

# Инерциальные МЭМС-системы от НПП «ГИРОНАВ»

Дмитрий ДАНИЛЬЦЕВ  
Александр КАБАНОВ  
Юрий ПОНОМАРЁВ, к. т. н.

В статье представлен обзор гироскопических модулей на основе МЭМС от компании НПП «ГИРОНАВ», описаны исполнения датчиков, их основные характеристики, а также средства отладки и разрабатываемые продукты.

Российская компания НПП «ГИРОНАВ», созданная в 2019 году, проектирует и выпускает инерциальные МЭМС-решения: гироскопические модули, системы ориентации и инерциальной навигации. Получив грант от Фонда содействия инновациям и привлекая частный капитал для создания испытательной лаборатории, коллектив НПП «ГИРОНАВ» начал разработку высокоточных инерциальных модулей на основе МЭМС. Позже в компанию сделало инвестиции АО «ЗНТЦ», обеспечив стабильное финансирование ведущих НИОКР.

Производственная площадка, офис и испытательная лаборатория НПП «ГИРОНАВ» располагаются в Зеленограде. Особое внимание при разработке уделяется настройкам и индивидуальной калибровке каждого из-

делия на поворотных стендах. Для всех модулей предусмотрен оптимальный алгоритм, учитывающий параметры движения и условия внешней среды, что позволяет создавать высокоточные и энергоэффективные приборы.

Первый продукт — гироскопические модули серии МР (рис. 1) — был представлен на форуме «Армия-2019» на стенде официального дилера — ГК «Радиянт». Гироскопический модуль (датчик угловых скоростей) серии МР предназначен для непрерывного измерения угловой скорости по трем ортогональным осям (рис. 2). Модуль обладает высокой температурной стабильностью

смещения нуля и масштабного коэффициента. Каждый прибор калибруется во всем рабочем температурном диапазоне. Модуль имеет цифровой выход (UART, SPI).

Гироскопы серии МР ориентированы на применение в составе систем ориентации малых БПЛА, для систем стабилизации оптико-электронных систем и т. п. Внешне датчик представляет собой миниатюрное устройство в 15-выводном металлостеклянном герметичном корпусе для выводного монтажа на печатную плату. Габариты модуля 29,4×19,4×10 мм, масса не более 10 г.

Для быстрой оценки характеристик гироскопов серии МР предлагается отладочная плата (рис. 3). Для удобства ее использования реализована возможность питания либо от источника с напряжением 12 В, либо от шины USB. Выполнена гальваническая изоляция интерфейсов. В комплекте поставляется ПО для быстрого старта.

В таблице приведены основные технические характеристики гироскопов серии МР.

На рис. 4 представлен типичный график вариации Аллана гироскопа МР300 с диапазоном измерения  $\pm 300^\circ/\text{с}$ . Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР300-Н показана на рис. 5. Нелинейность передаточной характеристики МР300-Н отображена на рис. 6.

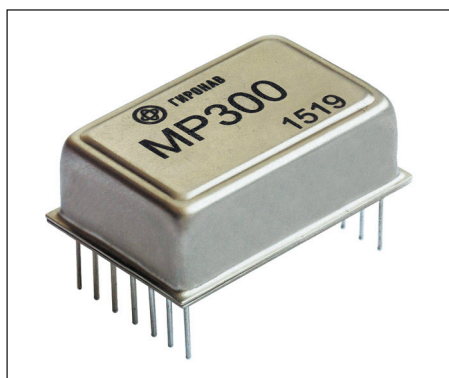


Рис. 1. Внешний вид гироскопического модуля серии МР

Таблица. Технические характеристики гироскопов серии МР

|   |  |
|---|--|
| Диапазон измерения (на выбор пользователя)                        | $\pm 75; \pm 150; \pm 300; \pm 900^\circ/\text{с}$ |
| Изменение масштабного коэффициента в диапазоне рабочих температур | $\pm 0,1\%$  |
| Нелинейность масштабного коэффициента                             | $\pm 0,1\%$  |
| Изменение смещения нуля в диапазоне рабочих температур            | $\pm 0,2^\circ/\text{с}$                           |
| Стабильность смещения нуля от включения к включению               | $\pm 0,2^\circ/\text{с}$                           |
| Нестабильность смещения нуля в запуске (вариация Аллана)          | норм. $7^\circ/\text{ч}$                           |
| Спектральная плотность шума                                       | $0,018^\circ/\text{с}/\sqrt{\text{Гц}}$            |
| Полоса пропускания по уровню -3 дБ                                | не более 160 Гц                                    |
| Частота обновления данных   | до 1000 Гц   |
| Диапазон рабочих температур                                       | $-40...+85^\circ\text{C}$                          |
| Напряжение питания  | $3,3\text{ В} \pm 5\%$                             |
| Потребляемый ток  | менее 20 мА  |
| Время готовности после подачи питания                             | менее 1 с  |
| Скорость обмена интерфейса SPI                                    | до 12 Мбит/с                                       |
| Масса   | не более 10 г                                      |

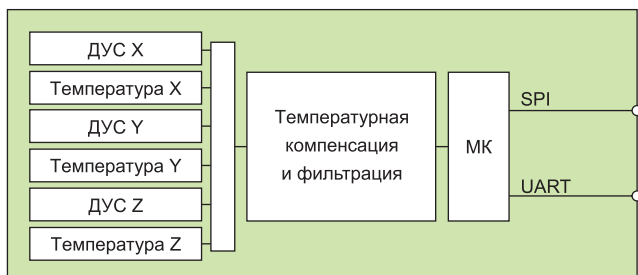


Рис. 2. Блок-схема гироскопа МР

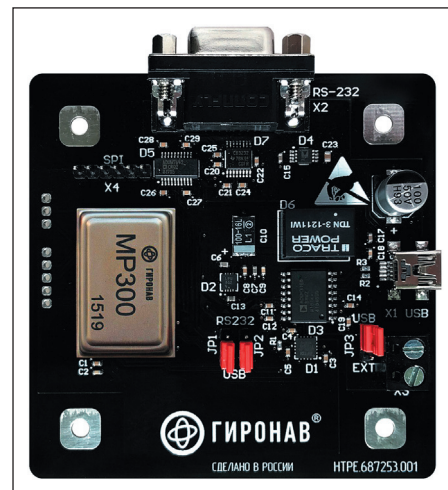


Рис. 3. Внешний вид отладочной платы HTPE.687253.001

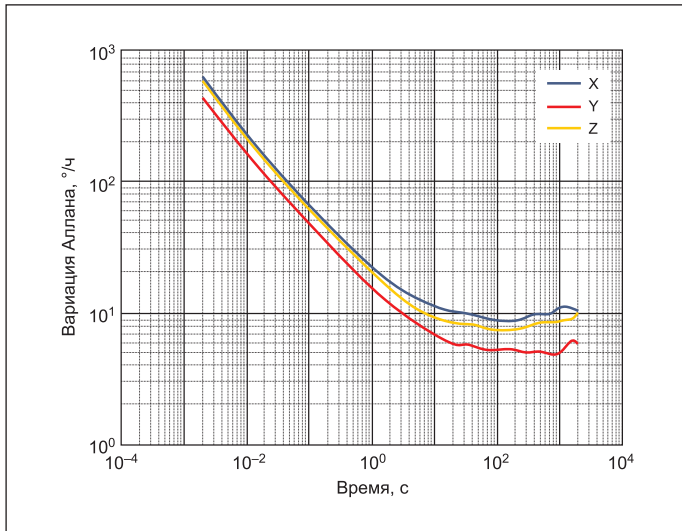


Рис. 4. Вариация Аллана датчика угловой скорости МР300

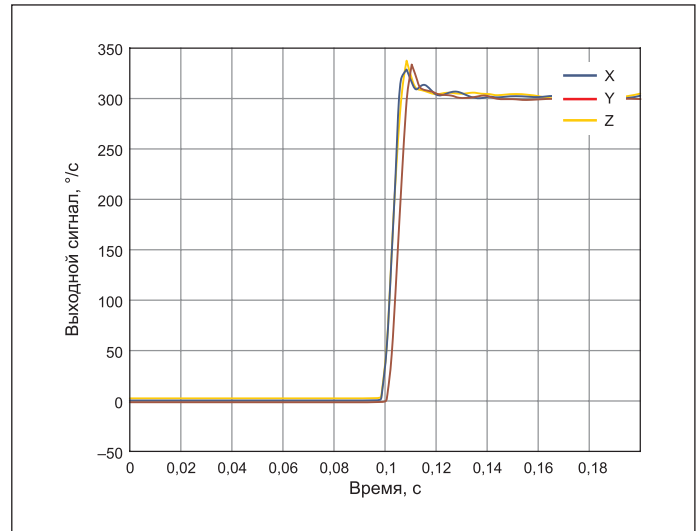


Рис. 5. Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР300-Н

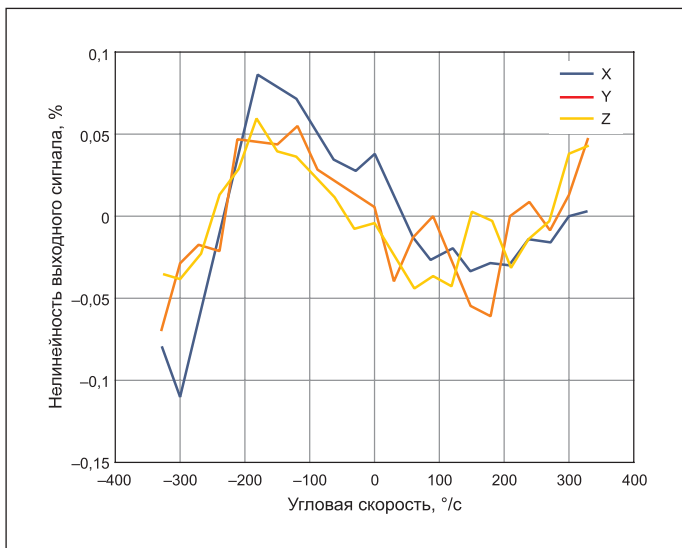


Рис. 6. Нелинейность передаточной характеристики МР300-Н

В распоряжении НПП «ГИРОНАВ» имеется испытательный центр. Весь процесс испытаний и калибровок реализован в автоматическом режиме. На одном стенде, состоящем из поворотного стола и камеры тепла-холода (рис. 7), за рабочую смену калибруется 12 гироскопических модулей серии МР в рамках стандартной процедуры. Для этого изготовлены высокоточные оснастки. Производственные мощности позволяют изготавливать более 2500 таких модулей в год.

### Заключение

В настоящий момент НПП «ГИРОНАВ» ведет активные НИОКР. Основная задача — разработка и вывод на рынок системы пространственной ориентации (курсовертикали) КВМ-1, определяющей углы крена, тангажа и курса как статических, так и динамических объектов. Планируемая погрешность измерения крена и тангажа в динамике не более  $0,5^\circ$ , курса  $2^\circ$ . Помимо КВМ-1 (рис. 8), ведется работа над высокостабильным трехосевым гироскопическим модулем Т-1 с нестабильностью нуля по Аллану менее  $5^\circ/\text{ч}$  и спектральной плотностью шума менее  $0,004^\circ/\text{с}/\sqrt{\text{Гц}}$ . Модификации Т-1 будут иметь как аналоговый, так и цифровой (RS-485) интерфейсы. Оба продукта предполагается реализовать в герметичных алюминиевых корпусах.



Рис. 7. Испытательное оборудование НПП «ГИРОНАВ»

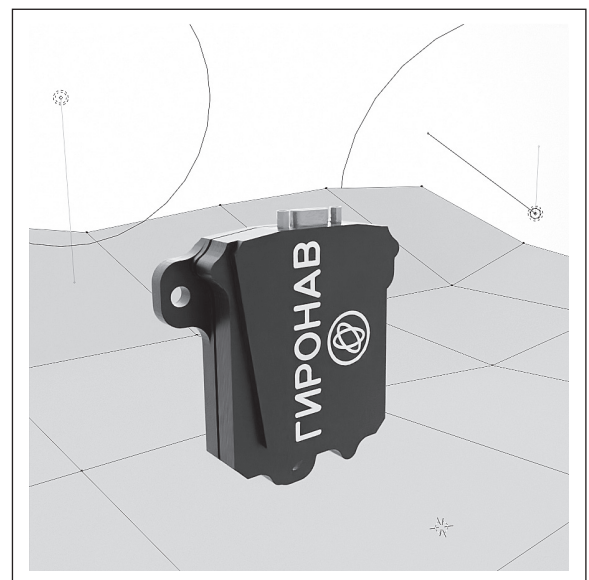


Рис. 8. Рендер корпуса экспериментального образца КВМ-1