

Типовые системы виброизоляции и амортизаторы в конструкциях бортовой электронной аппаратуры

В. Г. Эдвабник¹, В. С. Айрапетян², М. М. Кузнецов^{3}*

¹ ОАО «Октава», г. Новосибирск, Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

³ Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: a9214439@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные принципы конструирования амортизаторов и систем виброизоляции для электронной аппаратуры ракет. Дано обоснование использования в амортизаторах элементов сухого трения (тросовых амортизаторов). Приведены конструкции миниатюрных амортизаторов.

Ключевые слова: амортизатор, система виброизоляции, бортовая электронная аппаратура

Typical vibration isolation systems and shock absorbers in on-board electronic equipment designs

V. G. Edvabnik¹, V. S. Ayrapetyan², M. M. Kuznetsov^{3}*

¹ ОАО "Octava", Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

³ Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: a9214439@yandex.ru

Abstract. The article discusses basic principles of designing shock absorbers and vibration isolation systems for electronic equipment of rockets. The rationale for the use of dry friction elements (cable shock absorbers) in shock absorbers is given. The designs of miniature shock absorbers are given.

Keywords: shock absorber, vibration isolation system, on-board electronic equipment

Введение

При определенных динамических нагрузках приборы, устройства, детали бортовой электронной аппаратуры могут выйти из строя. Повышать прочность деталей и узлов за счет «наращивания» массы, как правило, неприемлемо при конструировании аппаратуры летательных аппаратов и бортовой электронной аппаратуры (БЭА). Поэтому основным способом снижения вредных механических воздействий на БЭА является использование систем амортизации или, иначе говоря, систем виброизоляции (СВИ).

Методы и материалы

Не следует под СВИ понимать примитивное размещение в определенных точках (крепежных точках) упругие опоры (амортизаторы), хотя наиболее часто

используются именно СВИ на базе одиночных упругих (упруго-демпфирующих) опор.

В качестве СВИ применяются системы с распределенной массой, а именно, заливочные пеноматериалы, являющиеся прекрасными амортизаторами и демпферами в высокочастотной (более 1000 Гц) области механических воздействий, причем, СВИ типа «залитый блок» хорошо защищает узлы БЭА (а иногда и БЭА в целом) как от вибраций, так и от ударов.

Наиболее часто описываемые в учебниках по конструированию РЭА типы амортизаторов не используются в реальных конструкциях БЭА.

Действительно, хотя известно очень большое число типов амортизаторов, однако ужесточение требований к аппаратуре В и ВТ, а также к самим амортизаторам, привело к тому, что многие конструкции исчерпали свои возможности, и применение их в бортовой аппаратуре стало недопустимым. Главное ограничение использования амортизаторов в бортовой аппаратуре – это обеспечение минимальных габаритов, а значит, минимизация как габаритов, так и «рабочего хода» (т.е. перемещения под нагрузкой) амортизатора. К тому же во многих случаях требуется обеспечить значительное демпфирование, а это резко ограничивает возможности использования типовых конструкций амортизаторов в виде резиновых и резинометаллических втулок, а также пружинно-поролонных амортизаторов типа АД с воздушным демпфированием и т.д.

Конечно, там, где это возможно, используются наиболее простые резинометаллические втулки, однако, в основном, в бортовой аппаратуре используются амортизаторы с проволочными упруго-демпфирующими элементами. Из стандартизованных – это амортизатор типа ДК, показанный на рис. 1 [1].

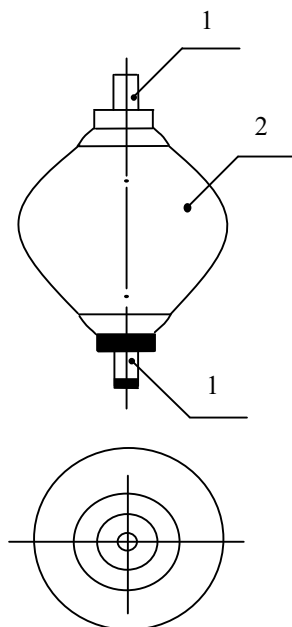


Рис. 1. Амортизатор типа ДК

1 – элемент крепления; 2 – упруго-демпфирующий элемент из плетеных проволок

Наибольшее же распространение в конструкциях БЭА получили оригинальные конструкции тросовых амортизаторов. Тросовые амортизаторы наиболее полно отвечают всем эксплуатационным требованиям, предъявленным к бортовой аппаратуре. Тросовые амортизаторы способны защитить аппаратуру при одновременном действии вибрационных и ударных ускорений (причем, ударные могут в десятки раз превышать по величине ускорения вибрационные). При этом динамические воздействия могут действовать в произвольных направлениях. Тросовые амортизаторы не подвержены старению в течение длительного срока хранения аппаратуры, менее других подвержены воздействию химических веществ и биологических вредителей; их параметры сохраняют свою стабильность при воздействии как очень высоких, так и низких температур, высоких уровней радиации и т.д.

Трос представляет собой витую конструкцию из так называемых стренг, которые, в свою очередь, образованы переплетением отдельных проволок. При определенных усилиях в тросе наблюдается сухое трение (с проскальзыванием) проволок в стренге, а также стренг между собой, что приводит к поглощению значительной части энергии, и благодаря чему обеспечивается высокий коэффициент виброизоляции (очень малый коэффициент передачи ускорения или амплитуды внешнего воздействия на виброизолируемый предмет – блок, узел и т. п.).

Один из конструктивных примеров тросового амортизатора приведен на рис. 2 [2].

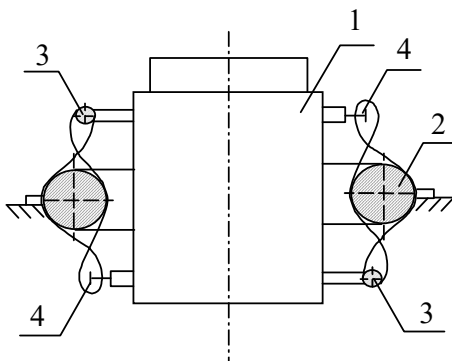


Рис. 2. Тросовый амортизатор:

1 – амортизируемый объект (турбинка ТГВ-15); 2 – корпус амортизатора; 3 – элемент фиксации амортизируемого объекта; 4 – регулировочный элемент натяжения троса

Аналогично тросовому упруго-демпфирующему элементу работает конструкция амортизатора, представленная на рис. 3 [3].

Виброизолятор, показанный на рис. 3, обладает универсальностью в том смысле, что предназначен для использования как промежуточная втулка в местах крепления блока БЭА.

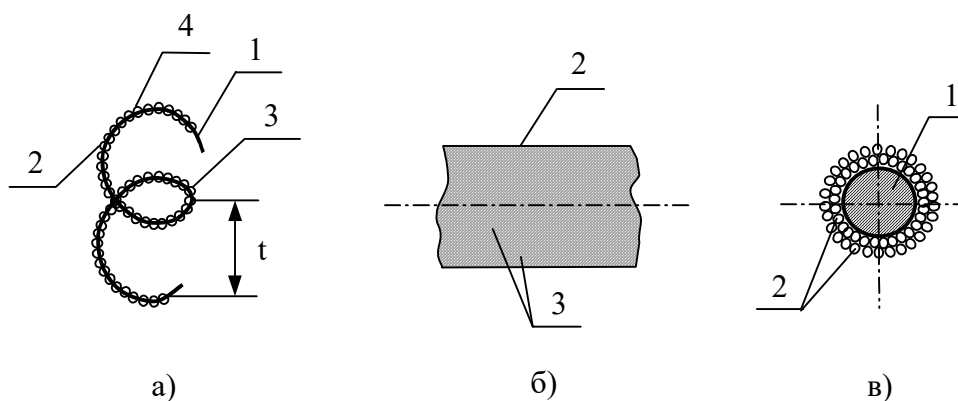


Рис. 3. Амортизатор с упруго-демпфирующим элементом из плетеной металлической трубки

a) общий вид (схематично показаны 2 витка каркаса); *б)* жгут из проволок в развернутом виде; *в)* поперечное сечение каркаса с намоткой

Амортизатор содержит каркас 1 и навитый на нем в виде цилиндрической пружины жгут 2, который состоит из скрученных между собой металлических проволок 3. Эти проволоки и навиты на каркас 1. Каждый из рядов проволок закручен по пространственной винтовой линии с объемным переплетением не менее трех рядов, а переплетающиеся ряды пересечены под углом, отличным от прямого. Каждый виток цилиндрической пружины образован навитым встык жгутом 2. Концы жгута 2 опаяны для предотвращения самопроизвольного разматывания. Такую структуру, как описанный жгут 2, имеет наружная оплетка экранированных проводов или кабелей («плетенка»). Витки 4 жгута могут вплотную примыкать друг к другу, а могут быть навиты на каркас 1 и по произвольному закону: через один виток каркаса, через 2 витка, обмотка «восьмеркой» к двум смежным виткам каркаса 1 и т. п. Каркас 1 с жгутом 2 может не иметь зазоров между витками или иметь зазор t (как увеличено показано на рис. 3,а) для обеспечения амплитудозависимого демпфирования.

Работает амортизатор следующим образом. При сжатии витков 4 жгута 2 с амплитудой, меньшей расстояния t , виброизоляция обеспечивается за счет упругой деформации жгута 2 и внутреннего трения материала жгута. Внутреннее трение при использовании жгута 2 из переплетенных металлических проволок представляет собой сумму внутреннего (вязкого) трения в материале проволок и внешнего (сухого) трения между проволоками, а также между витками 4 жгута 2. При амплитудах колебаний, превышающих зазор t , к этому добавляется конструктивное трение витков 4 жгута на соседних витках каркаса (трение «по шагу» витого каркаса). Величина конструктивного трения существенно выше, т. е. при больших амплитудах вибрации резко возрастает степень демпфирования, что обеспечивает минимизацию коэффициента динамичности на резонансной частоте.

Заключение

Описанная конструкция амортизатора с сухим трением была опробована в одной из конструкций радиолокационного датчика цели для зенитных управляемых ракет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варламов Р.Г. Компоновка радиоэлектронной аппаратуры. Р.Г. Варламов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов.радио, 1975. – 351 с.
2. Мясников Н.М. Разработка и исследование тросовых амортизаторов бортовой радиоэлектронной аппаратуры. Автореф. дис. канд. техн. наук: 01.02.06. Мясников Николай Михайлович. – Новосибирск, 1978. – 28 с.
3. Амортизатор [текст]: а.с. 737685 СССР: F16F 1/06. Эдвабник В.Г., Товмасын В.Д., Маланов О.В. Фридгант Л.И. (СССР) – N3866591-28; заявл. 24.01.85; опубл.07.06.87. Бюл. №21.

© В. Г. Эдвабник, В. С. Айрапетян, М. М. Кузнецов, 2022