

Использование ANSYS CFX для расчета течения в смесительном резервуаре

Цель проведения расчетов - определить поля скоростей среды по объему резервуара, найти распределение давления на поверхности лопастей винта, оценить значение потребного крутящего момента на валу винта.

Резервуар представляет собой цилиндрический бак со сферическим днищем. Вдоль стенок резервуара, параллельно оси его симметрии располагаются 4 разделительные перегородки. Внутри резервуара размещен четырехлопастной винт, приводимый в движение валом, ось вращения которого совпадает с осью симметрии бака. Диаметр лопастного винта 1 м, диаметр резервуара 2.5м. Частота вращения вала 84 об/мин.

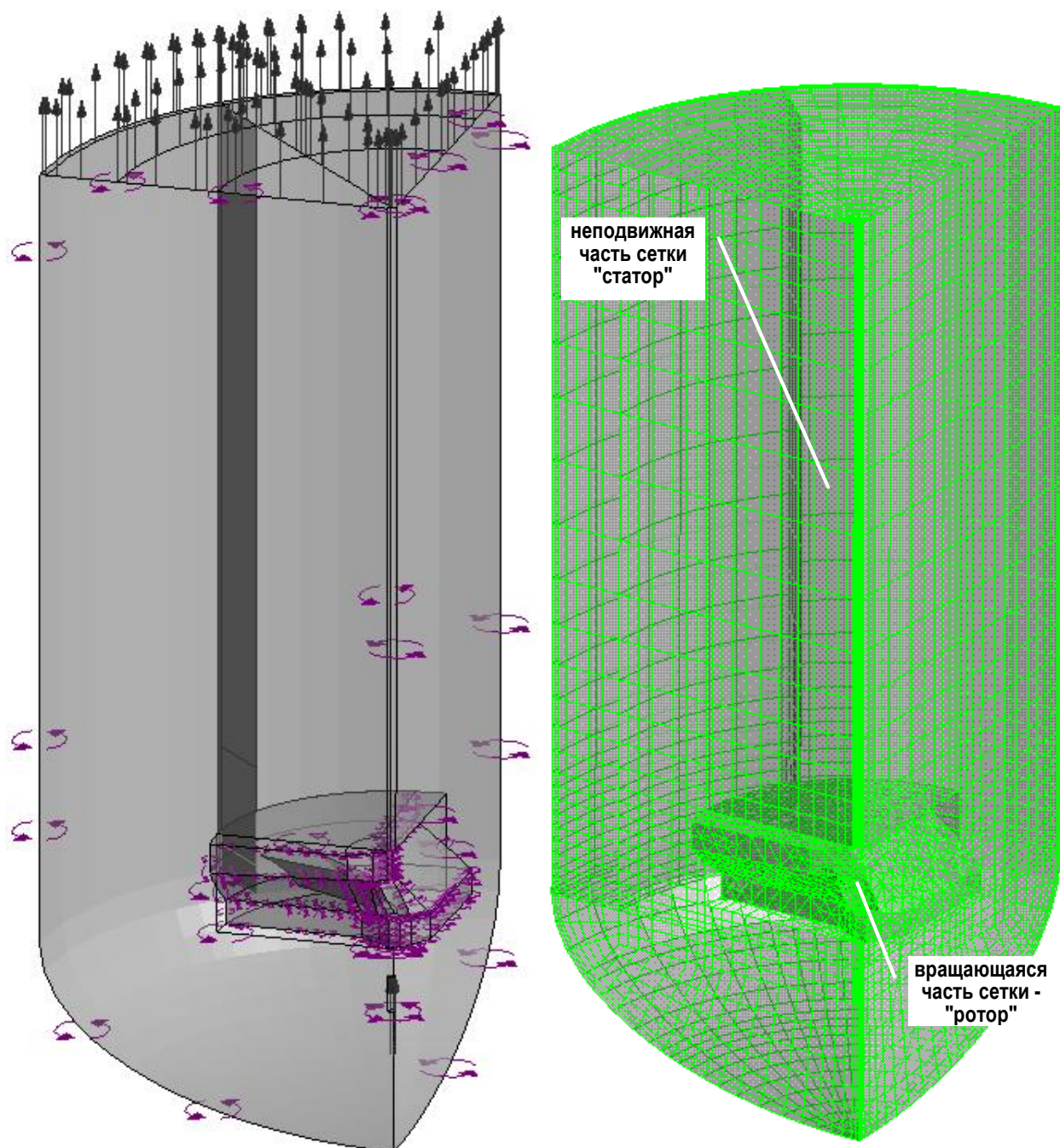


Рисунок 1 - Графическое представление расчетной модели течения в резервуаре.



Особенности расчетной модели

Для данной задачи удобно разделить расчетную область на две - область среды вокруг винта с подвижной системой координат (равномерное вращение относительно оси X) и остальную часть модели с неподвижными координатами. Передача расчетных данных от одной области к другой на поверхности их раздела осуществляется благодаря алгоритму GGI (основного сеточного интерфейса). Данный алгоритм выполняет интерполяцию для несовпадающих и скользящих относительно друг друга сеток.

Использование симметричности каждой из областей позволяет сократить объем вычислений. При моделировании рассматриваются только повторяющиеся части геометрии резервуара, а именно секторы в 90°. Корректность сокращенной таким образом модели обеспечивается заданием на плоскостях симметрии граничных условий периодичности (на рисунке показаны кольцевыми стрелками).

Лопастей винта и разделительные перегородки имеют сравнительно малую толщину, поэтому для облегчения построения сетки выполнены абсолютно тонкими. Технология "тонкой оболочки", реализованная в CFX, позволяет получать корректные результаты по обе стороны оболочки, в том случае когда она представлена поверхностью, а не телом.

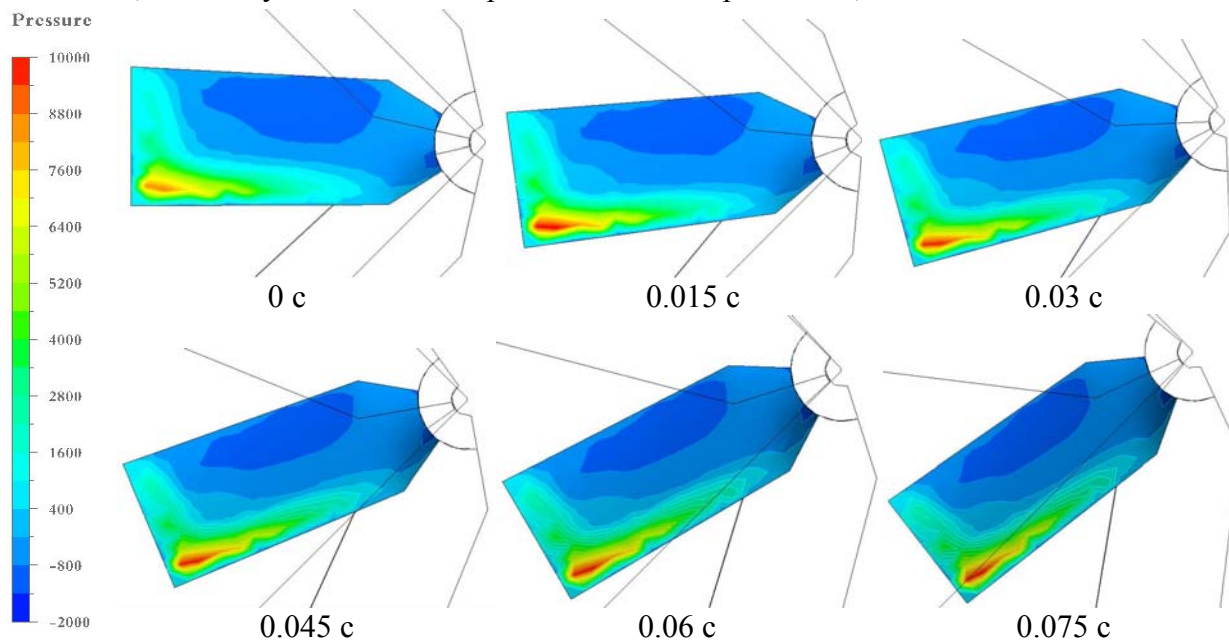


Рисунок 2 - Изменение во времени распределения давления по верхней поверхности лопасти (гидростатическое давление не учитывается)

Проведение расчета

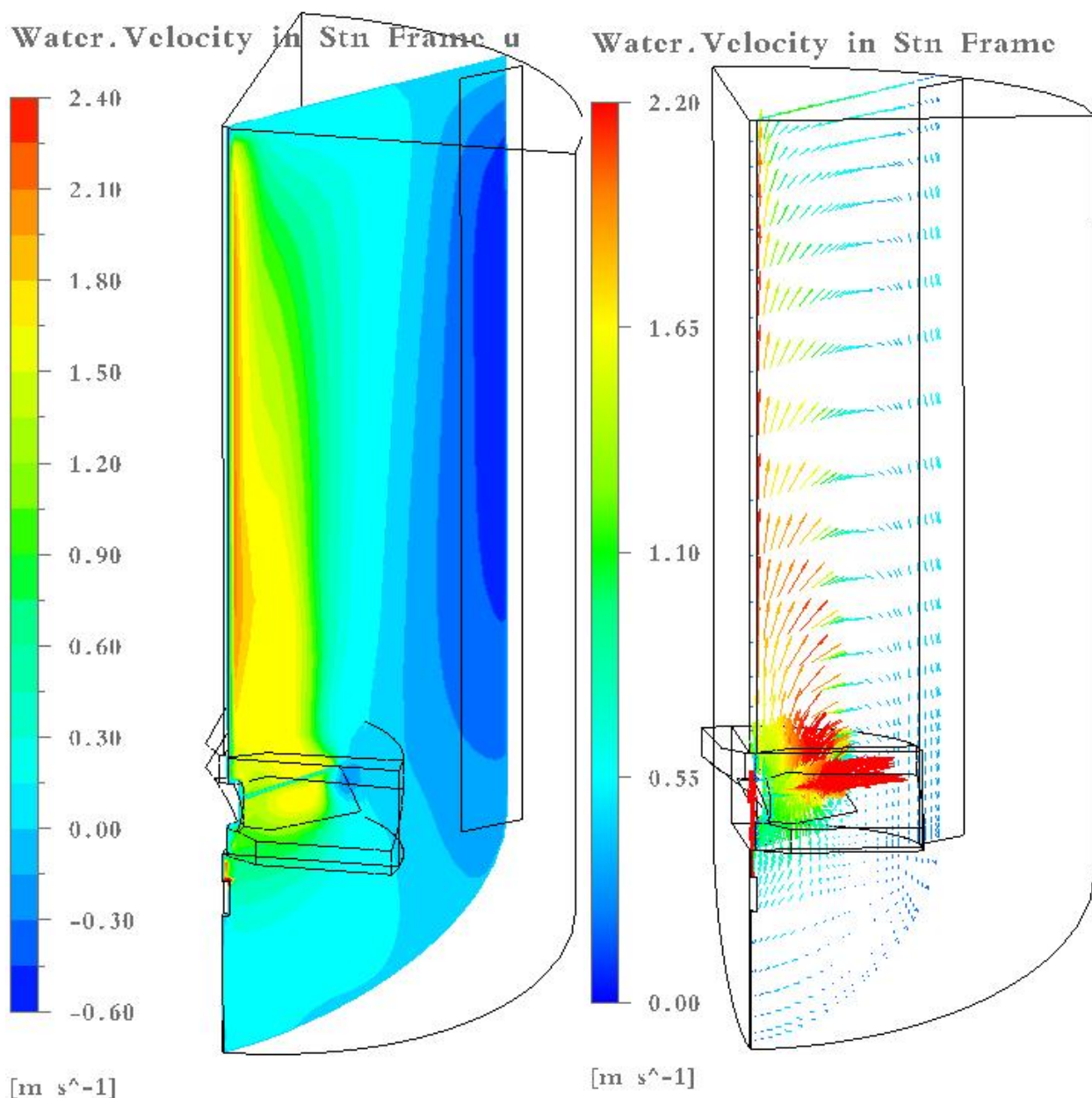
На первом этапе было выполнено стационарное решение методом фиксированного ротора (Frozen rotor). Это позволило без существенных затрат вычислительного времени провести предварительную оценку распределения давлений и скоростей по объему резервуара. Кроме того, полученные данные были использованы в качестве начальных условий для нестационарного расчета. Последний был выполнен в целях определения изменений движения текучей среды в зависимости от угла поворота лопастей относительно стенок резервуара.

Вычисления проводились на двухпроцессорной рабочей станции AMD Opteron Processor 254 2.81GHz, 8.00Gb RAM.



Расчет стационарного течения методом фиксированного ротора занял 70 минут машинного времени. После 100 итераций максимальная невязка не превышала 10^{-4} . Такая точность вполне приемлема для качественной оценки течения и использования рассчитанного массива значений в качестве начальных условий для расчета нестационарного течения.

Расчет нестационарного течения рассматривал временной диапазон в 0.21с (поворот винта на $\approx 106^\circ$). На данном интервале было выполнено 14 шагов во времени. До получения требовалось от 6 до 20 итераций на шаг. Невязка по большинству уравнений не превышала 10^{-5} . Машинное время расчета составило 167 минут.



а) График уровней вертикальной скорости
б) Векторный график
Рисунок 3 - Распределение скорости течения по плоскости, проходящей через ось симметрии бака

Результаты расчета

На рисунке 2 показано как изменяется распределение давления по одной из поверхностей лопасти винта. При использовании среды ANSYS Workbench можно удобно передавать



результаты гидродинамического расчета (поля давлений) в решатель Simulation, где полученные значения будут считываться как поверхностная нагрузка. Это позволяет провести корректный расчет прочности конструкции вала и лопастей винта.

На рисунках 3, 4 показано распределение скорости течения среды в плоскости, проходящей через ось симметрии резервуара. Графики представлены для двух направлений вращения винта. На рисунке 4б) показаны траектории и направления движения элементарных объемов жидкости.

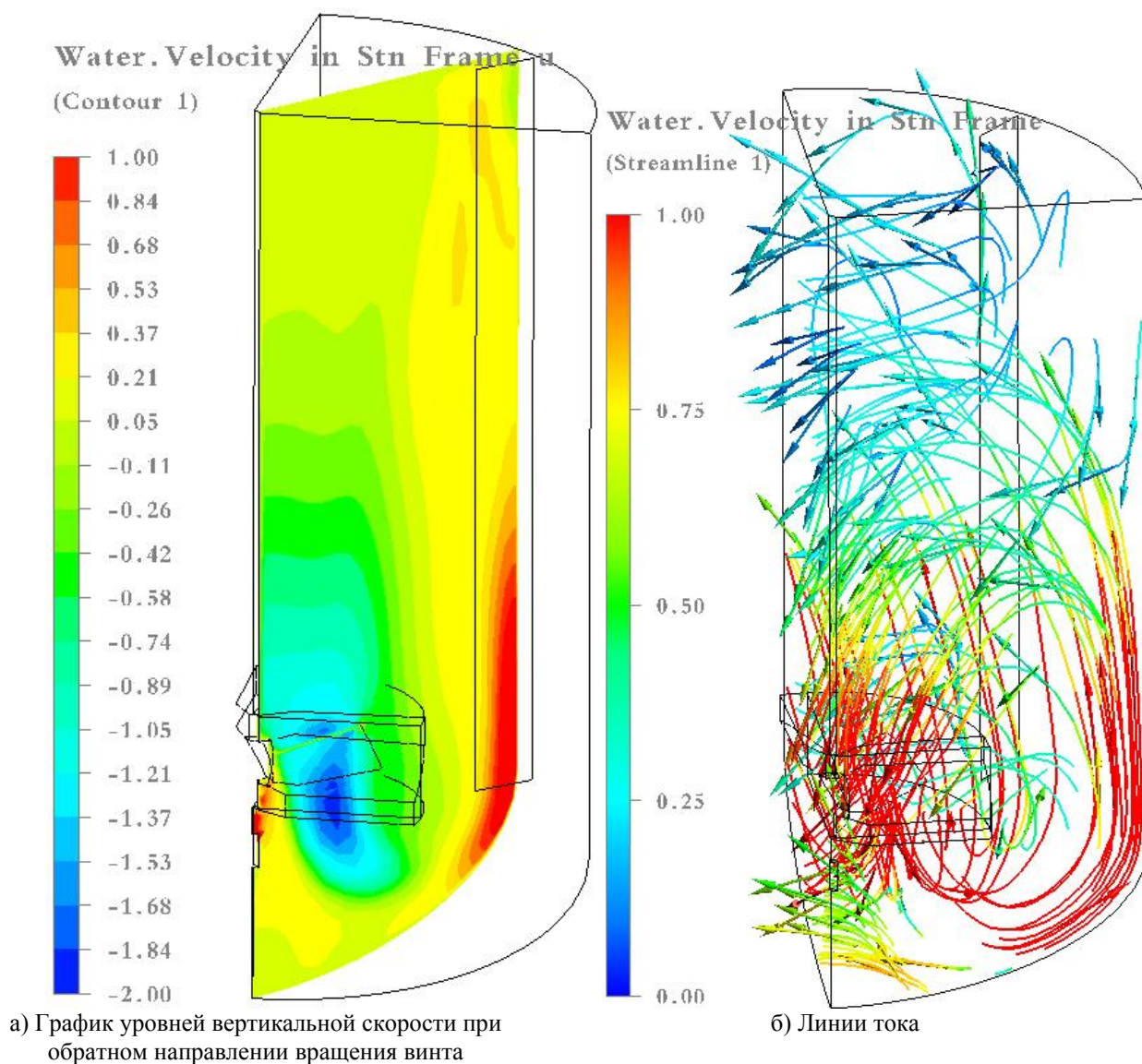


Рисунок 4 - Распределение скорости по высоте резервуара и линии тока среды

Расчет момента на валу винта

С помощью специального инструмента CFX (Function Calculator) был вычислен момент на валу винта. Для этого были найдены значения момента для двух поверхностей лопасти, и их сумма умножалась на количество лопастей. При вращении винта по часовой стрелке момент на валу составил 270 Н×м, при вращении против часовой стрелки - 280 Н×м.

