

Петровичев М.А., Пупков Е.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРОСОВЫХ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ УСКОРЕНИЙ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В связи с необходимостью проведения на борту космического аппарата (КА) экспериментальных исследований в условиях невесомости требуются достаточно жесткие ограничения на общий уровень вибрационных ускорений в месте установки полезного груза. Для снижения влияния источников вибраций используются различные виброзащитные системы.

Сложность активных виброзащитных систем, их стоимость и большие габариты приводят к выводу об ограниченности использования данного типа виброзащитных систем на борту КА. Использование же пассивных линейных виброзащитных систем, несмотря на их простоту и дешевизну, не дает желаемых результатов. В связи с этими обстоятельствами получило развитие новое направление виброзащитных систем, представляющих собой подвески, имеющих в своем составе тросы в качестве упругодемпфирующих элементов. Эти подвески обладают следующими достоинствами: простота, небольшие габариты, дешевизна, высокие демпфирующие характеристики.

Разработанная математическая модель элемента троса [1] позволяет рассчитать характеристики тросового подвеса, выполненного из одного или нескольких витков.

Полученные результаты численного решения совпадают с результатами многочисленных экспериментов по исследованию тросовых виброизоляторов [2] и могут служить для определения параметров тросовых виброзащитных систем (материал троса, диаметр и число жил троса, радиус полукольца), обеспечивающих снижение вибрационных ускорений, передаваемых от источника вибраций на конструкцию КА.

Для оценки точности полученных с помощью модели решений и подтверждения целесообразности использования тросовых виброзащитных элементов на борту КА были проведены экспериментальные исследования. На рис.1 схематически представлена экспериментальная установка, включающая в себя вывешенный на резиновом тросе 2 космический аппарат 1, в состав которого входит источник вибрации.

Для повышения достоверности результатов эксперимента собственная частота сборки «космический аппарат - резиновый трос» должна быть как можно ниже и не превышать 1-2 Гц. Как показали измерения, частота колебаний в вертикальном направлении составляет

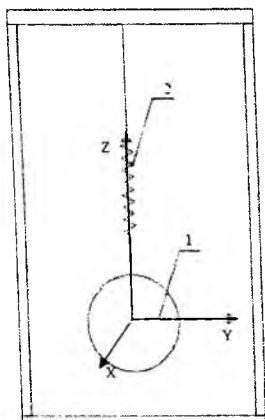


Рис.1. Схема экспериментальной установки для проведения вибрационных испытаний

около 1 Гц, а маятниковая частота колебаний – 0,5 Гц. В процессе исследований измерялись ускорения в 3 точках: на источнике вибраций, в месте крепления источника вибраций и в месте установки полезного груза (рис.2,3). С помощью установленных датчиков ускорений измерялись амплитудные значения колебаний по трем осям в точках D_1 , D_2 и D_3 для различных частот вращения вентилятора.

Программа экспериментальных исследований была разделена на несколько этапов.

На первом этапе проводилось экспериментальное определение параметров вибрации при жестком креплении источника вибраций (вентилятор) к конструкции КА (схема установки датчиков представлена на рис. 2).

На втором этапе испытаний исследовались виброзащитные подвески с упругодемпфирующими элементами, выполненными на основе тросов (схема установки датчиков представлена на рис. 3).

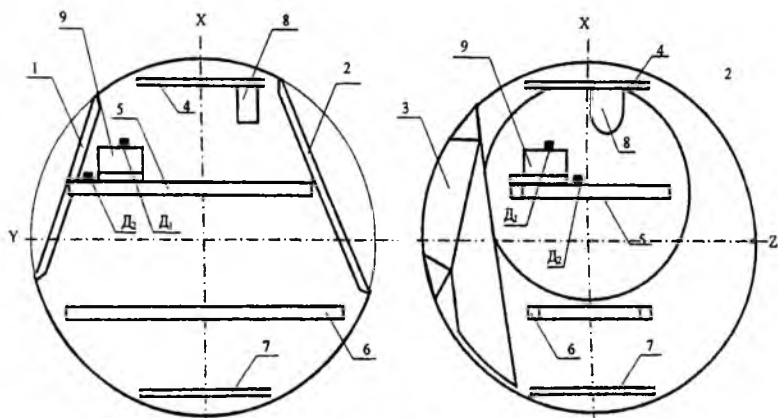
На рис. 4,5,6 представлены результаты измерений по трем осям координат в случае жесткого закрепления источника возмущения, а также при его креплении к конструкции КА посредством 4 тросовых колец диаметром 40 и 60 мм, состоящих из 49 стальных жил.

Как видно из полученных графиков, наблюдается существенное снижение амплитудных значений вибрационных возмущений, передаваемых на конструкцию КА, в достаточно широком диапазоне частот по всем трем координатным осям.

Увеличение радиуса тросового кольца приводит к еще большему снижению амплитудных значений вибрационных колебаний в месте крепления полезного груза, что объясняется уменьшением жесткости тросовой подвески при увеличении диаметра тросового кольца.

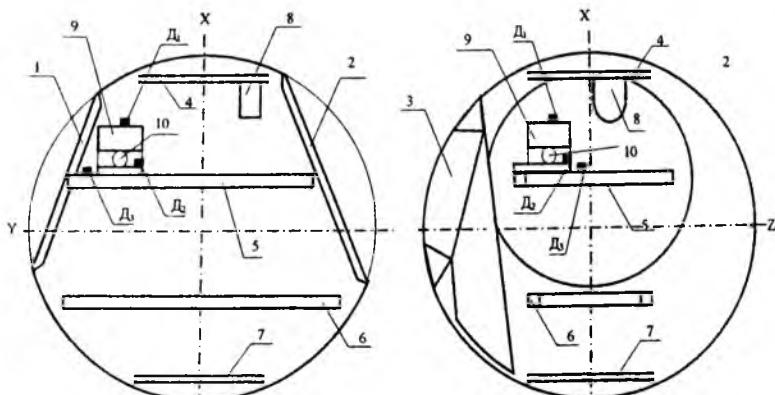
Аналогичных результатов можно добиться, используя трос, выполненный из материала, имеющего меньший модуль упругости или состоящий из жил меньшего диаметра. Таким образом, имеем 3 проектных параметра, варьируя которые можно добиться заданного сниже-

ния вибрационных ускорений на борту КА при ограничениях, накладываемых на габаритные и массовые характеристики тросовой виброзащитной системы.



1-люк №1, 2-люк №2; 3-люк №3; 4-верхняя плита, 5-верхняя рама, 6-нижняя рама, 7-нижняя плита; 8, 9 – источники вибраций; Д₁ – датчик на источнике вибраций; Д₂ – датчик в месте крепления полезного груза

Рис. 2. Схема установки датчиков колебаний на первом этапе испытаний



1-люк №1, 2-люк №2; 3-люк №3; 4-верхняя плита; 5-верхняя рама, 6-нижняя рама, 7-нижняя плита; 8, 9 – источники вибраций; 10-виброзащитная подвеска; Д₁ – датчик на источнике вибраций; Д₂ – датчик в месте крепления источника вибрации к конструкции СА; Д₃ – датчик в месте крепления полезного груза

Рис.3 Схема установки датчиков ускорений на втором этапе испытаний

Уровень виброускорений в направлении оси X

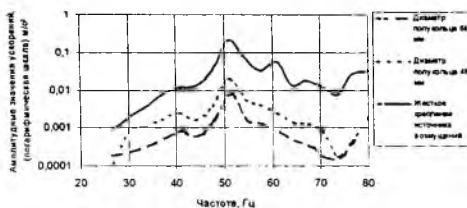


Рис.4

Уровень виброускорений в направлении оси Y

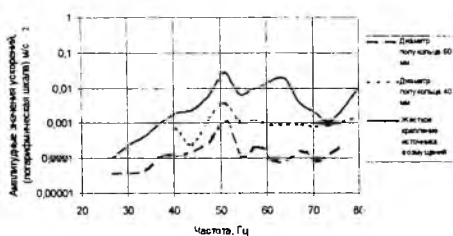


Рис.5

Уровень виброускорений в направлении оси Z

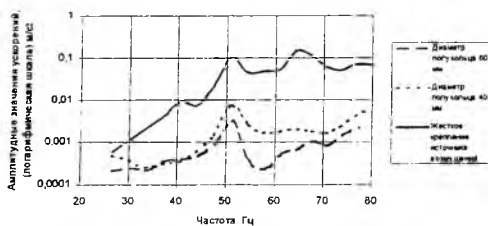


Рис.6

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают, что использование тросовых виброзащитных систем позволяет обеспечить требуемые режимы по уровню микроускорений на борту КА для успешного проведения научных экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Пупков Е.А., Разработка тросовой системы виброзащиты. // Сб. трудов студентов и аспирантов факультета летательных аппаратов Самара, 2002, с. 88-91.
- 2 Чегодаев Д.Е., Пономарев Ю.К., Демпфирование., Самара, СГАУ, 1997.