

Сведения о ходе выполнения проекта
**«Разработка микролинейных пьезопроводов исполнительных устройств
космических аппаратов»**

Руководитель проекта д-р физ.-мат. наук, профессор Скрипняк В.А.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 23 сентября 2014 г. № 14.578.21.0060 с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2012–2014 годы» на этапе № 2 в период с 01 января 2015 г. по 30 июня 2015 г. выполнены следующие работы:

- Проведен выбор и обоснование конструкторских решений МЛП.
- Проведена разработка одномерной математической модели расчета механоакустической системы МЛП с целью определения оптимальных режимов работы по максимальным коэффициентам преобразования энергии.
- Выполнена разработка одномерной математической модели расчета механоакустической системы МЛП с целью выбора материала контактных механических пар в соответствии с критерием максимального коэффициента преобразования энергии.
- Проведена разработка математической модели расчета динамических режимов МЛП.
- Проведен выбор и обоснование частотного диапазона работы экспериментального образца МЛП, его амплитуд, деформаций, возмущающих сил, мощности источника энергии и коэффициента преобразования энергии в полезную работу.
- Разработаны алгоритм трехмерной модели и модель математического расчета механической системы МЛП с целью определения выбора материала контактных механических пар.
- Проведена разработка программы и методики исследовательских испытаний отечественных и зарубежных пьезоэлементов с целью сравнительной оценки их технических параметров.

Основные результаты проекта

1. Микролинейный пьезопровод МЛП является сложной механоакустической колебательной системой, расчет и анализ поведения которой показывает, что для получения достоверной информации о поведении данной системы нужно рассматривать колебательную систему «в целом»: «пьезоактюатор – система согласования – нагрузка».

2. Для предварительных и конструкторских расчетов допустимо производить математическое моделирование в одномерном виде с учетом всех элементов МЛП – пьезоактюаторов, арматуры согласования, нагрузки.

3. Математическое моделирование показывает, что составные пакетные пьезоактюаторы имеют резонансные частоты по длине конструкции, количество резонансных частот равно числу пластин пьезоэлементов, а амплитуды вибро смещений и механические напряжения на отдельных резонансных частотах могут превышать паспортные показатели вибро смещения и силы пьезоактюатора.

4. Исходя из закона сохранения энергии на режимах работы пьезоактюаторов, при максимальных силах и минимальных вибро смещениях, неупругие сопротивления колебательных систем должны быть значительно выше, чем у обычных механических и вибрационных систем.

В процессе конструирования колебательной системы необходимо находить оптимальный вариант по неупругим (активным) сопротивлениям пьезоактюатора и между КПД и быстродействием.

5. Пуск колебательной системы необходимо производить на резонансную частоту, время переходного процесса будет минимальным, а процесс пуска - апериодическим.

Данные выводы применимы для не замкнутых колебательных систем (без обратных связей).

6. Основным параметром схемы замещения колебательной системы, который наиболее сложно определить является коэффициент неупругого сопротивления. По результатам моделирования из рассмотренных материалов для изготовления актуатора необходимо использовать алюминий или сталь.

7. Колебательная система на резонансе может иметь существенную величину кинетической энергии, превосходящую энергию активных потерь, которая ограничивается прочностью элементов, ресурсом материалов и нагревом. Обеспечив увеличенную прочность конструкции, организовав достаточный теплоотвод можно более эффективно использовать конструкцию пьезоактюатора, увеличив его КПД.

8. Трехмерная математическая модель механоакустической системы МЛП позволяет определить механические напряжения и величины деформаций по площади излучателя, определить механические напряжения на краях излучателя тем самым дает информацию о выборе материала и заданном ресурсе излучателя, позволяет по условиям ресурса работы выбрать материалы всех элементов МЛП.

9. Полученные одномерным и трехмерным математическим моделированием частотные характеристики колебательной системы МЛП качественно идентичны - окончательные уточнения параметров колебательной

системы и коррекции мат. моделей возможны после проведения экспериментальных исследований.

10. При адаптации пьезоактюатора в конкретную конструкцию необходимо помнить, что частотные характеристики всей колебательной системы будут давать отличные резонансные частоты и амплитуды вибросмещений, что требует решать проблемы согласования пьезоактюаторов с нагрузкой. Наиболее продвинутой отечественной фирмой по производству пьезоактюаторов является ОАО «НИИ «Элпа», Зеленоград, Москва. Производимые актюаторы на основе технологии литья пленочной пьезокерамики ОАО «НИИ «Элпа», по своим свойствам и параметрам не уступает мировым аналогам.

11. Задача создания микро линейного пьезопривода, позволяющего оперативно регулировать эксплуатационными параметрами (напряжением и частотой воздействия на актюаторы, амплитудой и фазой силы тяжения, скоростью движения исполнительных элементов, точностью позиционирования) является актуальной задачей, позволяющей решить ряд проблем космической отрасли, приборостроения и военной промышленности.

Имеются в технике устройства, работающие в различных линейных и в вращающихся приводах, в разных условиях которые могут быть аналогами и прототипами создания микролинейного пьезопривода для применения в условиях космоса.

Подавляющая масса известных приводов не удовлетворяют требованиям эксплуатации в космосе по массо-габаритным показателям, энергоэффективности, по вакуумным и температурным режимам работы.

12. Для получения максимальных значений КПД передачи энергии от излучателя к нагрузке необходимо, чтобы волновые сопротивления системы элементов согласования «генератор - нагрузка» были одинаковыми или близки по значениям, в этом случае КПД приближается к единице. Диаметр излучателя должен быть минимальным и определяться конструктивными особенностями пьезоактюатора. Для гарантированного получения высокого КПД многослойной конструкции материалы должны быть расположены по возрастанию волновых сопротивлений от источника излучения.

Результаты работ были представлены в статье в журнале «Вестник ТГУ. Механика и математика».

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.