Исследование способов создания приводов для применения в условиях микрогравитации, обеспечивающих активное гашение колебаний нагрузки с низкими собственными частотами и большой инерцией

(Шифр, если надо: Демпфер)

Актуальность.

Условия микрогравитации характеризуются гравитационным потенциалом в месте проведения работ порядка единиц мкм/с2. Столь малые ускорения позволяют выполнять эксперименты с ультрахолодными частицами, важные для физики конденсированного состояния и квантовых вычислений; получать особо чистые вещества, выращивать монокристаллы значительного объема без дефектов, проводить исследования в области гравитационно-волновой астрономии. Условия микрогравитации, создаваемые на МКС или других орбитальных объектах, нарушаются во время работы систем ориентации, при перекладке солнечных батарей или переориентации крупногабаритных средств наблюдения, таких как рефлекторы антенн или объективы телескопов и фотоаппаратуры. В результате интервал времени, в течение которого возможно соблюдение условий микрогравитации, существенно ограничен, что накладывает ограничения и на точность проводимых экспериментов, и на объемы получаемых в этих экспериментах веществ.

Основной причиной нарушения условий микрогравитации являются колебания присоединенных конструкций, вызванные как работой приводов этих конструкций (например, движением солнечной батареи), так и работой систем, установленных на общем с ними основании (например, работа гиродинов системы ориентации вызывает колебания всех нежестких конструкций, закрепленных на корпусе станции). Шумы, переданные от приводов системы ориентации на корпус станции, являются высокочастотными, и благодаря этому могут быть успешно поглощены различными виброизолирующими системами, основанными на трении в материале, например, тросовыми виброизоляторами. В то же время, шумы, вызванные колебаниями конструкций большой протяженности и массы, типа солнечных батарей, стрелы крана-манипулятора или крупногабаритных средств наблюдения, находятся в диапазоне частот от единиц до сотен герц, в котором эффективность пассивных средств амортизации минимальна.

Таким образом, проблема борьбы с такими шумами актуальна, поскольку их преодоление позволит расширить возможности экспериментов с использованием микрогравитации, и увеличить научную и прикладную отдачу от использования орбитальных станций.

Новизна.

В настоящее время предложены два основных способа борьбы с механическими шумами: пассивное и активное шумоподавление. К пассивным системам относятся тросовые демпферы, гидравлические и пневматические опоры, магнитореологические муфты и другие технические средства, обеспечивающие диссипацию энергии за счёт внутреннего трения в материалах, жидкостях или газах. Такие системы показывают высокую эффективность против высокочастотных шумов либо против шумов с очень низкими частотами. Типичная кривая эффективности демпфирования в материале приведена на рисунке. Кривая отображает приближение по Рэлею, в общем случае не являющееся обязательным для всех материалов, однако встречающееся наиболее часто.



Как уже упоминалось выше, характерные частоты колебаний, нарушающих условия микрогравитации, находятся как раз в области минимума коэффициента демпфирования пассивных систем. Применение активных систем предполагает такое управление, например, ориентацией космического аппарата, что вызванные этим управлением колебания оказываются в противофазе с шумом и, таким образом, гасят его.

Теоретически данный процесс изучен достаточно хорошо, однако практически не реализован по трем основным причинам:

- для успешного гашения колебаний необходимо обеспечить либо нулевое отставание по фазе, либо надежное предсказание формы колебаний спустя заданный промежуток времени. Первое невозможно ввиду неизбежного наличия задержек в системе управления, второе требует развития методов соответствующего анализа, не созданных в настоящее время;

- привод, реализующий гашение колебаний, должен выполнять еще и свою основную функцию (переориентацию космического аппарата или поворот солнечной батареи), однако работы, предполагающие использование приводов для активного гашения колебаний, не рассматривают эффективность этих приводов при работе по основному назначению;

- для качественного анализа колебаний, которые необходимо погасить, на конструкциях космического аппарата необходимо разместить датчики. При этом отсутствие разработанных методов анализа колебаний in situ не позволяет решить проектировочную задачу выбора типа, точности, количества и мест размещения таких датчиков.

Предлагаемая работа будет содержать следующие исследования, представляющие новизну:

- развитие методов точного анализа и предсказания форм колебаний крупногабаритных конструкций in situ, то есть в точно заданный момент времени, по месту использования в реальной конструкции, с учетом особенностей конкретного измеряемого образца,

- развитие методов проектирования датчиковых систем для таких измерений,

- исследование эффективности законов управления приводами с функцией активного демпфирования, и особенностей конструкции таких приводов,

- исследование эффективности применения совместно систем активного и пассивного демпфирования в широком диапазоне частот.