

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

И. А. Маркелов

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
iam14@tpu.ru

Введение

В процессе разработки и создания космических аппаратов (КА) большое внимание уделяется проведению наземных испытаний отдельных его узлов, в том числе и трансформируемых изделий (крылья солнечных батарей, антенны, рефлекторы, манипуляторы). Эти испытания позволяют проверять работоспособность устройств и узлов в условиях открытого космоса, а также выявлять дефекты, которые можно устранить в процессе создания КА и которые могут привести к неверной работе КА на орбите или полной его потере.

Одной из проблем, возникающих в процессе проектирования стендов для испытаний, является имитация невесомости. Поэтому целью данной работы является рассмотрение и предложение варианта стенда обезвешивания крыла солнечной батареи.

Влияние веса конструкции

Наземные условия, прежде всего, влияние веса конструкции, способны кардинальным образом изменить точностные и динамические характеристики механизмов развёртывания панелей солнечных батарей. Это выражается в появлении в шарнирах и приводах раскрытия дополнительного трения и, соответственно, дополнительных моментов. Также собственный вес конструкции крыла приводит к появлению в нём и в механизме развёртывания деформаций, которые могут привести к поломкам.

Такого рода факторы могут кардинально изменить ход и результаты испытаний, проводимых в наземных условиях. В таком случае представляется невозможным оценить работоспособность приводов раскрытия и их динамические и точностные характеристики, поскольку условия работы КА далеки от земных.

Виды стендов обезвешивания

С точки зрения создания сил обезвешивания и учёта влияния инерционности механизмов обезвешивания на динамику развёртывания конструкции стенды делятся на пассивные, активные и активно-пассивные.

В стендах с пассивным обезвешиванием перемещение элементов стенда (кары, штанги) происходит за счёт сил и моментов, генерируемых внутри испытуемой конструкции. Для обезвешивания используются только лишь механические элементы – противовесы, пружины и т. п. Такого рода системы могут использоваться в

тех случаях, когда кинематическая схема испытуемой конструкции не является сложной и не требуется относительно высокая точность исследований. Это обуславливается тем, что системе развёртывания приходится вместе с испытуемой конструкцией передвигать элементы системы обезвешивания, что приводит к появлению сил и моментов сопротивления, имеющих место в механизмах обезвешивания. Отчасти снижение влияния этих факторов можно связать с повышением качества элементов системы обезвешивания.

В стендах с активным обезвешиванием все движения элементов стенда осуществляются за счёт внешних источников сил и моментов. Это позволяет отделить движение исследуемой конструкции от движения элементов системы обезвешивания. В таком случае компенсация веса крыла солнечной батареи и перемещение элементов системы обезвешивания происходит при помощи использования электропривода. Такие стенды обеспечивают более высокую точность имитации невесомости при наземных условиях и позволяют исследовать механизмы с более сложной кинематической схемой.

В случае, если для обеспечения необходимой динамики раскрытия обезвешиваемой конструкции используются внешние источники сил и моментов, а для создания сил обезвешивания – пассивные устройства (пружины, противовесы и т. п.), то такая система называется активно-пассивной или комбинированной.

Активная система обезвешивания

Выбор активной системы обезвешивания основывается на том, что большинство современных КА имеют крылья солнечных батарей с достаточно разнообразными и сложными кинематическими схемами. На рисунке 1 изображены космические аппараты с различным исполнением крыльев солнечных батарей. [3]



Рисунок 1 - Космические аппараты с различным исполнением крыльев солнечных батарей

Для испытаний конструкций таких типов

необходима повышенная точность и как можно меньшее влияние элементов системы обезвешивания на динамику процесса раскрытия в процессе испытания. Из всего выше сказанного следует, что только стенд с активным обезвешиванием может дать необходимые точностные и динамические характеристики.

Схема стенда активного обезвешивания представлен на рисунке 2.

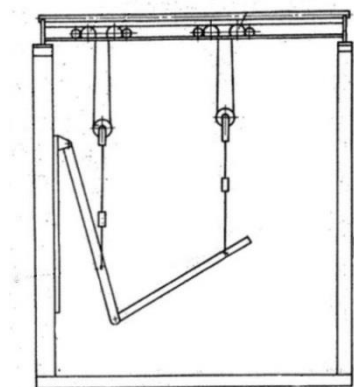


Рис. 2. Схема стенда обезвешивания

В верхней части стенда по направляющим перемещаются каретки, на которых закреплены тросы. Число кареток обезвешивания зависит от количества панелей, входящих в состав крыла СБ. Каретка имеет два привода: продольного и вертикального перемещения. Первый привод предназначен для перемещения каретки, что помогает уменьшить влияние стенда на динамику и точность раскрытия крыла; второй привод предназначен для создания обезвешивающей силы, что достигается путём натяжения троса. [4]

Для регулировки скорости движения кареток и силы натяжения троса необходимо использовать датчики. Для этого необходимо использовать датчики силы и угла. Датчик угла необходим для отслеживания углового отклонения троса от строго вертикального положения. Отклонение троса от вертикали может свидетельствовать о том, что каретка движется слишком быстро или слишком медленно относительно обезвешиваемой панели, что в свою очередь может создать дополнительную нагрузку на конструкцию крыла. Датчик силы необходим для контроля обезвешивающей силы, приложенной к панели СБ. Альтернативой двум отдельным датчикам может являться использование специализированного датчика

вектора сил, который совмещает в себе датчик силы и углового перемещения. Данные с датчиков поступают на контроллеры, которые управляют электроприводами продольного и вертикального перемещений. При этом требования к датчикам, контроллерам и электроприводам должны быть достаточно высокими, поскольку требуется высокая точность имитации невесомости. В таком случае могут разрабатываться специализированные компоненты системы либо использоваться уже готовые, но дорогостоящие решения.

Заключение

В результате проведённых исследований были сделаны следующие выводы:

1. Активная система обезвешивания является лучшим выбором, поскольку она позволяет обеспечить высокие показатели точности. Также такого рода стенд позволяет проводить испытания крыльев СБ различной конструкции, в независимости от их сложности.
2. В то же самое время к стенду с активным обезвешиванием предъявляются значительно более высокие требования по точности и динамике, нежели чем с стендами с пассивным обезвешиванием. Это приводит к усложнению конструкции стенда и системы управления, что, в свою очередь, влечёт повышенные материальные и временные затраты при проектировании и создании стенда.

Список использованных источников

1. Технология сборки и испытаний космических аппаратов: Учебник для высших технических учебных заведений. И. Т. Беляков, И. А. Зернов и др. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Динамика разделения ступеней летательных аппаратов. Колесников К. С., Козлов В. И., Кокушкин В. В. М.: Машиностроение, 1977.
3. Космические аппараты АО "ИСС" имени академика М. Ф. Решетнёва. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/spacecraft/> (Дата обращения 15.10.2015).
4. Стенд для моделирования невесомости двухзвенных механизмов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://patents.su/4-555314-stend-dlya-modelirovaniya-nevesomosti-dvukhzvennykh-mekhanizmov.html> (Дата обращения 15.10.2015).