В то же время требуется проведение еще достаточно большого спектра исследований для создания космических систем на основе MEMS, отвечающих перспективным требованиям по точности, надежности, радиационной стойкости, электромагнитной совместимости и другим параметрам.

Данная статья выполнена в рамках СЧ НИР «Технология-СГ-3.2.6.1» по договору от 09.04.2018 г.

***

1. Данилин Н.С., Дмитров Д.М., Сабиров И.Х. Инновационные космические микросистемы в космосе / М., изд. Дом «Спектр». 2011. 72 стр.
2. Brij Agrawal, Joel Kubby, "Applications of MEMS in segmented mirror space telescopes", Proc. SPIE 7931, MEMS Adaptive Optics V, 793102 (11 February 2011).
3. Conor O'Mahony [etc.] “Reliability assessment of MEMS switches for space applications: laboratory and launch testing, Journal of Micromechanics and Microengineering, Volume 24, Number 12, November 2014.
4. D. Uttamchandani “Handbook of Mems for Wireless and Mobile Applications 1st Edition, Woodhead Publishing”, 2013. ISBN: 9780857092717.
5. Dr. Philippe Robert. Micro and Nanoelectromechanical Systems: A New Approach for Low Cost 6D Inertial Sensor. – www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2742.
6. E. Gill, J. Guo, "MEMS technology for miniaturized space systems: needs, status, and perspectives", Proc. SPIE 8250, Reliability, Packaging, Testing, and Characterization of MEMS/MOEMS and Nanodevices XI, 82500I (15 February 2012).

Атакищев О.И., Терешонок М.В., Атакищева И.В., Николаев А.В.
Особенности использования MEMS при создании бортового исполнительного механизма системы наведения с интеграцией функций сбора и обработки информации

МИРЭА - Российский технологический университет (Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-06-2020-47
idsp: ljournal-06-2020-47

Аннотация

The article discusses and highlights the main features of using microelectromechanical systems (MEMES) when creating an on-Board Executive mechanism of the guidance system with the integration of information collection and processing functions. The features of two sequentially implemented options for creating such an Executive mechanism based on multi - and single-body MEMS are considered.

Ключевые слова: космические системы, малые космические аппараты, микроэлектромеханические системы, MEMS

Keywords: space systems, small spacecraft, microelectromechanical systems, MEMS

В настоящее время при создании малых космических аппаратов одним из перспективных направлений является использование микроэлектромеханических систем (MEMS) [1-4]. В частности, применительно к решению проблемы создания исполнительного механизма системы наведения бортовой оптико-электронной и радиолокационной аппаратуры для перспективных малых КА (МКА) с интеграцией функций сбора и обработки информации применение MEMS должно позволить:

— интегрировать в рамках единой MEMS подсистемы микроэлектромеханических датчиков положения, акселерометров, подсистемы сбора и предварительной комплексной обработки информации от обеспечивающих систем МКА, подсистему решения

более сложного класса высокоточных расчетно- аналитических задач по структурированной выработке управляющих сигналов для микродвигателей при наведении бортовой оптико-электронной и радиолокационной аппаратуры;

— за счет использования микромеханических решений в едином кристалле, существенно снизить массогабаритные характеристики создаваемых систем наведения, существенно снизить их энергопотребление, повысить надежность, увеличить сроки эксплуатации данного класса систем перспективных МКА;

— при использовании соответствующих микросхемотехнических решений обеспечить требуемую радиационную стойкость и устойчивость к воздействию микрочастиц и других факторов космического полета МКА, а также реализовать большой перечень дополнительных преимуществ, обусловленных применением конкретных MEMS.

Проведенный анализ показал, что использование MEMS при создании исполнительного механизма с интеграцией функций сбора и обработки информации необходимо проводить в несколько этапов.

1. На первом этапе с использованием современных MEMS провести разработку многокорпусных малогабаритных устройств исполнительного механизма наведения рассматриваемого класса (рис.1), отвечающих современным требованиям, отработать на них все технологии сбора, предварительной и обработки исходных данных, подготовки данных и управления наведением, реализации функций непосредственно наведения.

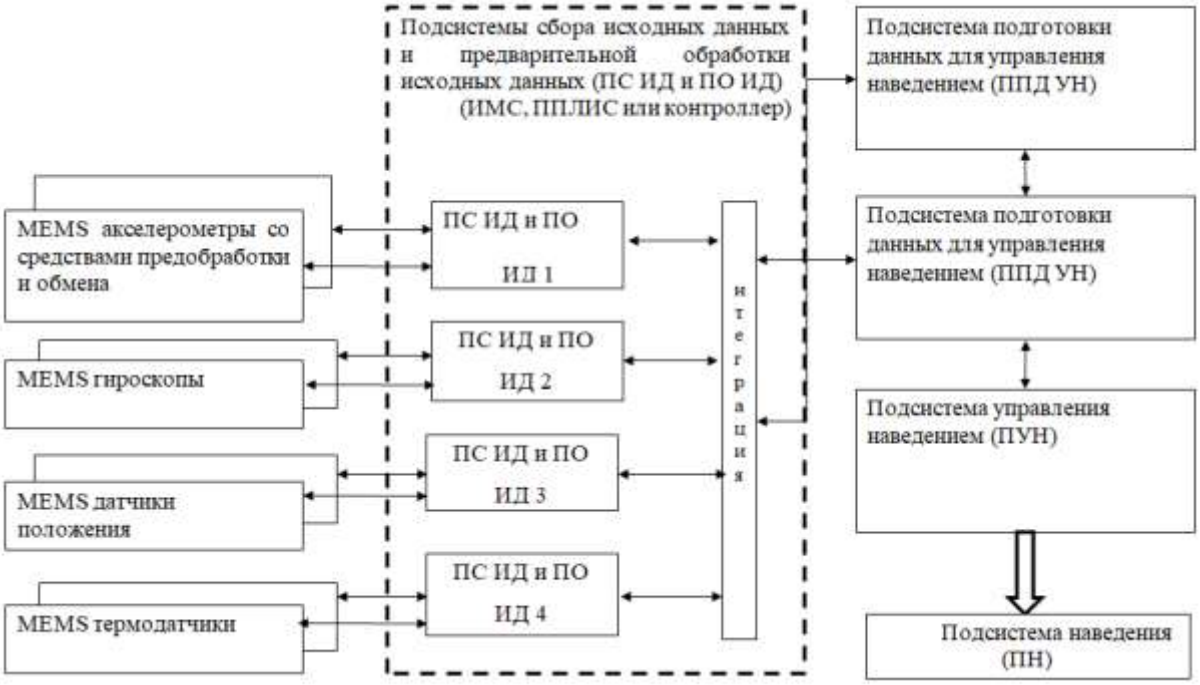

Рисунок 1. Типовой вариант использования существующих MEMS в одноплатном многокорпусном исполнительном механизме системы наведения МКА

При этом, используется система из нескольких MEMS сенсоров, измеряющих необходимые динамические и сопутствующие характеристики, необходимые для наведения оптоэлектронных устройств и антенн (акселерометры, гироскопы, датчики положения, термодатчики и др.).

При разработке сенсорных компонент дополнительно предлагается рассмотреть вопросы их резервирования, использования статистических методов повышения

точности измерения, их оптимального размещения на конструктиве исполнительного механизма (в т.ч. на плате или в защитном корпусе), решение вопросов исследования их реальной электромагнитной совместимости с другими устройствами, радиационной стойкости. Важным вопросом при этом также является отработка методов и микроэлементов, обеспечивающих высокоскоростную передачу исходных данных при их сборе, реализацию цифровых преобразований исходных данных от групп сенсоров для их дальнейшей интегральной обработки в единых форматах в подсистемах подготовки данных для управления наведением. Для этих элементов и подсистем также должны быть решены все вопросы надежности, электромагнитной совместимости, радиационной стойкости, теплоотвода и т.п.

Важным вопросом также является уточнение вопросов взаимодействия с другими подсистемами МКА при наведении, уточнения кинематических моделей и их параметров, учитываемых при формировании команд наведения, в том числе при различных схемах компоновки МКА, нестационарных перемещениях МКА, использовании его систем стабилизации и т.п.

Реализация подобного варианта использования MEMS позволяет в рамках декомпозиционного подхода к созданию сложных технических систем, отработать методы и схемные решения для всех подсистем исполнительного механизма, методы и процедуры их взаимодействия при решении рассматриваемой задачи в условиях возможных корректировок конкретных процедур и параметров функционирования. В то же время оценка специфики планируемых к решению прикладных задач, уже сейчас позволяет сделать вывод, что даже после детальной отработки всех процедур для реализации в MEMS, реализация «жестких» микромеханических и микроэлектронных структур в подобных устройствах, хоть и является более дешевой, не позволит проводить оперативное уточнение (реконфигурацию, структурную и алгоритмическую адаптацию) процедур сбора и обработки в MEMS и нерациональна. Поэтому уже на этом этапе необходимо проработать вопрос использования реконфигурируемых (типа ППЛИС) или универсальных (типа контроллеров, процессоров, сигнальных процессоров) средств обработки. Т.е. отработать уже возможные варианты реализации оптимальных структур микроэлектронных обрабатывающих компонент, планируемых к использованию в едином перспективном «MEMS-чипе». Необходимо, чтобы MEMS сенсорные структуры и структуры обрабатывающих компонент «перекрывали» все возможные структуры методов и процедур получения и обработки мониторинговых данных в исполнительном механизме.

На этом этапе также решаются вопросы информационно-технологического, модельного, методического, алгоритмического обеспечения отработки методов, процедур и технических решений, положенных в основу создания исполнительных механизмов.

2. На втором этапе после отработки всех вопросов первого этапа возможен переход к реализации исполнительного механизма на базе MEMS в монокорпусном исполнении, обобщенная структура которых представлена на рис.2. На этом этапе основной упор делается на перенос отработанных решений в единую «интегрированную» MEMS, с реализацией «внутрисхемных» эффективных процедур сбора и обработки информации для всех подсистем исполнительного механизма. К этому моменту должны быть решены также вопросы использования данной интегральной MEMS для решения задач в смежных областях, для обеспечения ее массового выпуска, что позволит существенно снизить стоимость ее единичных экземпляров.

На втором этапе «фокус» работ переносится на решение производственно-технологических вопросов создания перспективных монокорпусных (в том числе и

монокристальных) MEMS с расширенным набором сенсорных и обрабатывающих структур, перекрывающих требования для решения существующих и перспективных задач наведения, в первую очередь- для новых классов малых КА.

Рисунок 2. Перспективный вариант использования MEMS в монокристальном (монокорпусном) исполнительном механизме

При этом в качестве быстро реализуемых и не требующих развертывания полных производственно-технологических линий, рассматриваются следующие основные варианты оперативного (опережающего) создания исполнительного механизма на базе MEMS в монокорпусном исполнении:

- использование вариантов «сращивания» кристаллов MEMS и перспективных мощных процессоров с встроенными интерфейсами;
- использование вариантов «сращивания» кристаллов MEMS и ППЛИС;
- использование вариантов «сращивания» кристаллов MEMS и радиационно- стойких контроллерных отечественных кристаллов.

Реализация этих вариантов требует решения большого числа организационных вопросов, которые должны быть рассмотрены при проведении дальнейших исследований по данной и смежным тематикам.

Предпосылки для решения основных производственно- технологических задач второго этапа создаются уже сейчас, при развертывании в МИРЭА (в первую очередь- по грантам Минобрнауки) мощного научно- производственного кластера и центров коллективного пользования для решения подобных задач.

Данная статья выполнена в рамках СЧ НИР «Технология-СГ-3.2.6.1» по договору от 09.04.2018 г.

***

1. Данилин Н.С., Дмитров Д.М., Сабиров И.Х. Инновационные космические микросистемы в космосе / М., изд. Дом «Спектр». 2011. 72 стр.
2. Brij Agrawal, Joel Kubby, "Applications of MEMS in segmented mirror space telescopes", Proc. SPIE 7931, MEMS Adaptive Optics V, 793102 (11 February 2011).
3. Conor O'Mahony [etc.] “Reliability assessment of MEMS switches for space applications: laboratory and launch testing, Journal of Micromechanics and Microengineering, Volume 24, Number 12, November 2014.
4. D. Uttamchandani “Handbook of Mems for Wireless and Mobile Applications 1st Edition, Woodhead Publishing”, 2013. ISBN: 9780857092717.