

Краткое изложение заявки

Одной из актуальных задач современной робототехники является разработка безвинтовых мобильных устройств. Такие аппараты могут развивать тяговую силу за счет перюдического изменения положения центра масс. Указанный способ развития тяговой силы был предложен В.Н. Толчиным в 1936 г., а созданная им модель названа инерциоидом. Инерционный способ перемещения может быть применен к плавающим устройствам. Теоретическими исследованиями и разработкой математических моделей в этой области занимались академик РАН В.В. Козлов, академик РАН Ф.Л. Черноусько, доктора С.М. Рамоданов, С.Ф. Яцун, В.А. Тененев, а также зарубежные исследователи S. Childress, S.E. Spagnolie, T. Tokieda, I.C. Rust, H.H. Asada.

В 2011 г. совместно с В.А. Теневым был предложен алгоритм расчета управления плавающим инерционным устройством, основанный на обработке по технологии Data Mining зависимостей сил сопротивления, возникающих при типовых движения инерциоида. В 2012 г. совместно В.А. Теневым и И.С. Мамаевым была сформулирована математическая модель пространственного движения инерционного устройства в вязкой жидкости, включающая в себя уравнения Кирхгофа и Навье-Стокса. Для реализации математической модели был разработан явный алгоритм совместного решения уравнений Кирхгофа и Навье-Стокса на базе пакета OpenFOAM. Проведенные численные расчеты для сферического и каплеобразного устройств показали влияние вязких эффектов на движение. В частности при асимметричных колебаниях положения центра масс удается добиться направленного перемещения с ненулевой в среднем скоростью. Аналогичный результат не возможно получить для постановки идеальной жидкости из-за парадокса Даламбера.

Применение разработанных алгоритмов к исследованию трехмерных движений тел сложной формы существенно ограничено с одной стороны требованиями к скорости вычислений, с другой численной неустойчивостью алгоритма при высоких скоростях движения. Проблему скорости вычислений не возможно решить с использованием пакета OpenFOAM из-за низкой масштабируемости самого пакета на многопроцессорных системах. Здесь требуется разработка полностью своих собственных программных средств. Проблему численной устойчивости возможно решить, применяя полностью неявное связывание уравнений Кирхгофа и Навье-Стокса. Помимо названных первостепенных задач представляет интерес подробная верификация и определение границ применимости математической модели процесса движения инерциоида в жидкости, разработка алгоритмов расчета движения по свободной поверхности на основе произвольных Лагранжево-Эйлеровы методов (ALE) и методов гидродинамики сглаженных частиц (SPH), разработка алгоритмов на неструктурированных сетках для расчета движения тел сложной формы.