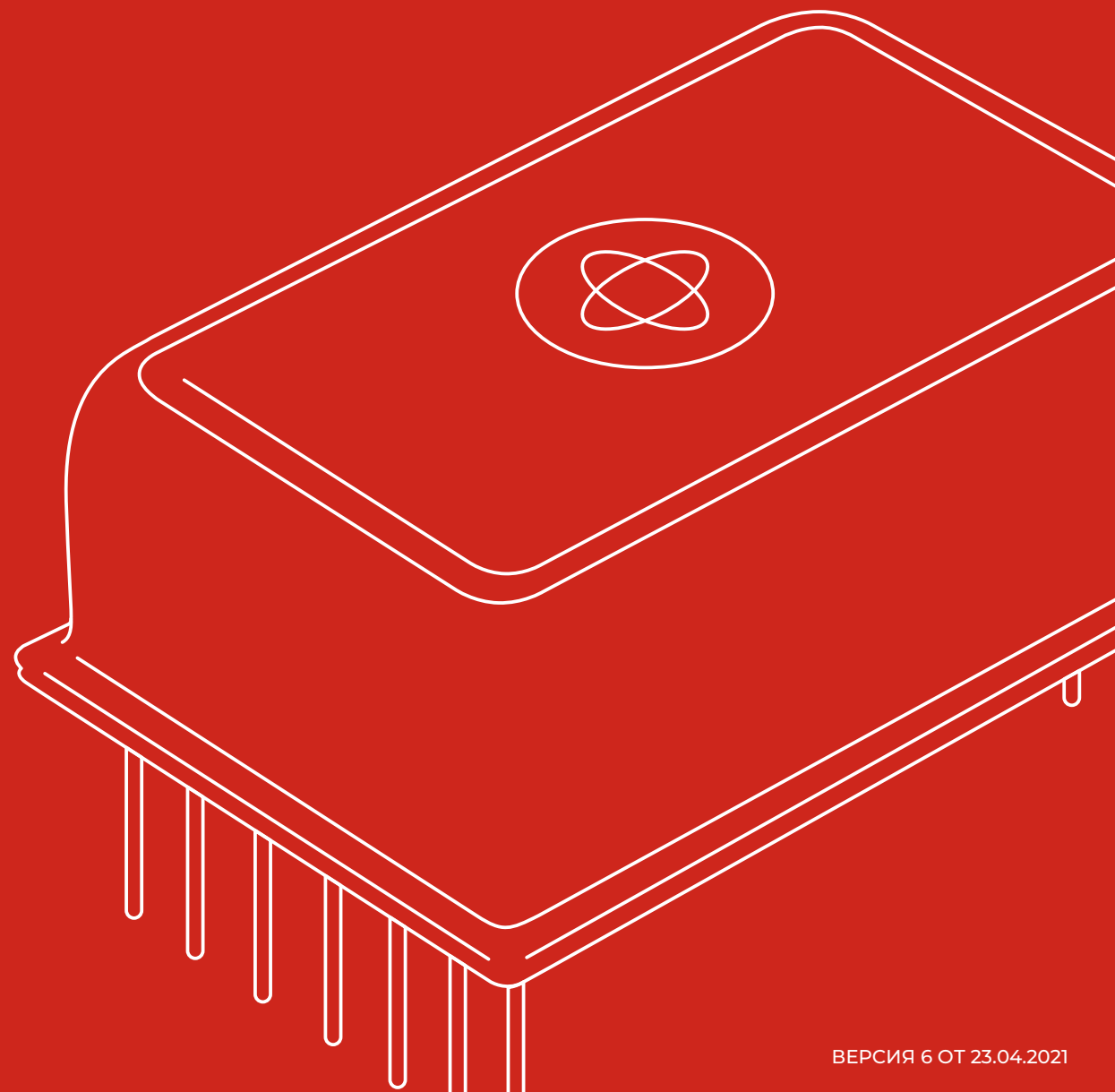




системы ориентации
и навигации



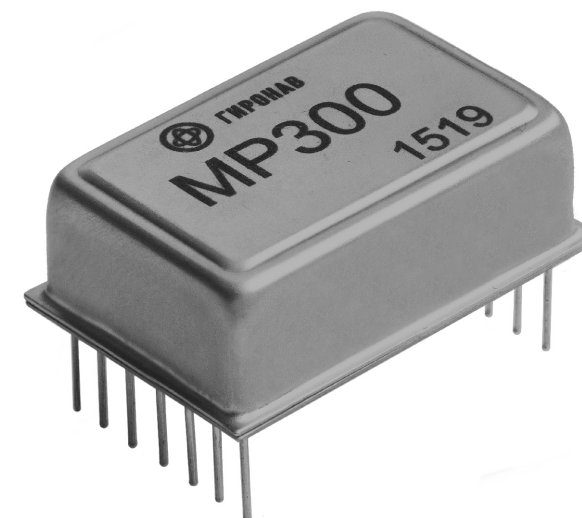
ГИРОСКОПЫ СЕРИИ МР

МЭМС-гироскоп (гироскопический модуль) серии МР предназначен для непрерывного измерения угловой скорости по трём ортогональным осям. Модуль обладает высокой температурной стабильностью смещения нуля и масштабного коэффициента.

Особенности и преимущества

- 3-х осевой МЭМС-гироскоп
- Диапазоны измерения ± 75 , ± 150 , ± 300 , $\pm 900^\circ/\text{с}$
- Высокая температурная стабильность
- Низкая нестабильность нуля
- Заводская калибровка нестабильности нуля и масштабного коэффициента
- Термокомпенсация
- Программируемый фильтр
- Энергоэффективность
- 32-битное ядро процессора ARM Cortex-M4
- Малые габариты
- Индустриальный диапазон температур
- Низкий шум
- Вывод угловых скоростей

ВНЕШНИЙ ВИД



Применение



Навигация, стабилизация



Робототехника



Виртуальная реальность



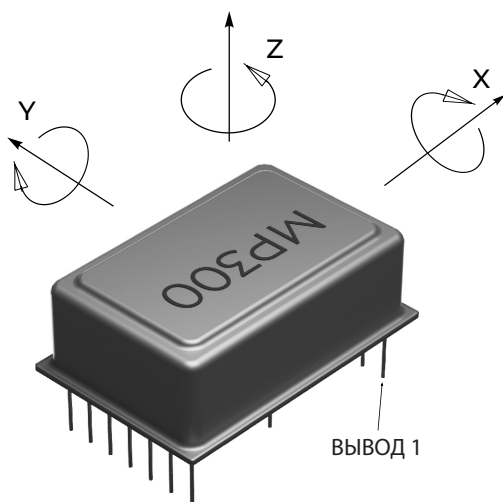
Контроль параметров движения

ОПИСАНИЕ

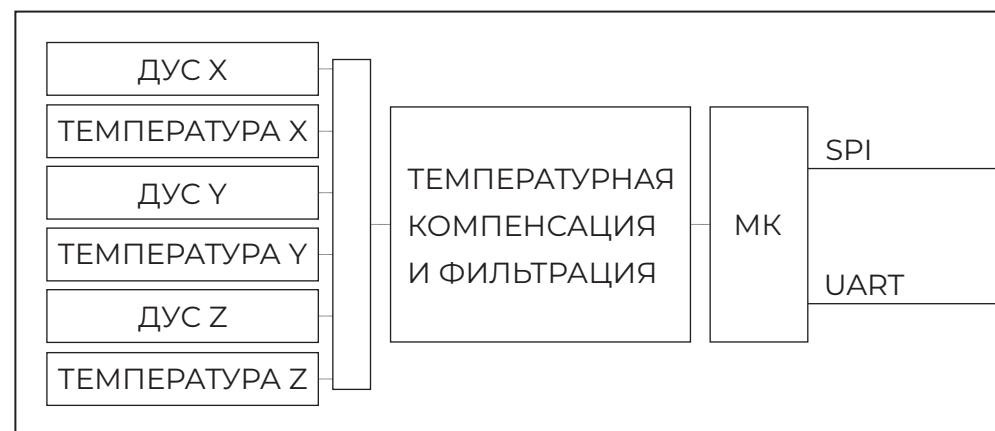
Гироскопы серии МР являются высокоточными устройствами. Каждый прибор настраивается на определенный диапазон угловых скоростей и имеет заводскую калибровку во всем диапазоне рабочих температур или в нормальных условиях в зависимости от буквенного обозначения прибора.

Модуль имеет цифровой выход (UART, SPI). Внешне датчик представляет собой миниатюрное устройство в металлостеклянном герметичном корпусе для выводного монтажа на печатную плату.

Ориентация осей



Функциональная схема



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерения	$\pm 75; \pm 150; \pm 300; \pm 900^\circ/\text{с}$
Неортогональность осей (максимальное значение)	1 мрад
Нелинейность масштабного коэффициента	$\pm 0,1\%$
Случайное угловое блуждание (вариация Аллана)	$0,2^\circ/\sqrt{\text{ч}}$
Нестабильность смещения нуля в запуске (вариация Аллана)	норм. $7^\circ/\text{ч}$
Спектральная плотность мощности шума (макс. значение для всех частот)	$0,018^\circ/\text{с}/\sqrt{\text{Гц}}$
Полоса пропускания по уровню -3 дБ	160 Гц
Внутренняя частота опроса датчиков	до 2000 Гц
Частота обновления данных	до 1000 Гц
Диапазон рабочих температур	$-40^\circ\text{C}..+85^\circ\text{C}$
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	10 г

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Напряжение питания	мин. $-0,3 \text{ В}$, макс. $+4,0 \text{ В}$
Температура эксплуатации	мин. -40°C , макс. $+100^\circ\text{C}$
Температура хранения	мин. -50°C , макс. $+125^\circ\text{C}$
Линейное ускорение	макс. 3500 g
Влажность	макс. 85%

ОПИСАНИЕ ЦИФРОВОГО ИНТЕРФЕЙСА UART

Параметры COM-порта в аппаратуре потребителя

```
BaudRate = 921600
Контроль четности = нет
Стоп-бит = 1
Биты данных = 8
Аппаратное управление потоком = нет
```

После подачи питания модуль выдает текстовую строку - идентификатор модуля: **GYRONAV MPxxx**, завершающуюся символами перевода строки и возврата каретки ('\r\n'), **xxx** - диапазон измерения. После этого (менее чем через 1 с) модуль выдает пакеты данных с частотой 1000 Гц.

Примеры использования команд

Чтение регистра по адресу 0x72

```
AT+0X72=?<CR>
```

Ответ:

```
AT+0X72=?<CR>
0x1a2b <CR>
```

Команда для записи регистра по адресу 0x72

```
AT+0X72=0x10<CR>
```

Ответ:

```
AT+0X72=0x10<CR>
0x10<CR>
```

КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА, КОМАНДЫ UART

Общие сведения о командах

Команда состоит из символов ASCII, всегда начинается с AT и заканчивается символом возврата каретки <CR>. После того, как команда была принята и обработана, в ответ приходит эхо команды, которое полностью повторяет команду, а также результат выполнения.

По умолчанию включен режим отправки автопакетов (регистр 0x70). Для удобства работы в режиме запросов необходимо остановить поток данных с помощью команды **AT+0X70=0x01<CR>**, вводите команду игнорируя данные с автопакетами.

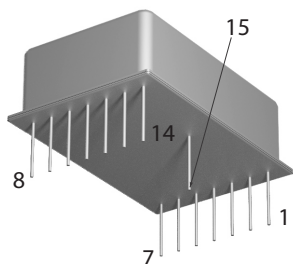
Список команд

1. **AT<CR>** - проверка работоспособности интерфейса
Ответ - **OK<CR>**
2. **AT+GETALL<CR>** - Выводит все регистры в формате:
ИМЯ+АДРЕС+РАЗРЕШЕНИЕ пробел
ИМЯ+АДРЕС+РАЗРЕШЕНИЕ... <CR>
Пример результата команды:
state+0x0+R software_v+0x1+R<CR>
Из ответа следует, что устройство имеет два регистра. Регистр с именем **state** расположен по адресу 0x00, запись в данный регистр запрещена. Регистр с именем **software_v** расположен по адресу 0x01, запись в данный регистр также запрещена
3. **AT+REG=?<CR>** - команда на чтение регистра, где **REG** может быть как именем, так и адресом регистра
4. **AT+REG=VAL<CR>** - команда на запись в регистр, где **REG** может быть как именем, так и адресом регистра, а **VAL** - это 32-битное число обычно целочисленного без знакового типа, если не указано иное

ТАБЛИЦА ВЫВОДОВ

Обозначение	Вывод	Направление	Описание
NC	1, 6, 13, 14	—	Без подключения
SPI SS	2	Вход	Сигнал SLAVE SELECT шины SPI
SPI CLK	3	Вход	Сигнал CLOCK шины SPI
SPI MISO	4	Выход	Сигнал MISO шины SPI
SPI MOSI	5	Вход	Сигнал MOSI шины SPI
NRST	7	Вход	Сигнал сброса
GND	8	Питание	Отрицательная шина питания
VDD	9	Питание	Положительная шина питания
UART TX	10	Выход	Вывод данных UART
UART RX	11	Вход	Ввод данных UART
D_RDY	12	Выход	Готовность пакета данных
КОРПУС	15	—	Необходимо подключить к отрицательной шине питания

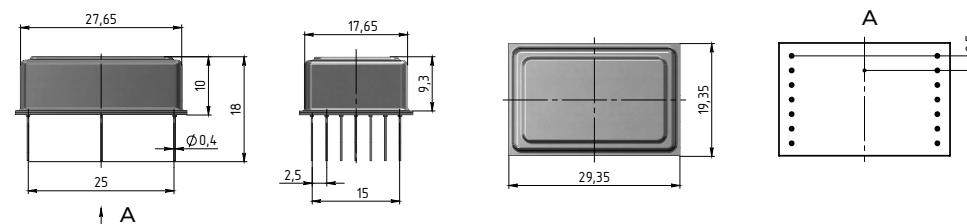
Обозначение выводов



1	NC	8	GND
2	SPI SS	9	VDD
3	SPI CLK	10	UART TX
4	SPI MISO	11	UART RX
5	SPI MOSI	12	D_RDY
6	MODE	13	NC
7	NRST	14	NC
		15	КОРПУС

Габаритный чертеж

Все размеры указаны в мм



АВТОПАКЕТЫ ДАННЫХ

Структура автопакетов

```

uint16_t start
uint32_t state
float x_gyro
float x_temper
float y_gyro
float y_temper
float z_gyro
float z_temper
uint32_t checksum
uint16_t stop
    
```

start - признак начала пакета: 0x2B 0x1A

x_gyro, y_gyro, z_gyro - вектор угловой скорости [°/с] в связанной СК*

x_temper, y_temper, z_temper - температура [°C] каждого датчика

checksum - контрольная сумма

stop - признак окончания пакета: 0x4B 0x3C

*СК - система координат

Начало пакета данных отмечается двумя байтами 0x2B 0x1A
 Конец пакета данных отмечается двумя байтами 0x4B 0x3C

Контрольная сумма - циклический избыточный код CRC-32 с полиномом 0x04C11DB7, начальным значением 0xffffffff и с постинверсией. Алгоритм применяется к w[3].

Пример использования в языке python:

```

crc_function = crcmod.mkCrcFun(0x104c11db7,
    initCrc=0xffffffff, xorOut=0xffffffff)
    
```

ОПИСАНИЕ ЦИФРОВОГО ИНТЕРФЕЙСА SPI

Описание работы

SPI интерфейс работает в полнодуплексном режиме в качестве ведомого устройства (*slave*). Интерфейс включается при нахождении SPI SS в логическом нуле. Каждая передача начинается с низкого уровня (CPOL=0) сигнала на линии синхронизации (SPI SCK). Выборка производится по переднему фронту (CPHA=0).

Алгоритм записи в регистр устройства:

- Выставить сигнал SPI SS в состояние логического нуля;
- Передать адрес регистра (1 байт). Старший бит всегда равен 1;
- Передать значение регистра (4 байта);
- Передать контрольную сумму (1 байт);
- Выставить сигнал SPI SS в состояние логической единицы.

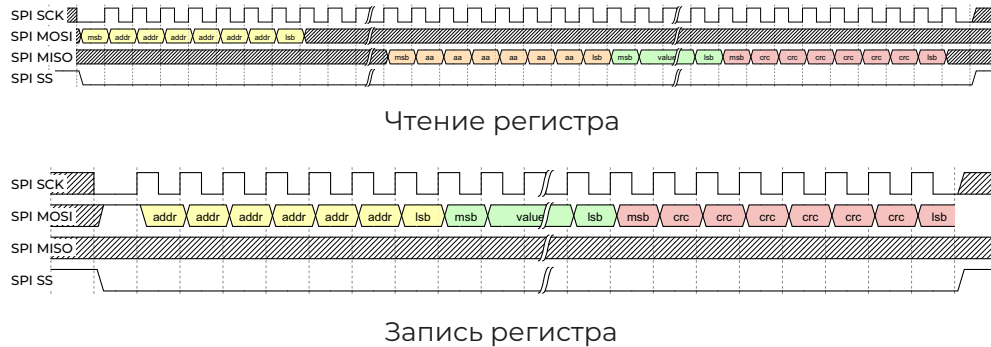
После того, как значение попало в регистр, следует подождать 1 секунду для записи значения.

Алгоритм чтения регистра устройства:

- Выставить сигнал SPI SS в логический ноль;
- Передать адрес регистра (1 байт). Старший бит всегда равен 0;
- Принимать по одному пустому байту (*dummy byte*) до тех пор, пока не будет получено значение 0xAA (как правило, после 2-4 байтов);
- Принять значение регистра (4 байта);
- Принять значение контрольной суммы (1 байт);
- Выставить сигнал SPI SS в логическую единицу.

ОПИСАНИЕ ЦИФРОВОГО ИНТЕРФЕЙСА SPI

Временные диаграммы SPI для чтения и записи регистров



РЕЖИМЫ РАБОТЫ SPI

Запрос на чтение

Первый байт (командный) - адрес регистра. Старший бит всегда 0. После командного байта задержка не менее 3 мс. После задержки считывается байт константа (0xAA), 4 байта — значение регистра, 1 байт контрольная сумма (побайтный XOR всех байтов кроме константы).

Запрос на запись

Первый байт (командный) - адрес регистра. Старший бит всегда 1. После командного байта по шине MOSI передается значение регистра — 4 байта. Последний байт — контрольная сумма (XOR всех байтов).

Режим nonstop (burst)

Для чтения данных линия SPI_SS должна быть в нуле. В данном режиме передается автопакет. Передача нового автопакета происходит после импульса на линии D_RDY.

РЕГИСТРЫ

Общие сведения о регистрах

Регистры хранят данные устройства, которые можно считать или изменить с помощью команд, указанных выше. Все регистры устройства имеют длину 32 бита, если не указано иное. Регистры используют порядок байтов *little-endian*. Регистры имеют права доступа. Регистры, помеченные W, можно изменять; помеченные R - только для чтения. Каждый регистр имеет уникальный адрес, например, 0x10 для x_gyro.

Таблица регистров

Адрес	Имя	Права	Краткое описание
Состояние			
0x00	state	R	Код текущего состояния 0 - ошибок нет
0x01	software_v	R	Версия ПО
0x02	hardware_v	R	Версия модуля
0x03	id	R	Уникальный номер
0x04	upTime	R	Время работы в мс
0x05	gyro_range	R	Диапазон измерения
Данные оси X			
0x10	x_gyro	R	Угловая скорость по оси X
0x11	x_temper	R	Температура канала X
0x14	x_user_offset	WR	Смещение нуля канала X
Данные оси Y			
0x20	y_gyro	R	Угловая скорость по оси Y
0x21	temper_y	R	Температура канала Y
0x24	y_user_offset	WR	Смещение нуля канала X

РЕГИСТРЫ

Таблица регистров продолжение

Адрес	Имя	Права	Краткое описание
Данные оси Z			
0x30	z_gyro	R	Угловая скорость по оси Z
0x31	z_temper	R	Температура канала Z
0x34	z_user_offset	WR	Смещение нуля канала Z
Настройка работы устройства			
0x40	spi_mode	WR	Настройка
0x41	gyro_average_width	WR	Ширина фильтра усреднения
0x42	gyro_ctl	WR	бит 0: КИХ фильтр бит 1: Автокалибровка бит 2: Самотестирование
Настройки интерфейса и протокола UART			
0x70	UartMode	WR	Настройка режима автоматической отправки пакетов
0x71	UartBaudRate	R	Настройка скорости интерфейса
0x72	UartContinPacketStart	R	Признак начала пакета
0x73	UartContinPacketStop	R	Признак окончания пакета
0x7C	UartContinPacketMask1	R	Маска 1 формирования пакета
0x7D	UartContinPacketMask2	R	Маска 2 формирования пакета
0x7E	UartContinPacketMask3	R	Маска 3 формирования пакета
0x7F	UartContinPacketMask4	R	Маска 4 формирования пакета

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров состояния

Имя: **state**
 Адрес: **0x00**
 Ограничения: только чтение
 Описание: постоянно обновляемое текущее состояние прибора:
 0 - ошибок нет
 1 - критическая ошибка

Имя: **software_v**
 Адрес: **0x01**
 Ограничения: только чтение
 Описание: версия встраиваемого ПО

Имя: **hardware_v**
 Адрес: **0x02**
 Ограничения: только чтение
 Описание: версия модуля

Имя: **id**
 Адрес: **0x03**
 Ограничения: только чтение
 Описание: уникальный идентификатор модуля

Имя: **upTime**
 Адрес: **0x04**
 Ограничения: только чтение
 Описание: время работы прибора после подачи питания
 Размерность: миллисекунды

Имя: **gyro_range**
 Адрес: **0x05**
 Ограничения: только чтение
 Описание: диапазон измерения модуля
 возможные значения регистра: 75, 150, 300, 900

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров данных

Имя: float x_gyro

Адрес: 0x10

Ограничения: только чтение

Описание: угловая скорость относительно оси X

Размерность: градус в секунду

Имя: x_temper

Адрес: 0x11

Ограничения: только чтение

Описание: температура канала X

Размерность: градусы Цельсия

Имя: x_user_offset

Адрес: 0x14

Ограничения: чтение/запись

Описание: смещение угловой скорости канала X

Размерность: градус в секунду

Имя: y_gyro

Адрес: 0x20

Ограничения: только чтение

Описание: угловая скорость относительно оси Y

Размерность: градус в секунду

Имя: y_temper

Адрес: 0x21

Ограничения: только чтение

Описание: температура канала Y

Размерность: градусы Цельсия

Имя: y_user_offset

Адрес: 0x24

Ограничения: чтение/запись

Описание: смещение угловой скорости канала Y

Размерность: градус в секунду

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров данных продолжение

Имя: z_gyro

Адрес: 0x30

Ограничения: только чтение

Описание: угловая скорость относительно оси Z

Размерность: градус в секунду

Имя: z_temper

Адрес: 0x31

Ограничения: только чтение

Описание: температура канала Z

Размерность: градусы Цельсия

Имя: z_user_offset

Адрес: 0x34

Ограничения: чтение/запись

Описание: смещение угловой скорости канала Z

Размерность: градус в секунду

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров настройки работы устройства

Имя: `spi_mode`

Адрес: `0x40`

Ограничения: чтение/запись

Имя: `gyro_average_width`

Адрес: `0x41`

Ограничения: чтение/запись, диапазон значений 1 .. 1000

Описание: настройка фильтра, при значении 1 фильтр выключен, при значении большем или равном 2, частота обновления данных уменьшается пропорционально размеру буфера.

Размерность: ширина фильтра усреднения

Имя: `gyro_ctl`

Адрес: `0x42`

Ограничения: чтение/запись

Описание: бит 0 : 0 - КИХ фильтр выключен
1 - КИХ фильтр включен

бит 1 : автокалибровка смещения нулей осей x, y, z.
Автокалибровку необходимо запускать, когда модуль находится в покое, после запуска модуль в течение секунды анализирует данные угловой скорости каналов x, y, z, усредняет их и вносит поправки смещения нуля в регистры `x_user_offset`, `y_user_offset`, `z_user_offset`. Сразу после калибровки бит 1 автоматически переводится в нулевое состояние

бит 2 : самотестирование позволяет проверить работоспособность каналов угловой скорости X,Y,Z. В режиме самотестирования каждый канал должен показать значение близкое к 50°/с, данные значения не являются калиброванными и могут существенно отличаться друг от друга

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров настройки интерфейса UART

Имя: `uartMode`

Адрес: `0x70`

Ограничения: чтение/запись

Описание:

0 - Режим автоматической отправки сообщений с циклически избыточным кодом (CRC), по умолчанию
1 - Режим запросов, модуль отправляет только ответы на запросы

Имя: `uartBaudRate`

Адрес: `0x71`

Ограничения: чтение

Описание: устанавливает скорость обмена данными по интерфейсу UART

Имя: `uartContPacketStart`

Адрес: `0x72`

Ограничения: чтение

Описание: устанавливает признак начала автопакета. Длина признака начала пакета меняется относительно значения, записанного в регистр, например, при значении `0x01A2` длина признака начала будет равна 2 байтам, при значении `0x001A` - 1 байт

Имя: `uartContPacketStop`

Адрес: `0x73`

Ограничения: чтение

Описание: устанавливает признак окончания автопакета. Длина признака окончания пакета меняется относительно значения, записанного в регистр, например, при значении `0x01A2` длина признака начала будет равна 2 байтам, при значении `0x001A` - 1 байт

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров настройки интерфейса UART продолжение

Имя: `uartContinPacketMask1`

Адрес: `0x7C`

Ограничения: чтение

Описание: формирует автопакет. Каждый бит данного регистра соотносится с регистрами, которые должны быть включены в автопакет, то есть, если бит 0 выставлен в единицу, то регистр с адресом `0x00` будет включен в автопакет. Автопакет формируется из регистров с адресами `0x00 - 0x1F`

Имя: `uartContinPacketMask2`

Адрес: `0x7D`

Ограничения: чтение

Описание: формирует автопакет. Каждый бит данного регистра соотносится с регистрами, которые должны быть включены в автопакет, то есть, если бит 0 выставлен в единицу, то регистр с адресом `0x20` будет включен в автопакет. Автопакет формируется из регистров с адресами `0x20 - 0x3F`

Имя: `uartContinPacketMask3`

Адрес: `0x7E`

Ограничения: чтение

Описание: формирует автопакет. Каждый бит данного регистра соотносится с регистрами, которые должны быть включены в автопакет, то есть, если бит 0 выставлен в единицу, то регистр с адресом `0x40` будет включен в автопакет. Автопакет формируется из регистров с адресами `0x40 - 0x5F`

РЕГИСТРЫ, ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Группа регистров настройки интерфейса UART продолжение

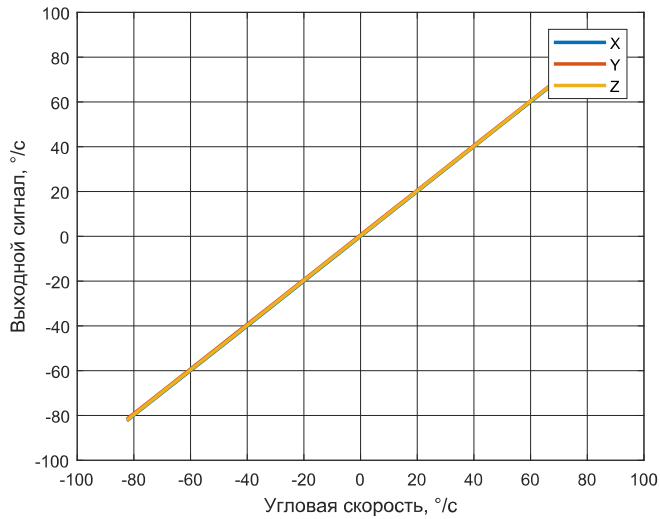
Имя: `uartContinPacketMask4`

Адрес: `0x7F`

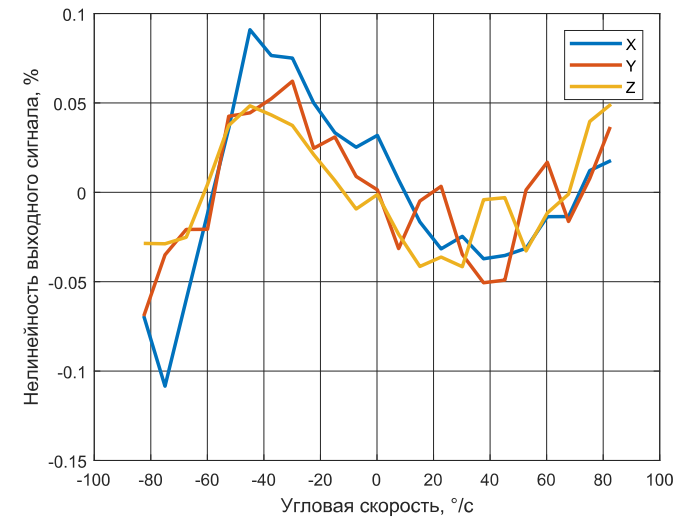
Ограничения: чтение

Описание: формирует автопакет. Каждый бит данного регистра соотносится с регистрами, которые должны быть включены в автопакет, то есть, если бит 0 выставлен в единицу, то регистр с адресом `0x60` будет включен в автопакет. Автопакет формируется из регистров с адресами `0x60 - 0x7F`

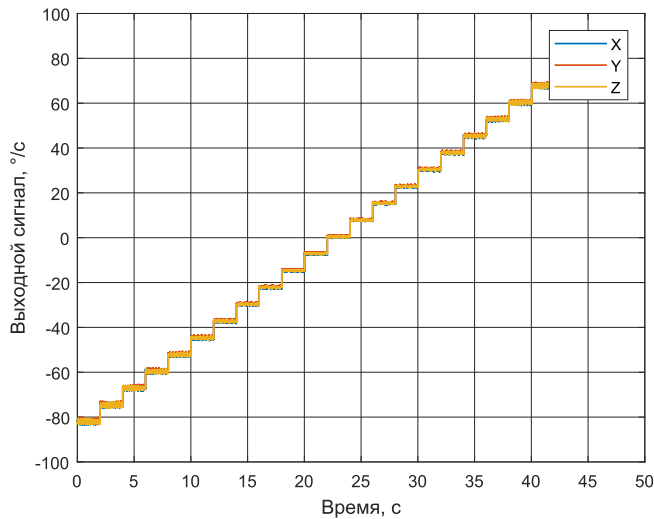
Передаточная характеристика MP75-H



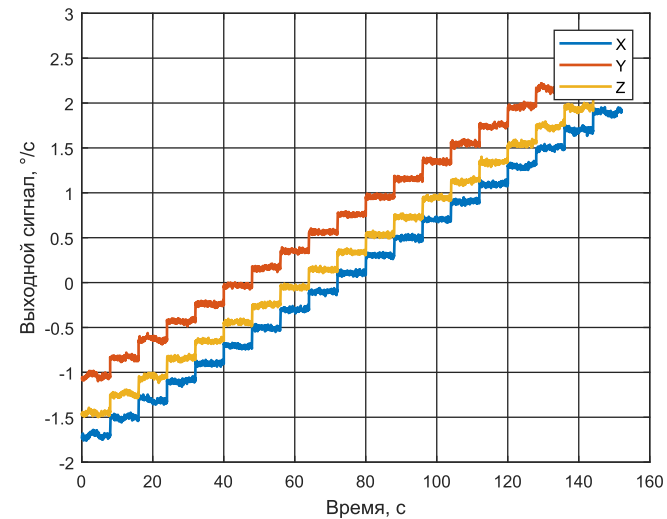
Нелинейность MP75-H



Реакция на изменение угловой скорости MP75-H



Реакция на малое изменение угловой скорости MP75-H



Сложное изменение угловой скорости МР75-Н

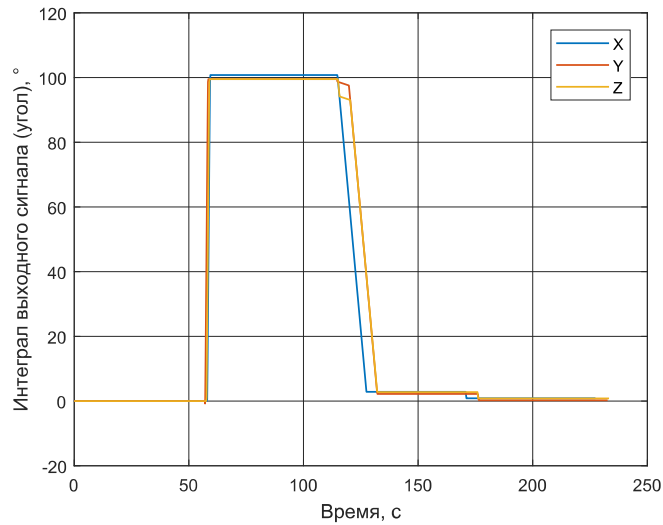
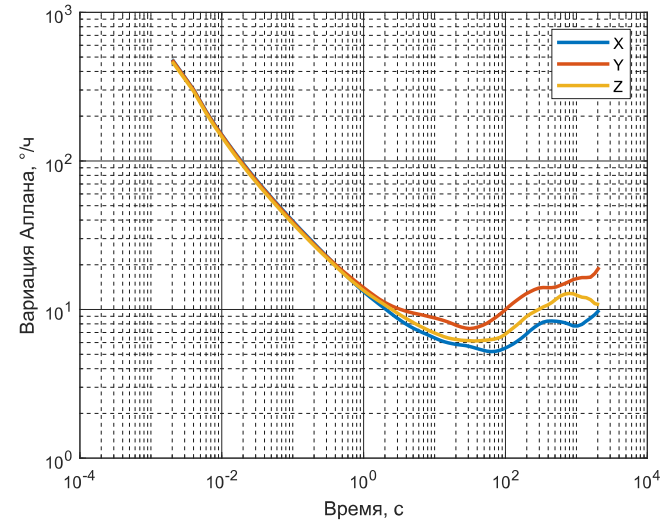
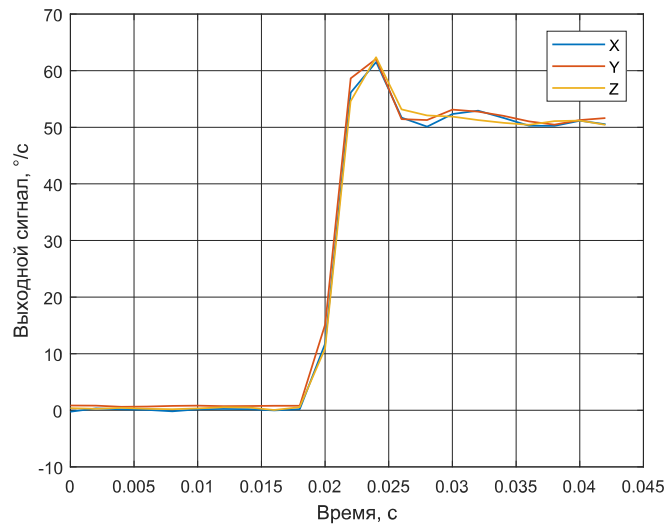


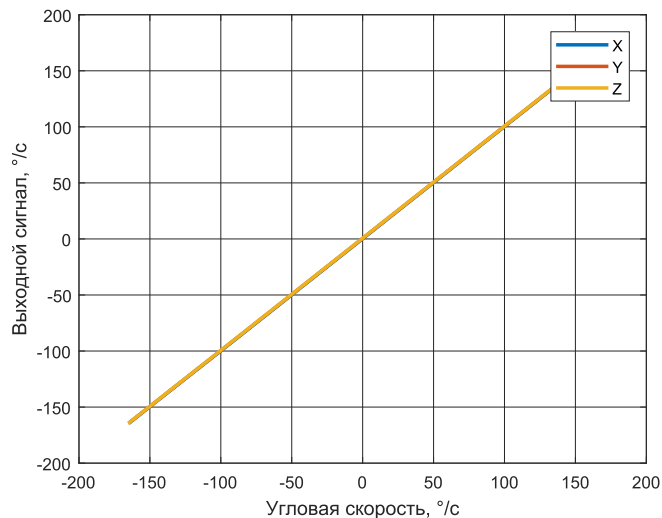
Диаграмма Аллана МР75-Н



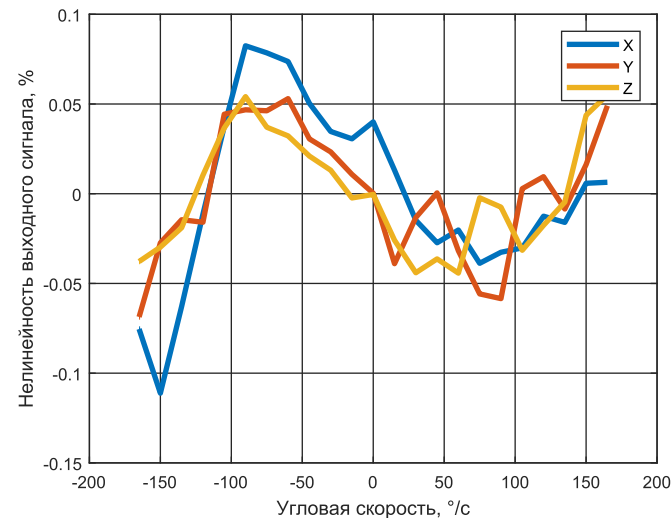
Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР75-Н



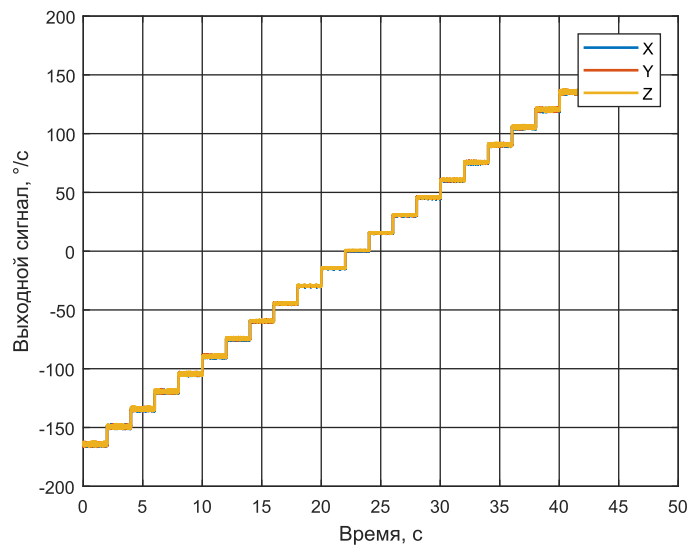
Передаточная характеристика MP150-H



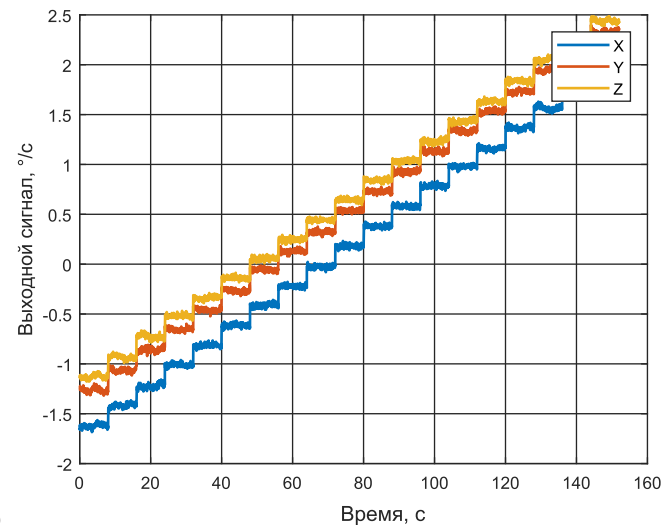
Нелинейность MP150-H



Реакция на изменение угловой скорости MP150-H



Реакция на малое изменение угловой скорости MP150-H



Сложное изменение угловой скорости МР150-Н

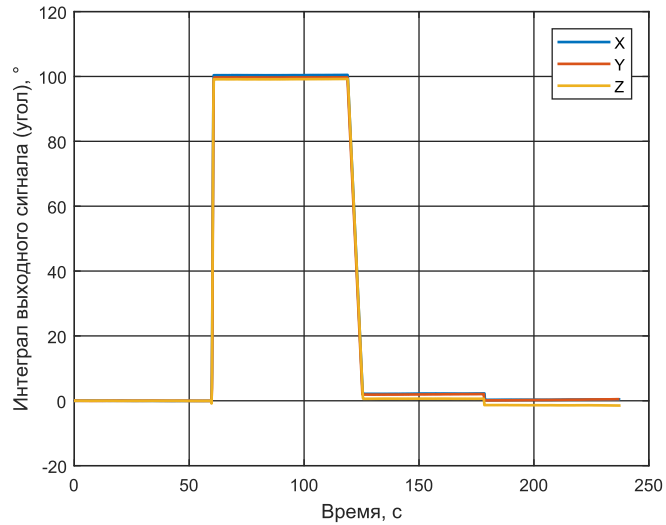
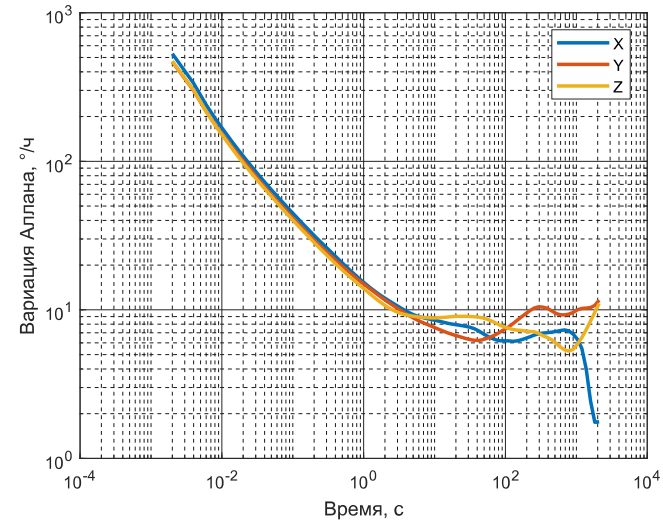
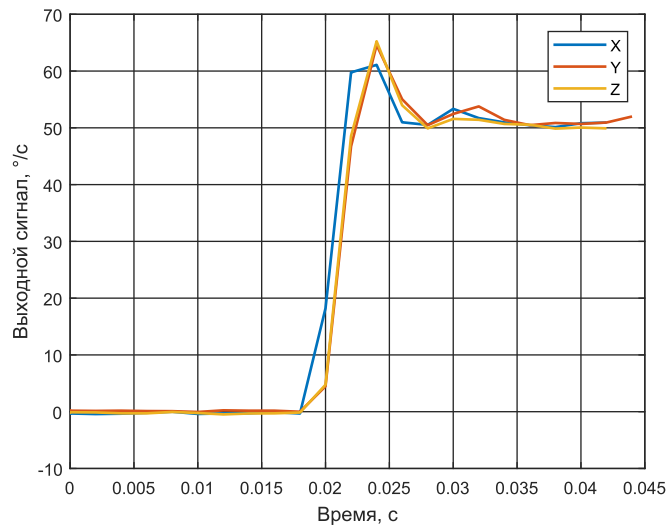


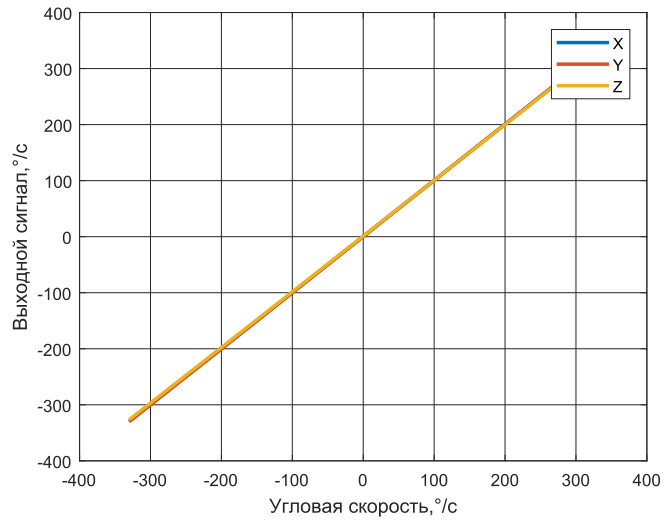
Диаграмма Аллана МР150-Н



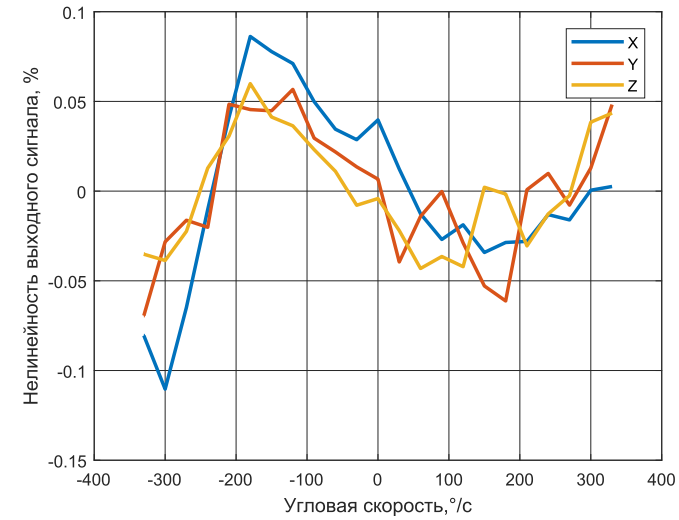
Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР150-Н



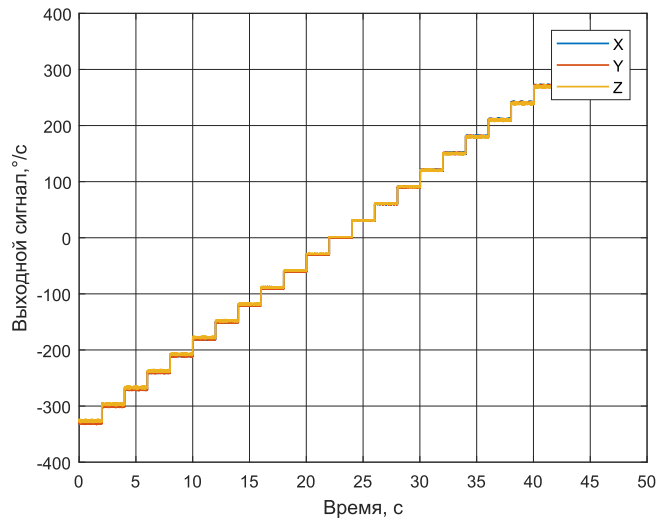
Передаточная характеристика MP300-H



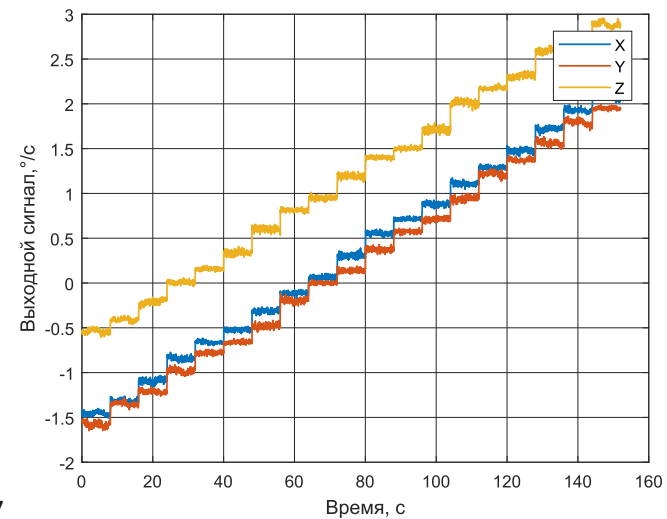
Нелинейность MP300-H



Реакция на изменение угловой скорости MP300-H



Реакция на малое изменение угловой скорости MP300-H



Сложное изменение угловой скорости МР300-Н

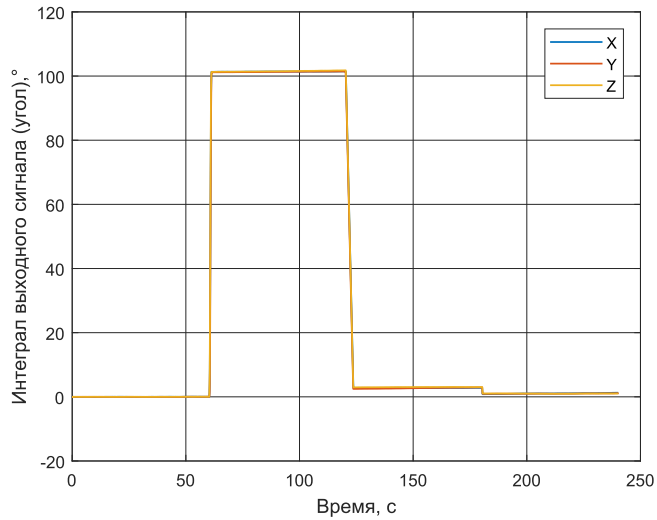
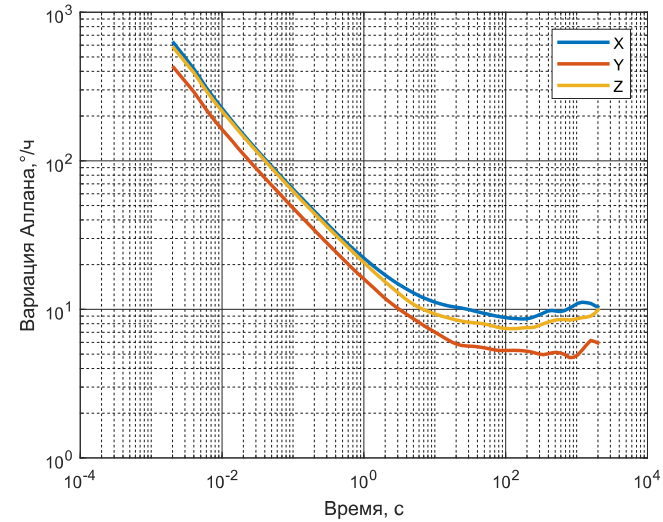
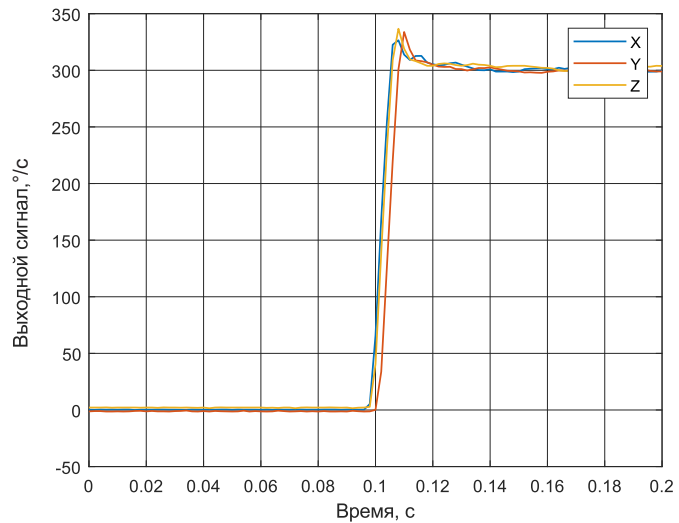


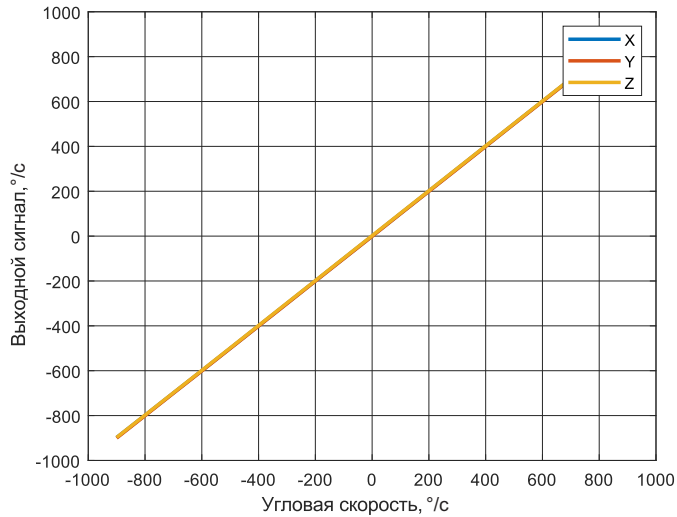
Диаграмма Аллана МР300-Н



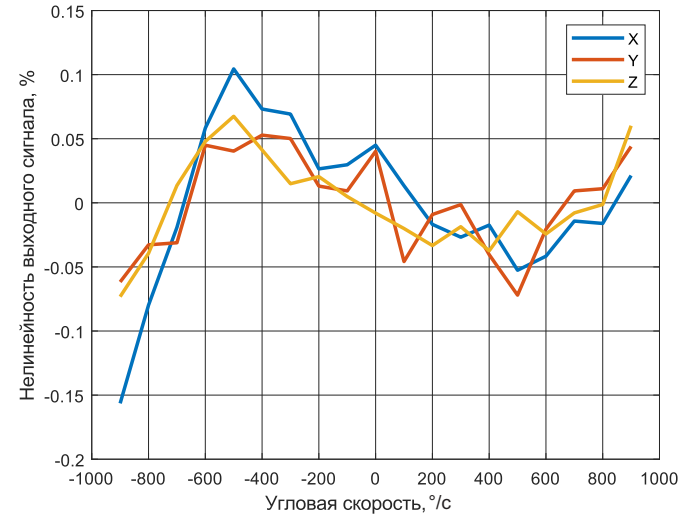
Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР300-Н



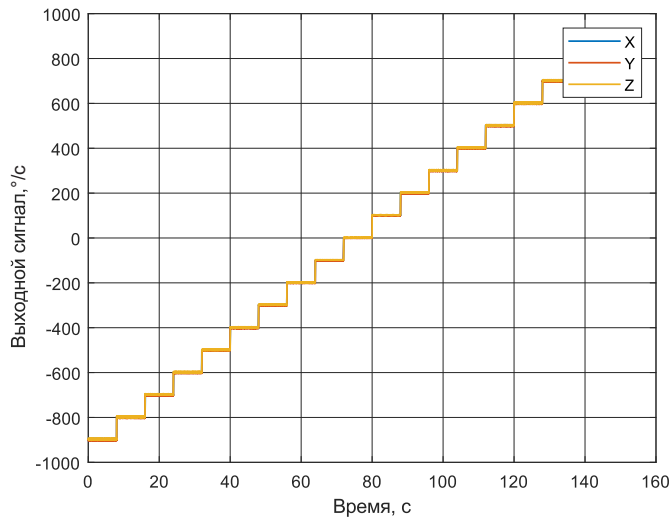
Передаточная характеристика MP900-H



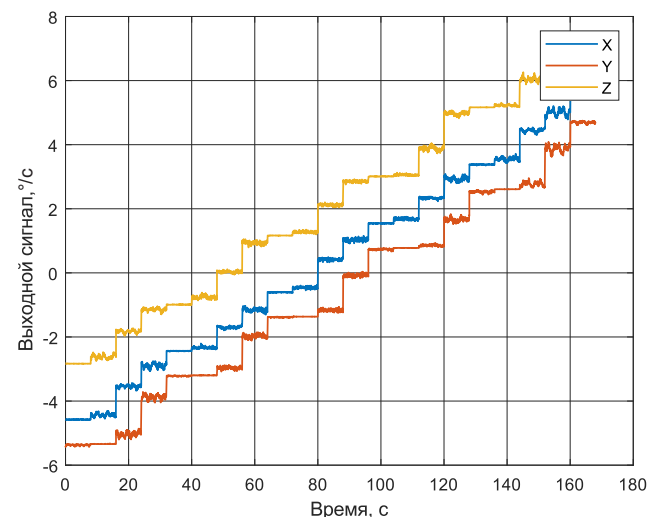
Нелинейность MP900-H



Реакция на изменение угловой скорости MP900-H



Реакция на малое изменение угловой скорости MP900-H



Сложное изменение угловой скорости МР900-Н

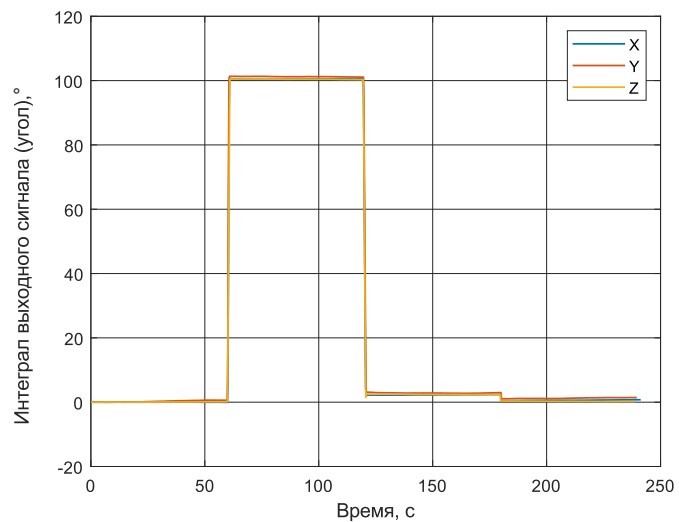
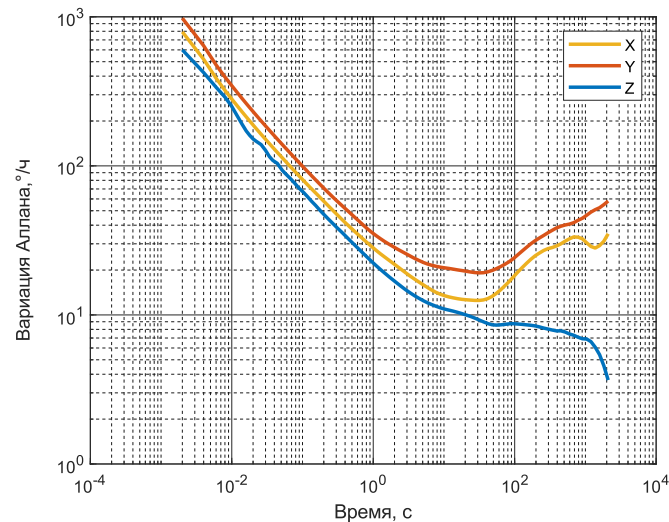
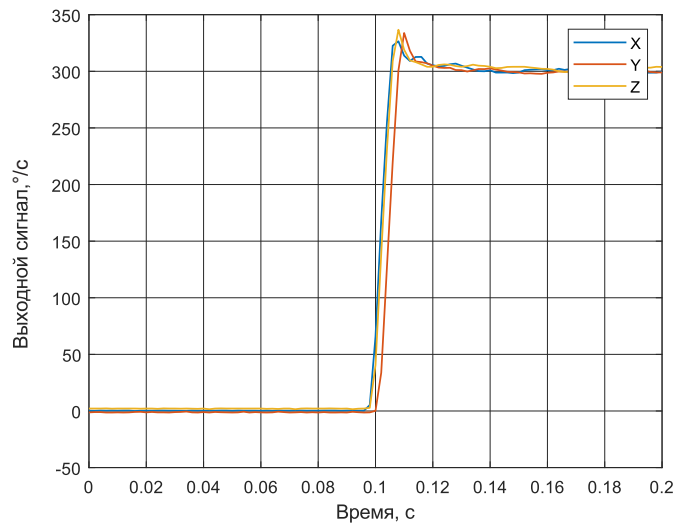


Диаграмма Аллана МР900-Н



Реакция на быстрое изменение угловой скорости МР900-Н



ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

MP
серия

75 (150, 300, 900)

-К (Н)

Максимальный диапазон измерения

75 = $\pm 75^{\circ}/c$ 150 = $\pm 150^{\circ}/c$ 300 = $\pm 300^{\circ}/c$ 900 = $\pm 900^{\circ}/c$

К - Заводская компенсация погрешностей масштабного коэффициента, смещения нуля и перекрестных связей в диапазоне рабочих температур

Н - Заводская компенсация погрешностей масштабного коэффициента, смещения нуля и перекрестных связей в нормальных условиях

Пример обозначения:

MP75-К, диапазон измерения $\pm 75^{\circ}/c$, с заводской компенсацией погрешностей масштабного коэффициента, смещения нуля и перекрестных связей в диапазоне рабочих температур