

Гумеров А.В., Клементьев В.А.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВОЗВРАЩАЕМОЙ КАПСУЛЫ «NUTSHELL»

В настоящее время проводятся работы по проекту Европейского космического агентства (ЕКА) «YES2». Самарский государственный аэрокосмический университет (СГАУ) совместно с ЕКА проектируют спутник для отработки новой методики применения тросовой системы.

Возможен случай, что после санкционированного обрыва троса спускаемая капсула приобретет некоторую угловую скорость. Появление угловой скорости может быть вызвано рядом причин, в том числе и от струйных течений на больших высотах. Как показали предварительные эксперименты в аэродинамической трубе АДТ-1 СГАУ, при критической начальной угловой скорости фокрит относительно оси подъемной силы модель начинает вращаться. При меньшей угловой скорости вращение модели демпфируется воздушным потоком.

Целью данной работы является экспериментальное определение значения критической угловой скорости модели «NUTSHELL». Следует заметить, что при известной центровке в стационарном положении центра давления поведение угловой скорости несложно было бы определить и расчетным путем. Однако, положение центра давления аппарата, вращающегося с угловой скоростью, не остается постоянным.

Оссимметричная модель спускаемой капсулы «NUTSHELL» представляет собой комбинацию полусферы и эллипса, причем малая ось эллипса равнялась радиусу полусферы. Модель была изготовлена из стеклопластика и имела диаметр полусферы 0,18 м.

Основными элементами системы подвески модели в АДТ-1 СГАУ является вертикальный стержень с верхним и нижним узлом (рис. 1). Верхний узел подвески состоит из диска, который подвешен крестообразно натянутыми в горизонтальной плоскости четырьмя стальными кордами. В центр диска запрессован подшипник, обеспечивающий свободное вращение находящегося в нем стержня. Нижний узел состоит из прямоугольной пластины, которая также поддерживается четырьмя аналогично натянутыми стальными кордами. Данная система имеет одну степень свободы, когда вертикальные перемещения стержня блокируются. Модель приводилась во вращение с помощью электромотора постоянного тока через

фрикционную передачу. Наличие стабилизированного блока питания позволяет управлять ее оборотами. Обороты стержня с моделью фиксировались механическим датчиком.

Эксперименты проводились при скоростях потока: 11,5 м/с, 17,2 м/с, 31,8 м/с и при различных начальных угловых скоростях вращения модели относительно оси  $Oy_a$ . Каждый эксперимент повторялся не менее трех раз. Были испытаны две модели с разными моментами инерции:  $J_{y_a} = 4,096 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup> и  $J_{y_a} = 4,473 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup>. Задаваясь рядом значений напряжения питания, модель раскручивалась до включения АДТ-1. Затем АДТ-1 включалась, а фрикционная передача выключалась. Если модель демпфировалась в потоке, то в следующем эксперименте обороты увеличивались до достижения устойчивого вращения модели в потоке.

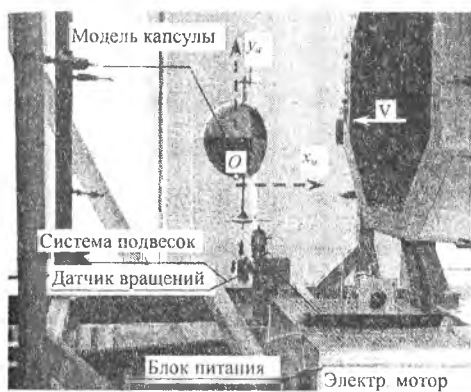


Рисунок 1 – Экспериментальная установка «NUTSHELL» в рабочей части АДТ-1 САУ

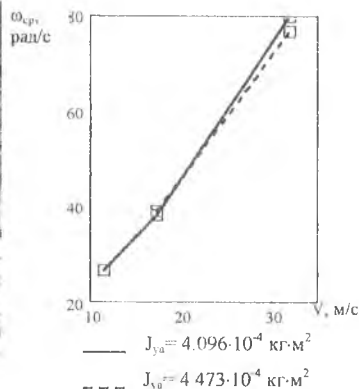


Рисунок 2 – Зависимость осредненной угловой скорости от скорости набегающего потока

Эксперименты показали, что на модели с моментом инерции  $J_{y_a} = 4,096 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup> при скоростях потока критическая угловая скорость остается одинаковой, равной 15,6 рад/с. При этой  $\omega_{крит}$  угловое ускорение последующего вращения капсулы зависит от скорости набегающего потока. На рисунке 2 приведена зависимость осредненных значений  $\omega_{ср}$  за время  $\approx 10$  с от скорости набегающего потока. Отчет времени проводился с момента начала ускоренного вращения.

Угловая скорость модели с большим моментом инерции  $J_{y_a} = 4,473 \cdot 10^{-4}$  кг·м<sup>2</sup> при скорости потока 11,5 м/с демпфировалась при любых начальных  $\omega_0$ . Наблюдаемое время демпфирования было тем больше, чем больше  $\omega_0$ , и не превышала 40 с. При скорости 17,2 м/с критическая скорость  $\omega_{крит}$  составляла 13,2 рад/с. Значение осредненной угловой скорости

оставалось практически таким же, как для модели с меньшим моментом инерции (рис.2). Для скорости потока 31,8 м/с критическая угловая скорость вращения  $\omega_{\text{кри}}=15,6$  рад/с.

Таким образом, эксперименты на моделях с разными моментами инерции показали, что при скорости потока 31,8 м/с критическая угловая скорость не превышает 15,6 рад/с.