитанные МГЭ и МКЭ.

4 Эффект от использования кластера

Расчет трехмерного потока воды был распараллелен на 43 процессора.

Численная реализация метода граничных элементов требует больших вычислительных затрат. Например, для расчета НДС всего РК на сетке, состоящей из $N=54336$ — количество узлов и $E=12704$ — количество элементов (Рис. 3.1), требуется 600 Гб оперативной памяти. Для получения графика на Рис. 2.1 потребовалось 16 часов.

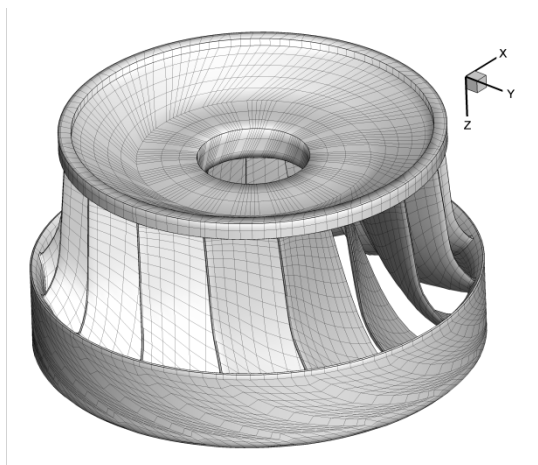


Рис. 3.1 Расчетная гранично-элементная сетка