УДК 532.3

**Гидродинамика подводных объектов**

**Гутнев А.Р., Яковчук М.С.**

**Балтийский государственный технический университет имени Д.Ф. Устинова «Военмех»**

В настоящее время актуальна задача расчёта гидродинамических характеристик подводного аппарата, которая может быть решена с помощью моделирования движения подводного аппарата. В общем случае объект имеет 6 степеней свободы: поступательные перемещения и угловые. Неизвестными параметрами, необходимыми для определения гидродинамических характеристик и решения уравнений движения являются гидродинамические силы и моменты, действующие на объект со стороны потока. В настоящее время для их нахождения либо ставят эксперимент, либо используют средства вычислительной гидродинамики (CFD). В данной работе производится нестационарное прямое моделирование движения подводного аппарата с расчётом гидродинамических сил и моментов.

Основной целью данной работы является определение сил и моментов, действующих на подводный аппарат с учётом работы движителей путём численного моделирования в высокотехнологичных программных пакетах расчёта гидродинамики. Так же создание общей методики моделирования движения подводного аппарата.

В качестве модели было использовано тело, приближенное к геометрии торпеды (рис.1). Задача решалась в нестационарной постановке. Масса подводного аппарата – 100кг., основные моменты инерции: 0.25, 40, 40 относительно осей X, Y, Z соответственно. В начальный момент времени подводный аппарат неподвижен, скорость вращения винта - 20 рад/сек. Первые 8 сек. винт вращался, при этом подводный аппарат был зафиксирован. Задача решалась с помощью совместной работы уравнений Навье-Стокса, осреднённых по Рейнольдсу с подключаемой моделью турбулентности k-omega SST. Так же для получения параметров движения подводного аппарата было подключено средство пользовательского программирования, реализованного в виде макроса

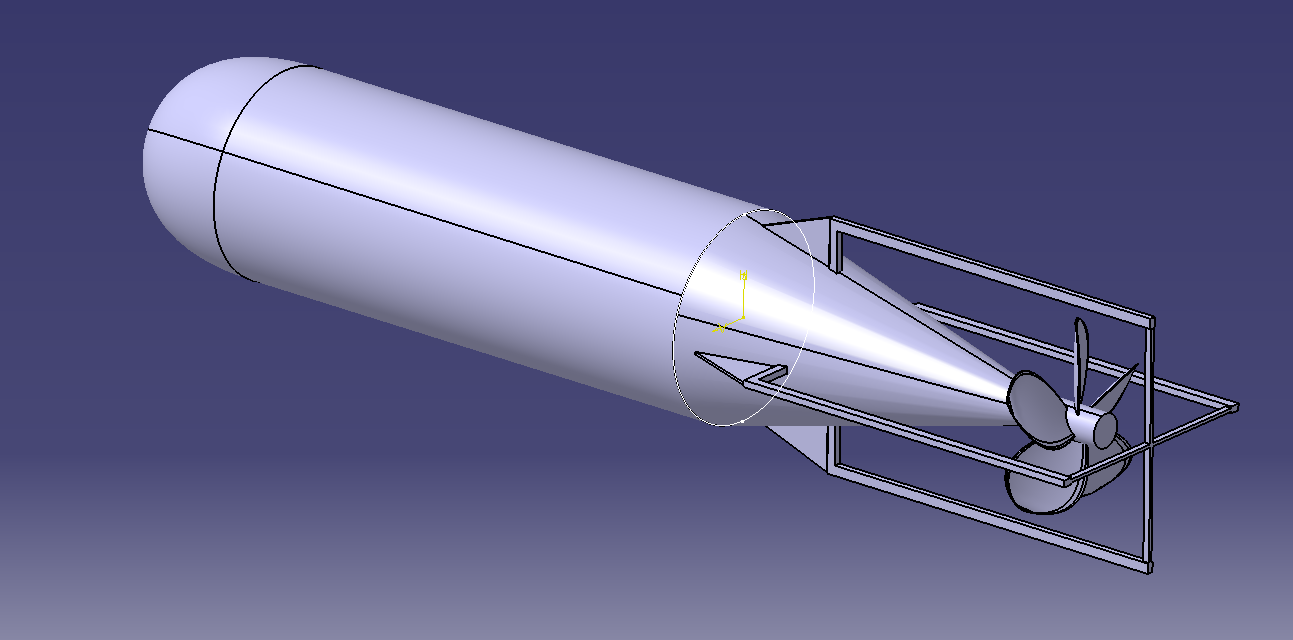


Рисунок 1

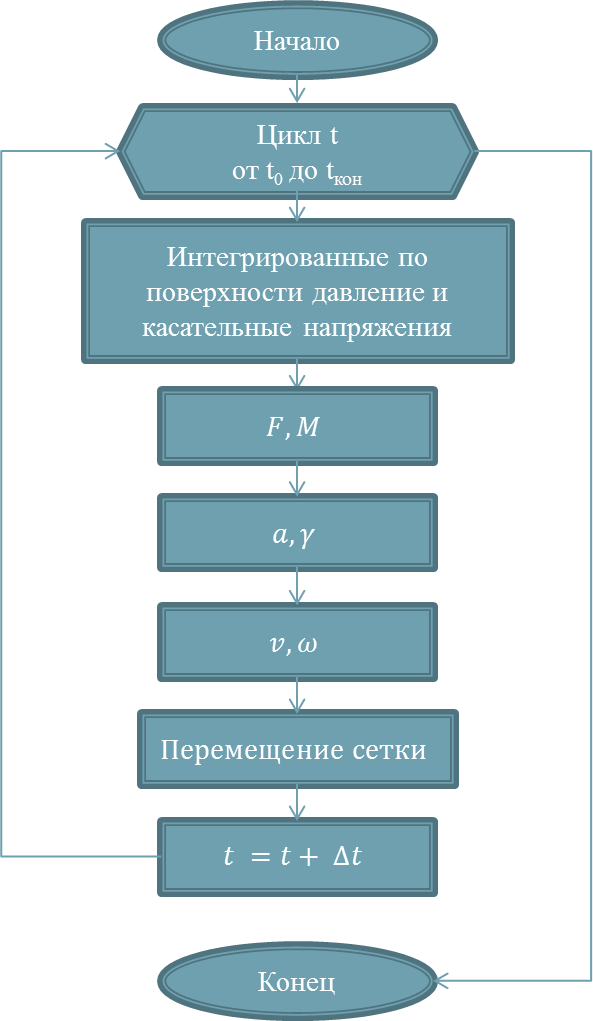
****

Рисунок 2

Суть макроса заключается в следующем (Рис.2): на каждом временном шаге решатель расчитывает силы и моменты, действующие на аппарат. Далее эти данные используются, как начальные условия для решения дифференциальных уравнений, описывающих движение подводного аппарата. В конце каждого временного шага с помощью стандартных операций скоростям подводного аппарата присваиваются значения, вычесленные с помощью дифференциальных уравнений. Перемещения и углы, на которые отклонился подводный аппарат вычисляются решателем.

Для решения была построена неструктурированная сетка объёмом приблизительно в 1 350 000 ячеек. К области с винтом было произведено сгущение сетки (Рис.3). Максимальный размер ячейки – 0,1 м., минимальный размер ячейки – 0,001 м.

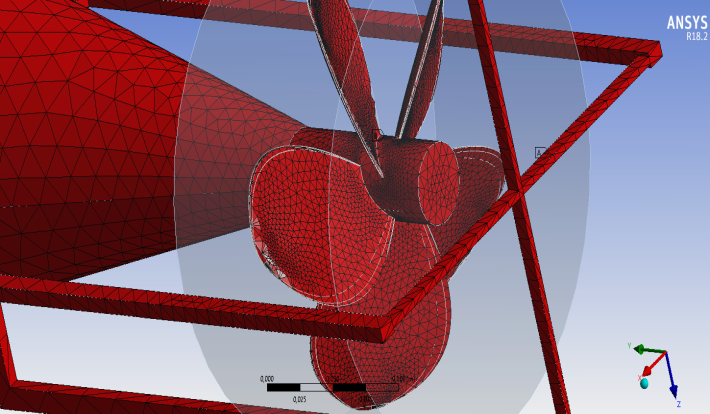
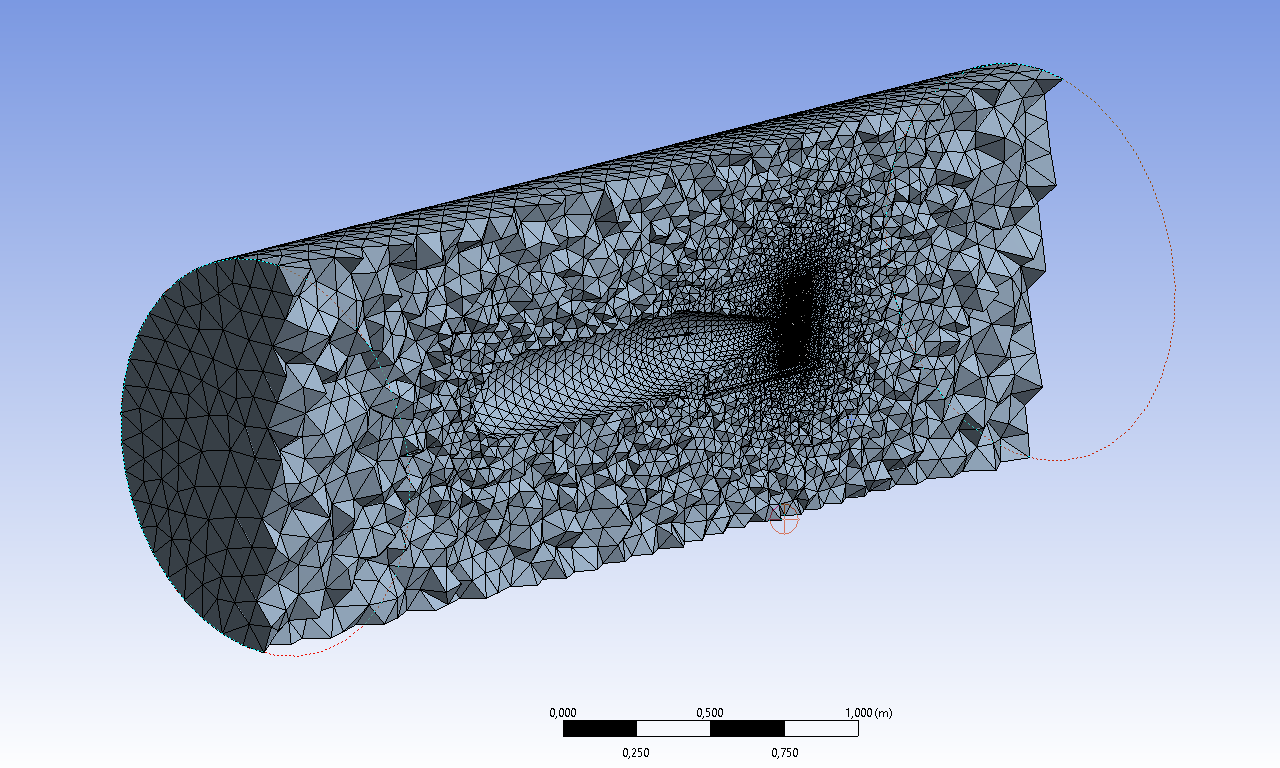


Рисунок 3

Условия на границе расчётной области – равенство нулю избыточного давления. Условия на стенке: прилипания и непротекания.

В итоге было смоделировано движение подводного аппарата за счёт сил и моментов, действующих на него. Результаты расчёта приведены на графиках (рис.4). Из графиков видно, что значение скорости со временем стремится к асимптоте. Это связано увеличением силы сопротивления со стороны потока с увеличением скорости движения подводного аппарата. В итоге за 6.6 секунд движения объект переместился на 5.24 метра и развил скорость 1.37 М/сек.

Рисунок 4

Таким образом, методика расчёта гидродинамики и моделирования движения подводного аппарата показала свою работоспособность. В дальнейшем возможно будет задавать более сложные условия для движения подводного аппарата, например, движение с работающей системой управления или добавление случайных возмущений со стороны потока в виде подводных течений или следа от другого движущегося подводного объекта.