

Методы и алгоритмы численного решения трехмерных задач «гидродинамика-упругость» в гидротурбостроении

АВТОРЫ: д.ф.-м.н. Чёрный С.Г., к.ф.-м.н. Чирков Д.В., Лютов А.Е., Крюков А.Е.

Методы позволяют определять нестационарное воздействие трёхмерного потока несжимаемой жидкости на конструкцию гидротурбины и возникающие в ней ответные реакции в смещениях и напряжениях (рис. 1). Нестационарное течение жидкости рассчитывается одновременно во всей проточной части гидротурбины. По нему на каждом шаге по времени находятся статические напряжения, набор которых даёт квазидинамику нагрузок в конструкции.

Для ускорения расчёта трёхмерного нестационарного течения жидкости, выделяются нестационарные особенности (рис. 2, 3), которые затем описываются наиболее адекватной, но максимально упрощённой моделью. Кроме того, оптимизирован процесс численного решения нестационарной задачи.

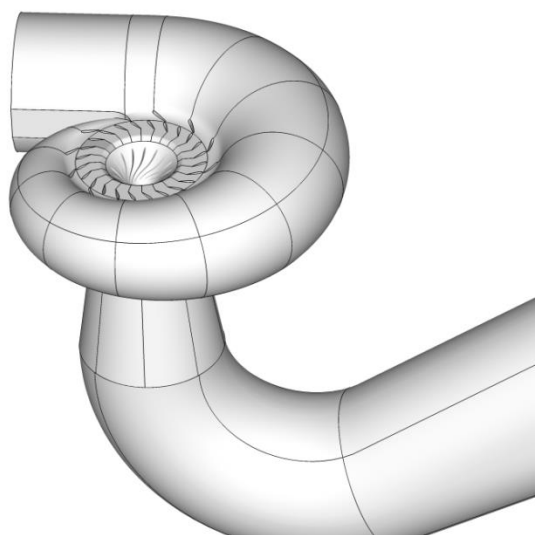


Рис. 1. Конструкция гидротурбины.

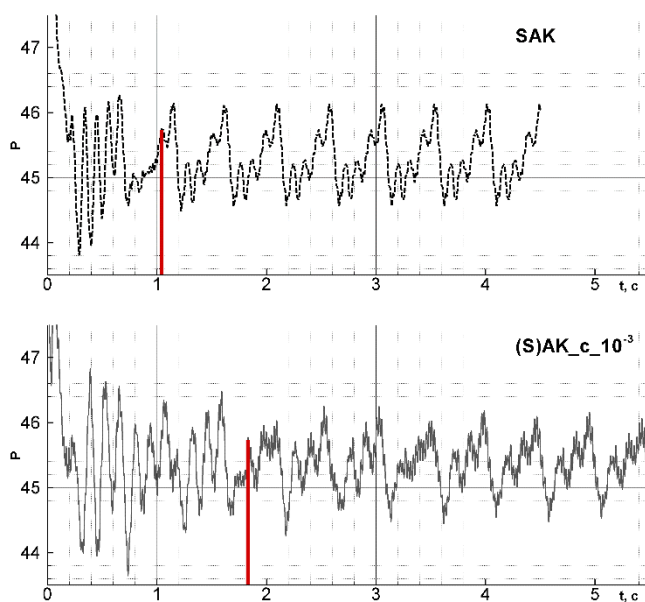


Рис. 2. Выход на периодический режим в модельном времени.
Исходный алгоритм (---);
оптимизированный алгоритм (—).

Для расчёта квази-динамического напряжённо-деформированного состояния модифицирован метод граничных элементов путем предварительной LU-факторизации матрицы СЛАУ, подлежащей непосредственному обращению, вместо итерационного метода обобщенных невязок. Поскольку геометрия рабочего колеса в процессе вычислений циклических нагрузок на него не изменяется, то затратная по вычислительным ресурсам LU факторизация выполняется один раз в самом начале цикла, а затем используется для экономичного решения СЛАУ в разные моменты времени.

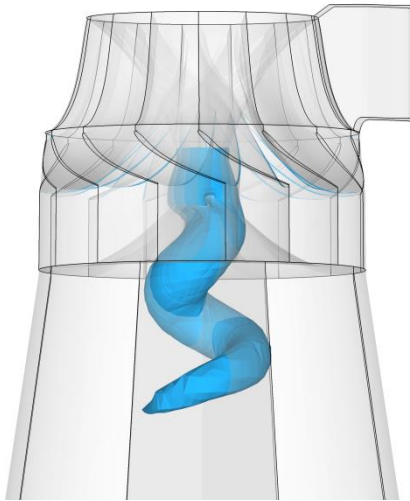


Рис. 2. Моделирование вихря в трубе.

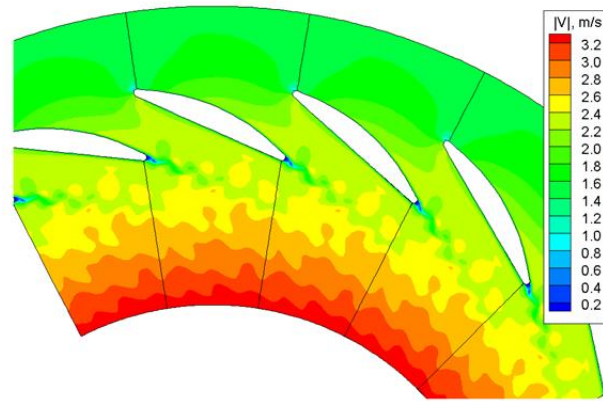


Рис. 3. Моделирование вихрей Кармана.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. Крюков А.Е. Численное решение сопряженных задач «гидродинамика-упругость» // Материалы 53-й международной научной студенческой конференции, 2015, С. 225.
2. Chirkov D., Cherny S., Scherbakov P., Zaharov A. Evaluation of range of stable operation of hydraulic turbine based on 1D-3D model of full load pulsations // Proceedings of 6th IAHR Working Group «Cavitation and dynamic problems», Ljubljana, Slovenia: Faculty of Technologies and Systems. 2015. P. 177–184.
3. Lyutov A.E., Chirkov D.V., Skorospelov V.A., Turuk P.A., Cherny S.G. Coupled Multipoint Shape Optimization of Runner and Draft Tube of Hydraulic Turbines // ASME Journal of Fluids Engineering, 2015, Vol. 137, No. 111302.