



# Новые разработки МЭМС ООО «Лаборатория Микроприборов»

**Александр Бекмачев** (bae@favorit-ec.ru), **Александр Мусаткин**,  
**Максим Головинский** (info@mp-lab.ru)

Зеленоградская компания «Лаборатория Микроприборов» за годы работы в сфере микроэлектромеханических инерциальных систем накопила опыт, достаточный для того, чтобы конкурировать с иностранными производителями. Обладая собственными технологиями изготовления МЭМС-устройств, инженеры компании создают новые и совершенствуют старые конструкции чувствительных элементов, отвечая на запросы российского рынка.

ООО «Лаборатория Микроприборов» (ООО «ЛМП») занимается разработкой, производством, внедрением и реализацией научно-технической продукции в области инерциальной микромеханики. Основная сфера деятельности предприятия – создание инерциальных датчиков и систем, однако развиваются и сопутствующие компетенции в области программного обеспечения и методологии проведения калибровки и испытаний инерциальных измерительных систем. Продукция компании ориентирована на рынок гражданских и специальных применений инерциальных технологий. Особенностью продукции является то, что она занимает нишу на стыке дешёвых систем широкого потребления и высокоточных очень дорогих систем на основе волоконно-оптических, лазерных и других гироскопов, формируя конкурентно привлекательный продукт с хорошим соотношением цена–качество.

Среди продукции компании выделяются МЭМС-датчик угловой скорости (ДУС) серии 201МСУ1У (см. рис. 1) и МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л (см. рис. 2). Главная особенность этих датчиков – применение чувствительных элементов собственного производства. Это позволяет гибко модернизировать

ДУС и акселерометр для максимально полного удовлетворения потребностей заказчиков. Кроме того, такой подход позволяет в значительной мере снизить негативный эффект зависимости от импортных инерциальных датчиков.

В МЭМС ДУС серии 201МСУ1У в качестве чувствительного элемента применяется кольцевой резонатор новой конструкции собственного производства. Это позволяет улучшить точность и стабильность параметров, повысить стойкость к внешним воздействиям. Датчик угловой скорости предназначен для непрерывного измерения проекции угловой скорости на измерительную ось. Выходной сигнал датчика – аналоговый, напряжение от 0 до 5 В. Датчик выполнен в виде компактного устройства в металлическом корпусе с габаритными размерами 51×37×23 мм (без провода).

Диапазон измерения МЭМС ДУС составляет  $\pm 400^\circ/\text{с}$ . По запросу потребителя диапазон измерения может быть изменён в широких пределах.

Основные характеристики МЭМС ДУС:

- диапазон измерения  $\pm 400^\circ/\text{с}$ ;
- нестабильность смещения нуля  $< 5^\circ/\text{ч}$ ;
- плотность шума выходного сигнала  $0,002(^\circ/\text{с})/\sqrt{\text{Гц}}$ ;

- случайное угловое блуждание  $< 0,1^\circ/\sqrt{\text{ч}}$ ;
- частотный диапазон  $> 50 \text{ Гц}$ ;
- нелинейность преобразования  $< 0,15\%$ ;
- напряжение питания  $+4,75\dots+5,25 \text{ В}$ ;
- диапазон рабочих температур  $-40\dots+85^\circ\text{C}$  (по запросу возможно расширение диапазона рабочих температур до  $-50\dots+125^\circ\text{C}$ ).

Применение новой конструкции кольцевого резонатора позволило уменьшить нестабильность нуля МЭМС ДУС до  $5^\circ/\text{ч}$ .

Использование отрицательной обратной связи в схеме управления кольцевым резонатором МЭМС ДУС привело к увеличению стабильности нулевого сигнала и масштабного коэффициента в диапазоне рабочих температур. Дальнейшее снижение температурной погрешности нулевого сигнала достигается в версии МЭМС ДУС с цифровым выходом – за счёт применения продвинутых алгоритмов компенсации.

Отличительной особенностью МЭМС ДУС серии 201МСУ1У является высокая прочность и устойчивость к механическим воздействиям. Испытания опытных образцов показали, что датчик является стойким к механическим ударам одиночного действия величиной до 7000g.

В МЭМС-акселерометре серии 202МСУ1Л применяется ёмкостный чувствительный элемент маятникового типа собственного производства. Преобразование ёмкости сенсора в цифровой код осуществляется с использованием высокоточного 24-разрядного  $\Sigma\Delta$ -конвертора. МЭМС-акселерометр поставляется в герметичном металлокерамическом корпусе с габаритами 19,5×14,5×5 мм. Выходной сигнал датчика – цифровой. Обмен данными осуществляется по интерфейсу I<sup>2</sup>C.

Основные характеристики МЭМС-акселерометра:

- диапазон измерения  $\pm 1\text{g}$  (по запросу диапазон измерения может быть расширен до  $\pm 200\text{g}$ );
- нелинейность преобразования  $< 0,2\%$ ;
- максимальная частота обновления данных 90 Гц;
- шум выходного сигнала при частоте опроса 91 Гц  $< 0,2\text{mg}$ ;



Рис. 1. МЭМС ДУС серии 201МСУ1У



Рис. 2. МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л

- напряжение питания +2,7...+3,6 В или +4,75...+5,25 В;
- диапазон рабочих температур -50...+125°C.

Использование чувствительного элемента оригинальной конструкции позволило соблюсти необходимый баланс между высокой чувствительностью и повышенной стойкостью к воздействию внешних факторов. В результате смещение нуля МЭМС-акселерометра 202МСУ1Л, как и у гораздо более дорогих акселерометров компенсационного типа, не изменяется при вибрации основания. Высокая стабильность позволяет применять данный датчик в составе инклинометра, предназначенного для использования в сложных условиях эксплуатации. Этому способствует и высокая повторяемость нулевого сигнала после воздействия механических ударов.

В настоящее время ООО «ЛМП» совместно с заказчиками проводит испытания МЭМС-акселерометра 202МСУ1Л-1Ц (см. рис. 3), где в качестве датчика используется 202МСУ1Л, а для обработки сигнала применён 32-разрядный микроконтроллер с ядром Cortex-M0. Таким образом уда-

лось снизить температурную погрешность датчика до уровня менее 20mg в диапазоне рабочих температур -50...+85°C.

Отличительными особенностями МЭМС-акселерометра серии 202МСУ1Л являются малые габариты, высокая чувствительность, цифровой выход и стойкость к механическим воздействиям.

Разработанные в компании «Лаборатория Микроприборов» МЭМС-акселерометры и ДУС предназначены для построения систем ориентации и навигации, стабилизации платформ, создания охранных комплексов, для систем управления робототехническими комплексами и беспилотными летательными аппаратами, а также для решения других задач.

Одним из примеров успешного взаимодействия производителя с конечными потребителями является внедрение технических решений ООО «ЛМП» в систему управления беспилотным автомобилем совместно с командой кафедры «Организация и безопасность движения» университета МАДИ. Датчики, разработанные и изготовленные зеленоградской ком-



Рис. 3. МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л-1Ц

панией, применяются в системах стабилизации спутниковых антенн ООО «Технологии Радиосвязи». Ещё одним образцом успешного внедрения отечественной сенсорной продукции служит комплексная дорожная лаборатория «Трасса», разработанная ООО «Спецдортехника».

Расширенный температурный диапазон и повышенная стойкость к внешним воздействиям позволяют применять датчики компании ООО «ЛМП» в приборах, предназначенных для эксплуатации в сложных условиях. ©

# МЫ РАСТИМ БУДУЩЕЕ...





# ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Россия, 105318, Москва, Семеновская площадь, д.7, e-mail: info@favorit-ec.ru, тел/факс: +7(495) 627 76 24, www.favorit-ec.ru