



О ВИБРАЦИОННОЙ И УДАРНОЙ ЗАЩИТЕ ОБОРУДОВАНИЯ СПУСКАЕМЫХ АППАРАТОВ КК «ВОСХОД» И «СОЮЗ»

Основной задачей, стоящей перед разработчиками приборного оборудования для спускаемых аппаратов космических кораблей (КК) «Восход» и «Союз» (лаборатория № 102 филиала ЛИИ, начальник лаборатории – Даревский С.Г.), являлась задача обеспечения его работоспособности на этапе вывода этих кораблей в космос и механической надежности конструкции приборного оборудования на этапе посадки на землю.

Для этого необходимо было выполнить следующие работы:

- выбор системы амортизации для приборного оборудования объектов ЗКД (КК «Восход») и 7К (7К-ОК – орбитальный КК «Союз» для полёта на низкой околоземной орбите, 7К-Л1 (КК «Союз» для облёта Луны);
- определение эффективности работы системы амортизации и ее прочности на указанных этапах полета;
- проверка механической надежности конструкции ПД (приборной доски) и ПШК (пульта шлюзовой камеры для КК «Восход-2») при воздействиях вибрации и ударов;
- исследование устойчивости и прочности приборного оборудования в условиях вибрационных и ударных воздействий, параметры которых были заданы в ТУ;
- установление норм устойчивости и прочности на комплектующие приборы для указанных объектов.

Согласно заданным техническим условиям на проектирование аппаратуры систем «Сириус» и «Створ», объекты подвергаются действию следующих динамических нагрузок:

а) вибрации с частотами и уровнями, указанными в табл. 1 для системы «Сириус» и в табл. 2 для системы «Створ».

Вибрация действует по всем трем осям полета в течение 15-17 минут.

б) однократной ударной нагрузке с ускорением 100 g и длительностью ударного синусоидального импульса 0,015 – 0,025 с или с ускорением 50 g при длительности импульса 0,030 – 0,040 с;

в) на вибрацию одновременно накладывается действие линейных ускорений величиной:

- 6 g в течение 15 минут,
- 12 g в течение 1 минуты,
- 22 g в течение 15 секунд.

При выборе системы амортизации учитывалось следующее.

Прогиб амортизаторов на участке выведения, где появляются шестикратные линейные перегрузки, не должен превышать конструктивных зазоров на объектах. Для объекта 7К эти зазоры составляют 10 мм, а для объекта ЗКД – около 5 мм. В первом приближении можно считать прогибы амортизаторов прямо пропорциональными нагрузке. Следовательно, деформация амортизаторов при номинальной статистической нагрузке не должна превышать:

$$\text{для объекта 7К} - \frac{10}{6} \cong 1,7 \text{ мм,}$$

$$\text{для объекта ЗКД} - \frac{5}{6} \cong 0,8 \text{ мм.}$$

Исходя из этих величин деформации были определены нижние пределы собственной частоты амортизаторов, на которых строилась система вибрационной и ударной защиты, которые составили:

$$\text{для объекта 7К} - f_0 = \sqrt{\frac{250}{1,7}} \cong 12,5 \text{ Гц и}$$

Таблица 1.

№ п.п.	Частотный диапазон вибрации, Гц	Ускорение, g (амплитуда, мм)
1	5 – 25	1 (10 – 0,4)
2	25 – 200	1 – 3
3	200 – 800	3 – 5
4	800 – 1500	5 – 8
5	1500 – 2500	8

Примечание: в указанных в п. 2,3,4 и 5 частотных диапазонах ускорение от нижнего к верхнему значению меняется по линейному закону.

$$\text{для объекта ЗКД} - f_0 = \sqrt{\frac{250}{0,8}} \cong 18 \text{ Гц.}$$

Особое внимание надо было обратить на прочность амортизаторов при воздействии удара.

Из анализа характеристик существующих серийных приборных амортизаторов, используемых в авиационной промышленности, был сделан вывод о невозможности их применения для рассматриваемых космических кораблей. В это время на кафедре КИДЛА Куйбышевского авиационного института был изобретен материал «МР» (металлическая резина). По техническому заданию, разработанному автором доклада, на этой кафедре был создан ряд амортизаторов серии ДК, которые могли соответствовать требованиям по вибрационной и ударной защите оборудования указанных объектов.

Для вибрационной и ударной защиты приборной доски (ПД) системы «Сириус» объекта 7К, согласно выданных на эту систему ТТ, были применены амортизаторы серии ДК – 48 со следующими характеристиками:

- собственная частота при нагрузке 6,5 кг на один амортизатор – 14-15 Гц;
- коэффициент динамичности n на резонансе при виброускорении 1 g не более 2,8;
- статистическая характеристика «жесткая», допустимое линейное ускорение 6 g.

Амортизаторы типа ДК-32-0,6/30 были выбраны для амортизации ПШК объекта ЗКД.

Для проверки прочности амортизаторов и нахождения

XLIV Гагаринские чтения. На фото: справа налево – Виктор Митенков, директор музея АО «ЛИИ им. М.М. Громова» Мария Леонова (ЛИИ им. М.М. Громова), начальник ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» Павел Власов



Таблица 2.

№ п.п.	Частотный диапазон вибрации, Гц	Ускорение, g (амплитуда, мм)
1	10-30	2 (5-0,55)
2	30-80	6
3	80-1500	10

их ударных характеристик были проведены испытания на копровом стенде. Платформа стенда вместе с макетом ПД сбрасывалась с высот, обеспечивающих ее скорость в момент удара 10 м/с, 5 м/с и 2 м/с.

При испытаниях было произведено три сброса: первый сброс с высоты 5,1 м, второй – 0,22 м и третий – 1,3 м.

В результате первого сброса у двух нижних амортизаторов появились многочисленные обрывы демфирующих элементов (проволочек), у верхних амортизаторов обрывы были незначительными. У всех амортизаторов получился большой сдвиг осей (5-10 мм) и перекос крепежных болтов относительно друг друга (10-15°). Такие сдвиги и перекосы были вызваны деформацией кронштейнов крепления амортизаторов к ПД. При повторном испытании на тот же сброс были устранены перекосы и сдвиги осей, а также усилен кронштейн крепления. В этом случае нарушения прочности амортизаторов не наблюдалось.

С целью страховки отрыва приборной доски от узлов крепления при действии удара во внутреннюю полость амортизаторов были вставлены металлические тросики, которые не меняли характеристики виброзащиты.

После проведенных испытаний на удар конструкция приборной доски имела остаточную деформацию в виде прогиба величиной 10 мм в районе минимального поперечного сечения (у прибора КЭИ). Однако разрушений ни деталей приборных ПД, ни амортизаторов не было. Для повышения механической надежности «лётной» ПД были выполнены следующие мероприятия:

- элементы приборов и их узлы крепления были усилены до выполнения требований, что их собственная частота должна превышать 60 Гц;
- кронштейны крепления ПД к объекту 7К были усилены до выполнения требований, что их собственная частота должна превышать 70 Гц.

Для гарантированного обеспечения вибропрочности и виброустойчивости всех комплектующих приборов, установленных на ПД, продолжительность испытаний на вибрацию была увеличена в 10 раз по сравнению с требованиями, заданными на объект 7К.

Созданная система защиты приборного оборудования спускаемого аппарата объектов ЗКД и 7К от воздействия вибрации и ударов обеспечила высокую механическую надежность этого оборудования.

Предложенную систему виброударной защиты планировалось использовать в космическом корабле для полета на Луну. При этом макетные образцы данной защиты успешно прошли все стендовые испытания.

Виктор Митенков,
начальник лаборатории АО «ЛИИ им. М.М. Громова»,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
заслуженный деятель науки Московской области

Юрий Важнов,
старший научный сотрудник АО «ЛИИ им. М.М. Громова»