

Клементьев В.А., Ляскин А.С., Миронов М.В., Щербо Д.В., Чикурин А.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИКИ СПУСКАЕМЫХ КАПСУЛ ПРОЕКТА YES2

Проектирование спускаемых капсул (СК) в рамках международного проекта YES2 потребовало проведения исследований их различных аэродинамических схем. Были изготовлены и исследованы модели СК «сфера», «полусфера», «Nutshell».

Кроме весовых испытаний на шестикомпонентных весах в аэродинамической трубе (АДТ), на динамической установке проводились эксперименты с целью определения характеристик аэродинамического демпфирования. Были также проведены сбросы моделей СК с самолета, мотоделтаплана и наземной сбросовой установки.

Было проведено два сброса модели СК «полусфера» (диаметр 320 мм, масса 1 кг и центровка $\bar{X} = 0,5R$) с мотоделтаплана. Высота сброса в первом опыте 300 м, а во втором 500 м. В первом случае наблюдалось устойчивое падение, во втором имело место вращение относительно поперечной оси. Различие в поведении модели при падении может быть обусловлено разницей в первоначальной ориентации и возмущениями при отделении капсулы от мотоделтаплана. Аналогичное поведение полусферы наблюдалось и в АДТ.

Отличие от сброса с самолета сброс с мотоделтаплана обеспечивает уменьшение горизонтальной составляющей скорости движения модели в момент отделения, что позволяет получить вертикальную траекторию падения на участке достижения конечной скорости.

Испытания «Nutshell» не проводились, т.к. эксперименты в аэродинамической трубе Т-1 СГАУ показали склонность данной компоновки к авторотации.

На сбросовой установке (рис. 1) проводились фото- и видеосъемки падения динамически подобных моделей СК. Сбросовая установка представляла собой устройство синхронизированного сброса модели капсулы и скользящей по направляющей миниатюрной цифровой видеокамерой с аэродинамическим тормозом. С помощью этой видеокамеры осуществлялось смещение за боковым смещением во время свободного падения. Позиции на рисунке 2: 1 – видеокамеры; 2 – модель; 3 – устройство синхронного сброса; 4 – направляющие лесы; 5 – аэродинамический тормоз для выравнивания скорости падения модели и камеры.

Сбросовые испытания с высоты $H = 15,6$ м показали S-образный характер траектории движения СК типа «сфера», что предположительно обусловлено возникновением нестационарных течений.

нарной боковой силы при колебательном движении с большими углами атаки. Эксперименты в АДГ на специальной подвеске, обеспечивающей две степени свободы, подтвердили возникновение у этой СК нестационарной боковой силы при колебательном движении. Ранее такое движение отмечалось американскими исследователями в экспериментах с падающей сферой в гидротрубе.

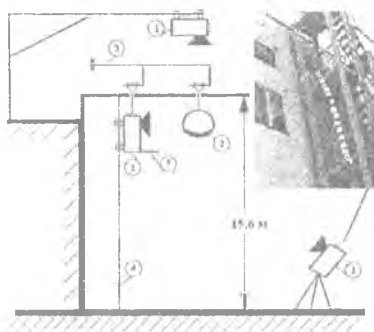


Рисунок 1 -- Схема экспериментальной установки по сбросу модели капсулы

При изучении колебаний моделей с одной степенью свободы применялась известная методика обработки осциллограмм [1]. Запись колебаний осуществлялась на поверхность полированного цилиндра, соединенного с осью модели (рис. 2). Поверхность цилиндра предварительно покрывалась свечной сажей. С помощью электромеханического самописца на поверхности цилиндра записывались колебания, которые затем переносились на бумагу, сканировались и обрабатывались в электронном виде.

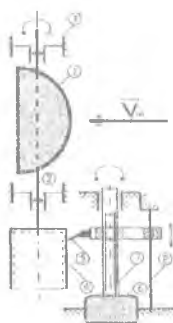


Рисунок 2 -- Схема устройства, записывающего колебания модели

На рисунке 2 обозначены: 1 -- модель СК; 2 -- ось модели; 3 -- узлы системы подвески; 4 -- цилиндр; 5 -- перо; 6 -- электромотор; 7 -- микрометрический винт; 8 -- направляющая.

Пример записанных колебаний модели полусферы диаметром 150 мм представлен на рисунке 3.

Случай (а): центровка $X_T = 0,5 R$; угол сброса 90° ; скорость потока 12,8 м/с; масса модели 0,221 кг; момент инерции $2,35 \cdot 10^{-4}$ кг*м².

Случай (б): изменена скорость потока – 32 м/с.

Случай (в): центровка $X_T = 0,35 R$; угол сброса 90° ; скорость потока $V = 32$ м/с; масса модели $m = 0,249$ кг; момент инерции $J = 3,7 \cdot 10^{-4}$ кг*м².

С целью автоматизации проведения экспериментов применялась система записи колебаний, использующая лазерные оптопары, которые применяются в оптическом компьютерном манипуляторе. Запись показана на рисунке 3г.

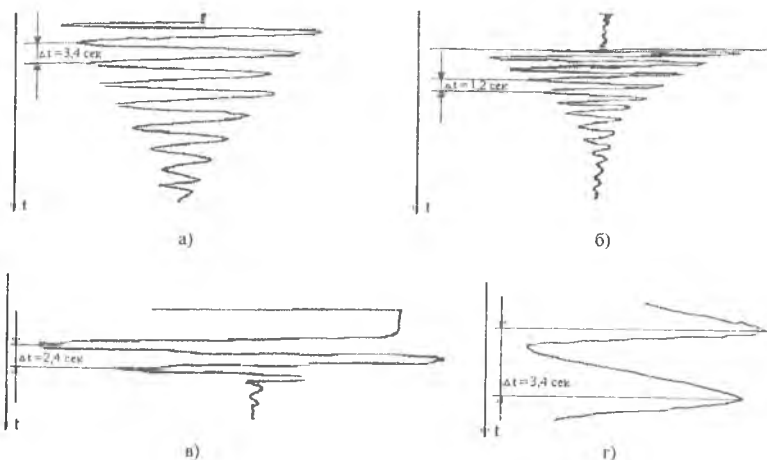


Рисунок 3 – Осциллограммы колебаний

Проведенные исследования выявили, что компоновкой, не имеющей тенденции к возникновению самопроизвольного вращения относительно центра масс, является СК типа «сфера» с центровкой $X_T = 0,2 \dots 0,5R$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Мартынов А.К., Горшенин Д.С. Руководство к практическим занятиям в аэродинамической лаборатории. – М.: Машиностроение, 1967.