

УДК 533.6.011.34

Исследование процесса углового ускорения свободновращающегося тела в потоке

Слободянюк Дмитрий Михайлович^{1,2}

dmitriy.slobodyanyuk@rsce.ru

Афонин Сергей Иванович^{1(*)}

sergey.afonin2@rsce.ru

¹ ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Московская обл., Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена исследованию углового движения тел в дозвуковом набегающем потоке. В работе проведено численное моделирование в программном пакете ЛОГОС с использованием метода сеточных моделей «Химера». Применен метод дихотомии для анализа углового движения тел. По результатам работы определена скорость авторотации исследуемых тел.

Ключевые слова: авторотация, устойчивое вращение, метод «Химера», аэродинамика с подвижными телами, ЛОГОС, вращение в потоке

Введение. На этапе атмосферного участка полета возвращаемого аппарата (ВА) космического корабля производится отделение различных конструктивных элементов с последующим вводом парашютной системы [1]. Результат отделения конструктивных элементов влияет на безопасность мягкой посадки. Данные элементы отделяются с заданной угловой скоростью и после отделения могут вращаться, продолжать автоколебания, либо демпфировать угловые колебания. В работе исследуется процесс раскрутки отделяемых элементов ВА до режима авторотации по каналу тангажа в набегающем потоке. Целью данной работы является определение установившейся угловой скорости авторотации объекта в дозвуковом набегающем потоке.

Методы и материалы; результаты. Исследования проводились с использованием численного подхода с последующим сравнительным анализом с экспериментальными результатами. Расчеты проведены в программном комплексе ЛОГОС с использованием сеточных моделей типа «Химера» [2]. Численное моделирование задач аэродинамики с подвижными телами имеют высокие требования к вычислительным ресурсам. Для оптимизации расчетов при решении задачи нахождения установившейся угловой скорости свободного вращения была применена автоматизация управления численных расчетов. Метод сеточных моделей «Химера» показал устойчивое решение аэродинамической задачи с подвижным объектом относительно оси вращения при неподвижном центре масс. Расчеты проводились с варьированием начальной угловой скорости от 0 рад/с до 1000 рад/с и направления вращения.

В ходе исследования установлено, что при начальной ориентации близкой к балансировочному углу атаки и начальной угловой скорости $\omega = 0$ рад/с объект остается в потоке на балансировочном угле атаки. При заданной начальной угловой скорости происходит периодическое угловое ускорение

объекта исследования до достижения стационарной угловой скорости вращения. Данное устойчивое вращение выявлено в результате эксперимента (рис. 1) в дозвуковой аэродинамической трубе при закреплении модели на струнном подвесе [3] и в результате численного моделирования. Также выявлена зависимость установившейся угловой скорости вращения изучаемого отделяемого элемента ВА в воздушном потоке от скорости набегающего потока (рис. 2).

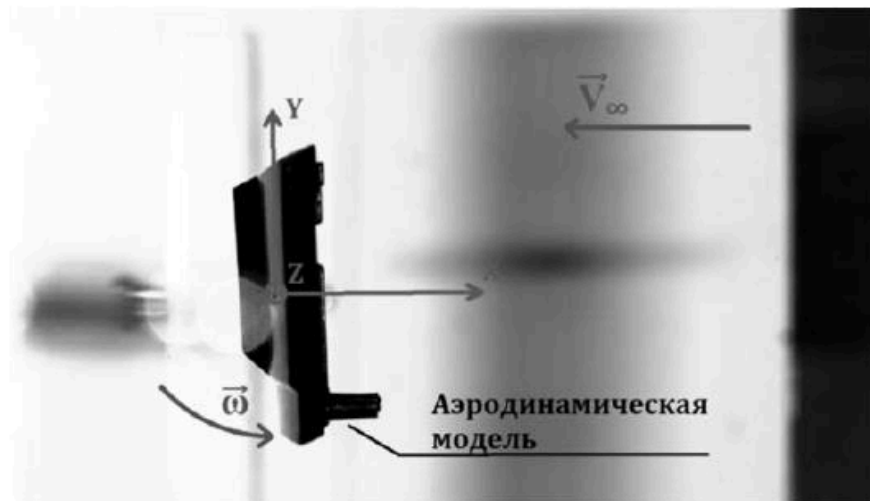


Рис. 1. Расположение аэродинамической модели в АДТ-500

Заключение. Результаты численного моделирования показали возможность применения метод сеточных моделей «Химера» для решения задач вращения с высокой угловой скоростью и определения режима авторотации для исследуемых тел. Результаты, полученные в работе, могут быть применены при моделировании задач отделения элементов ВА.

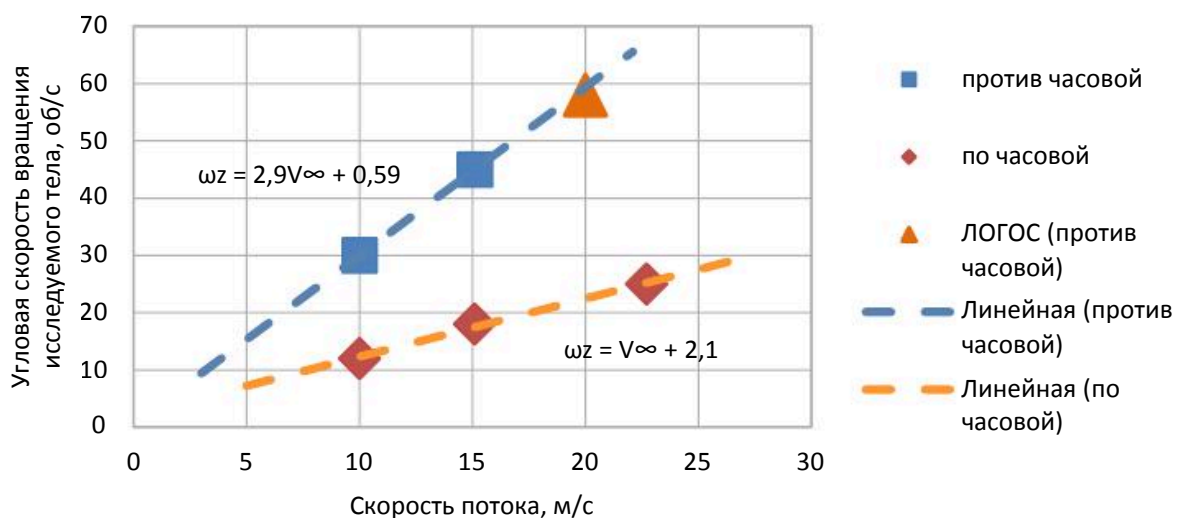


Рис. 2. График зависимости стационарной угловой скорости от скорости набегающего потока

Список источников

- [1] Калугин В.Т., Луценко А.Ю., Назарова Д.К., Слободянюк Д.М. Особенности обтекания крышки люка парашютного контейнера при ее отделении от возвращаемого аппарата. *Фундаментальные и прикладные задачи механики. Междунар. науч. конф.: матер.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022, с. 9–11.
- [2] Дерюгин Ю.Н. и др. Технология решения задач на сетках типа «ХИМЕРА» в пакете программ ЛОГОС. *Супервычисления и математическое моделирование. XV Междунар. конф.: тез.* Саров, ИПК ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2024, с. 59–60.
- [3] Сарычев В.А., Мирер С.А. *Авторотационное движение твердого тела на струнном подвесе. Перманентные вращения. Препринт.* Москва, ИПМ, 1989, № 127.