

# ТРЕХОСНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ТИУС200

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЧАСТЬ А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ
2. НАЗНАЧЕНИЕ
3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
4. СОСТАВ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ
5. ВЫХОДНОЙ ИНТЕРФЕЙС
6. ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

### ЧАСТЬ Б. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ
2. ПРОВЕРКА
3. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ
4. ПОРЯДОК РАБОТЫ
5. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ

### ЧАСТЬ В. ПРИЛОЖЕНИЯ

1. СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ С ЦИФРОВЫМ ВЫХОДОМ
2. ГАБАРИТНО-УСТАНОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ
3. ПРИМЕРЫ ПАКЕТОВ ПРОТОКОЛА ОБМЕНА

## А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Прибор ТИУС200(Рис.1) – это трехосный волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) с замкнутым контуром обратной связи. Его принцип действия основан на релятивистском эффекте Саньяка. Каждый из трех датчиков выполнен по схеме «минимальной конфигурации», обеспечивающей взаимность оптических путей для двух световых волн, распространяющихся навстречу друг другу в волоконном контуре.

ТИУС200 – это надежный и прочный прибор, не требующий обслуживания в течение всего срока эксплуатации и хранения. Прибор обладает высокой устойчивостью к электромагнитным помехам, механическим и температурным возмущениям. Уникальное сочетание точностных и эксплуатационных характеристик открывает новые возможности при создании измерительных, навигационных и контрольных систем нового поколения.



### 2. НАЗНАЧЕНИЕ

Прибор ТИУС200 предназначен для использования в различных областях техники с целью измерения и контроля угловой скорости вращения в инерциальном пространстве. Величина и знак угловой скорости по каждой оси в виде трех 32-х разрядных чисел с плавающей запятой через асинхронный последовательный гальванически развязанный интерфейс RS-485 (стандарт TIA/EIA – 485) в соответствии с протоколом обмена SSP2.1 (H.Spencer, Simple Serial Protokol (SSP), Version 2.1 Rev.2.1, 2004);

Прибор сохраняет свои характеристики при следующих условиях эксплуатации:

- температура окружающей среды в интервале от минус 20 до 50°C и скорости изменения температуры не более 0,5°C/мин.;
- давление до  $10^{-4}$  мм рт.ст.;
- вибрация 20Гц...2кГц, 2g
- удары ускорения до 40g, 3мс и 120g, 1мс.

### 3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	Параметр	Единица	Значение	Примечание
1	Диапазон измерения угловой скорости	°/с	> ±700	
2	Случайная составляющая нулевого при фиксированной температуре.	°/ч	< 10.0	
3	Случайная составляющая нулевого сигнала в диапазоне рабочих температур от минус 20°C до +50 °C	°/ч	< 30.0	
4	Погрешность масштабного коэффициента	%	< 0.5	
5	Полоса пропускания	Гц	> 100	
6	Спектральная плотность мощности шума	°/√ч	< 0.05	
7	Время функциональной готовности	с	< 3	
8	Время точностной готовности	мин	< 30	
9	Напряжение питания	В	5	
10	Потребляемая мощность	Вт	< 8	

## 4. СОСТАВ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Датчик ТИУС200 содержит в себе источник света (суперлюминесцентный диод СЛД), деполаризатор, три фото-приемных устройства (УФП), волоконные разветвители (1:1 и 1:2), разделяющие излучение на три канала, три кольцевых интерферометра Саньяка, чувствительных к трем ортогональным осям, и блока электроники, предназначенного для управления режимом работы СЛД, обработки сигналов с фотодетектора, управления фазовым модулятором и передачи информации о величине

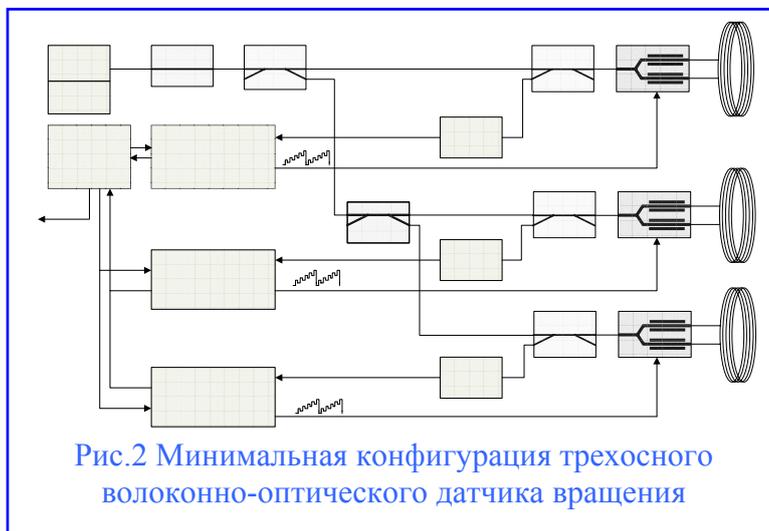


Рис.2 Минимальная конфигурация трехосного волоконно-оптического датчика вращения

угловой скорости по интерфейсу RS-485. Кольцевой интерферометр Саньяка состоит из многофункционального интегрально-оптического элемента (МИОЭ) и волоконного контура.

В ТИУС используется один излучатель на три волоконных контура. Использование трех УФП позволяет вести непрерывную обработку сигнала с трех каналов независимыми блоками цифровой обработки (БЦО). Каждый из БЦО формирует напряжения для получения пилообразной компенсирующей ступенчатой модуляции света для компенсации разности фаз Саньяка и для внесения постоянного фазового сдвига между встречными световыми волнами на  $\pi/2$  рад, с помощью вспомогательной фазовой модуляции.

Аналоговый сигнал о наличии угловой скорости (сигнал рассогласования) с УФП поступает на аналогово-цифровой преобразователь АЦП. Высокоскоростной АЦП под управлением цифрового автомата, реализованного на ПЛИС, преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает в ПЛИС. В ПЛИС цифровой сигнал с АЦП демодулируется и полученный цифровой код со знаком, соответствующий знаку сигнала рассогласования, поступает на цифровой интегратор. Код с интегратора используется для получения наклона фазовой «пилы», соответствующего скорости вращения. Преобразованный в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) сигнал в виде ступенчатого пилообразного напряжения поступает на МИОЭ. Контур обратной связи замыкается с помощью пилообразной фазовой модуляции. Амплитуда фазовой модуляции автоматически поддерживается у значения  $2\pi$  рад. В этом случае, как известно, разность фаз Саньяка компенсируется сигналом с частотой  $f$ , определяемой соотношением:

$$f = \frac{D}{\lambda n} \Omega,$$

где  $\Omega$  - скорость вращения,  $D$  - диаметр ВК,  $n$  – эффективный показатель преломления моды в волокне,  $\lambda$  – длина волны в вакууме.

В приборе используются два способа определения скорости вращения. В первом способе происходит непосредственное измерение частоты следования спадов «пилы». При этом, появление каждого спада соответствует приращению угла поворота канала ТИУС вокруг оси, перпендикулярной ВК, на  $\lambda n/D$  рад.

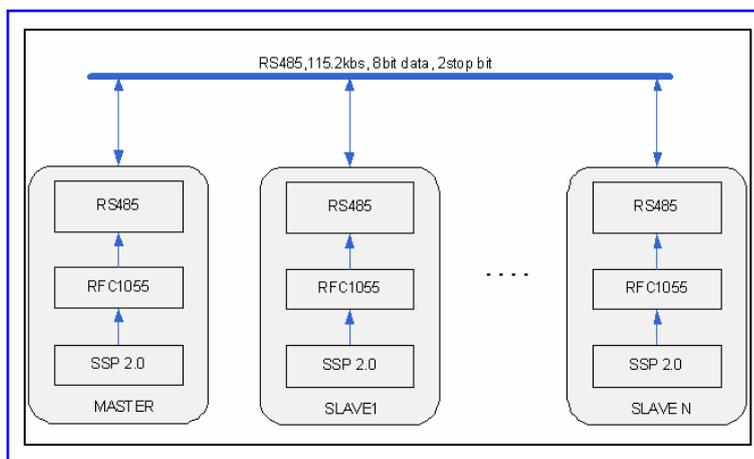
По спадам формируются импульсы дискретных выходов «W+» и «W-». Этот способ реализован для исполнения приборов с дискретным выходом.

Для увеличения разрешающей способности прибора применяется способ измерения скорости вращения по наклону фазовой «пилы». Этот способ реализован для исполнения приборов с интерфейсом RS-485.

## 5. ВЫХОДНОЙ ИНТЕРФЕЙС

ТИУС200 подключается к PC через асинхронный последовательный гальванически развязанный интерфейс RS-485 (стандарт TIA/EIA – 485). Обмен информации с приборами производится в соответствии с протоколом SSP 2.1. Максимальное время реакции на команду - 1.0 мсек (от приема команды до начала передачи).

Протокол SSP использует способ разбиения на кадры по RFC1055 (SLIP), чтобы разделить поток символов. Каждый кадр начинается и заканчивается символом FEND (0xc0). Если FEND содержится в данных пакета, он посылается внутри кадра как FESC TFEND (0xdb 0xdc). Если FESC содержится в данных пакета, он посылается внутри кадра как FESC TFESC (0xdb 0xdd). Символ FESC с любым символом, за исключением TFEND или TFESC, является ошибкой. Символы TFEND и TFESC являются обычными символами, если им не предшествует FESC. Протокол SSP не поддерживает арбитраж шины между несколькими ведущими устройствами. Каждый кадр RFC1055 включает в себя пакет SSP.



Параметры порта	
Скорость обмена, кБод	115,2
Количество информационных разрядов, бит	8
Количество стоповых битов, бит	2
Проверка четности	Не производится

#### Основной формат пакета SSP: dest, srce, type, ...data... , crc0, crc1.

**dest** – однобайтный адрес slave устройства, которое получает данные. Значение dest 0 зарезервировано для возможного использования в дальнейшем как широковещательного адреса. Значение **dest**, равное символам SLIP FEND или FESC, запрещено (100d (64H) по умолчанию).

**srce** – однобайтный адрес master устройства, который запрашивает данные. Значение srce, равное 0, зарезервировано для возможного использования в дальнейшем. Значение **srce**, равное символам (SLIP) FEND или FESC, запрещено, чтобы упростить декодирование адреса; пакеты с этими значениями игнорируются.

**type** – байт, состоящий из двух полей **ss** и **pktype**. Младшие шесть бит (**pktype**) – тип пакета, а старшие два (**ss**) – дополнительные данные, которые могут обозначать специальные типы данных (если конкретный тип не использует биты **ss**, они должны быть 0.) Некоторые значения **pktype** определены как стандартные значения.

type	Адрес	Описание
PING	0 (0x00)	проверка линии связи
INIT	1 (0x01)	введена для совместимости
ASK	2 (0x02)	ответ прибора
NAK	3 (0x03)	ошибка
GET	4 (0x04)	считывание данных
WRITE	7 (0x07)	задания нового адреса, запись массива данных
ID	8 (0x08)	идентификация прибора

**crc0** и **crc1** – 16-битная проверочная последовательность, передаваемая младшим значащим байтом вперед, включающая все предыдущие байты в пакете от **dest** до последнего байта **data**. Игнорируется любой пакет с некорректной проверочной последовательностью. Пример подсчета CRC последовательности на C++ и примеры пакетов приведены в приложении 3.

Список адресов считываемых с прибора				
Адрес	Параметр	Единицы	Тип данных	Примечание
0	Угл. скорость, полученная на последнем периоде измерения X	град/сек	Float	
1	Угл. скорость, полученная на последнем периоде измерения Y	град/сек	Float	
2	Угл. скорость, полученная на последнем периоде измерения Z	град/сек	Float	
3	Температура корпуса прибора	°C	Float	Справочная величина
24	Время от включения прибора	сек.	Float	Справочная величина

Допускается считывание по одной команде GET значений нескольких переменных. Обращение к не существующим адресам считается ошибкой.

**Прибор игнорирует любые пакеты, адресованные не ему и любые некорректные пакеты. Некорректный пакет - это пакет, который имеет байт srce, равный 0, короче минимального пакета SSP, имеет неверную контрольную сумму, имеет ошибку деления на фреймы.**

## 6. ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Точностные и эксплуатационные характеристики датчика определяются его конструкцией и используемыми комплектующими материалами. Покупные материалы и компоненты проходят входной контроль на соответствие входным параметрам. Сборочно-установочные операции контролируются визуально. Соответствие полностью изготовленного датчика спецификации подтверждается;

- проверкой на функционирование;
- проверкой потребляемой мощности;
- проверкой диапазона измерения угловой скорости;
- проверкой масштабного коэффициента и его погрешности;
- проверкой полосы пропускания;
- проверкой случайной составляющей нулевого сигнала при постоянной температуре;
- проверкой случайной составляющей нулевого сигнала в диапазоне рабочих температур;
- проверкой отклонения оси чувствительности;
- проверкой спектральной плотности мощности шума.

## Б. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТИУС200

### 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Проверка и установка прибора должны производиться квалифицированным персоналом, изучившим инструкцию и техническое описание. При работе необходимо соблюдать меры защиты от статического электричества!

### 2. ПРОВЕРКА

Проводится проверка мощности, потребляемой прибором в установившемся режиме, и диапазона измеряемой угловой скорости на соответствие паспортным значениям.

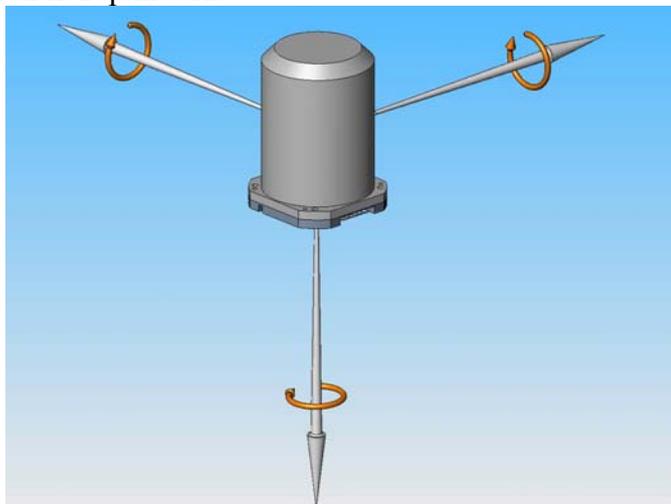
### 3. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ

Установочная поверхность она должна соответствовать следующим требованиям:

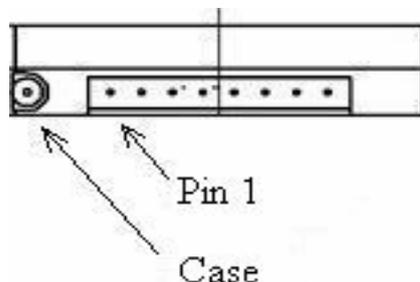
-температура минус 20°C ... +50 °C,

-неплоскостность 0.05 мм.

ТИУС200 устанавливается так, чтобы его ось чувствительности Y совпадала с продольной осью объекта, ось X с вертикальной осью объекта, а ось Z с поперечной осью объекта. Установка производится путем поджима фланца основания к посадочной поверхности. Ось чувствительности X ТИУС200 перпендикулярна установочной поверхности, оси Y, Z параллельны установочной поверхности.



Электрические и информационные связи прибора с системой управления осуществляются через контакты.



Во время подключения все цепи должны быть обесточены.

Соблюдать правила по защите от электростатического электричества.

Не допускается подача напряжения питания отрицательной полярности при подключении прибора!

Отклонение напряжения питания от нормы может привести к выходу прибора из строя!

Не допускается кратковременное превышение питающих напряжений!

ТИУС200 содержит оптико-волоконные узлы и требует аккуратного с ним обращения! Повторное включение прибора производить не ранее, чем через 1 минуту после выключения. Не допускается деформирование и вскрытие прибора!

**Прибор содержит оптико-волоконные узлы и не допускает удары по корпусу жесткими предметами, так как создаваемое при этом мгновенное ускорение (до 1000g) может превысить предел прочности отдельных оптических элементов.**

#### 4. ПОРЯДОК РАБОТЫ

ТИУС200 начинает работать не позже чем через 3 секунды после подачи питания. Время точностной готовности составляет менее 30 минут. Схема подключения прибора приведена в приложениях 1 и 2.

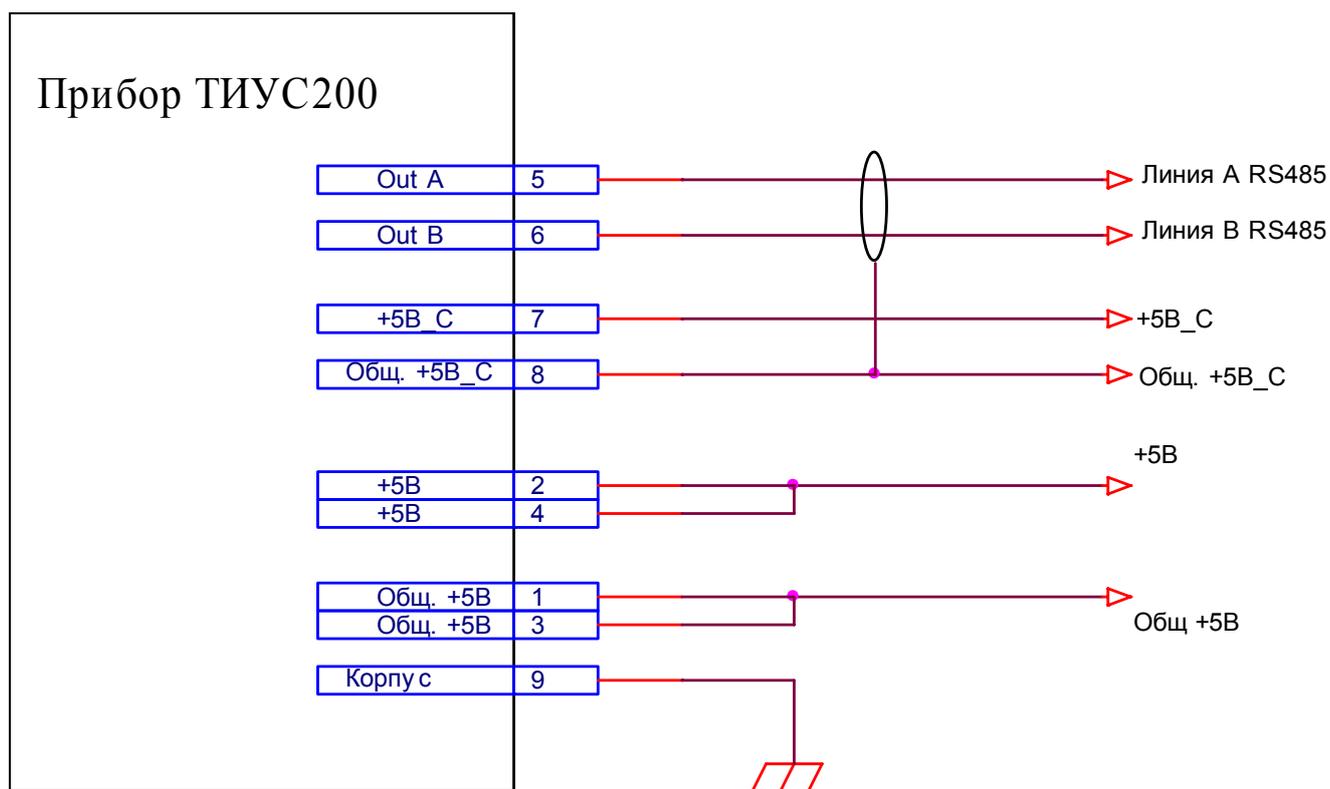
#### 5. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ

ТИУС200 должен храниться упакованным в штатную тару. Прибор хранить в отапливаемом помещении при отсутствии в воздухе паров кислот, щелочей и других агрессивных сред. Хранение производится при температуре окружающей среды от 15 до 35°C, относительной влажности до 85% и атмосферном давлении 700-800 мм рт.ст.

## В. ПРИЛОЖЕНИЯ

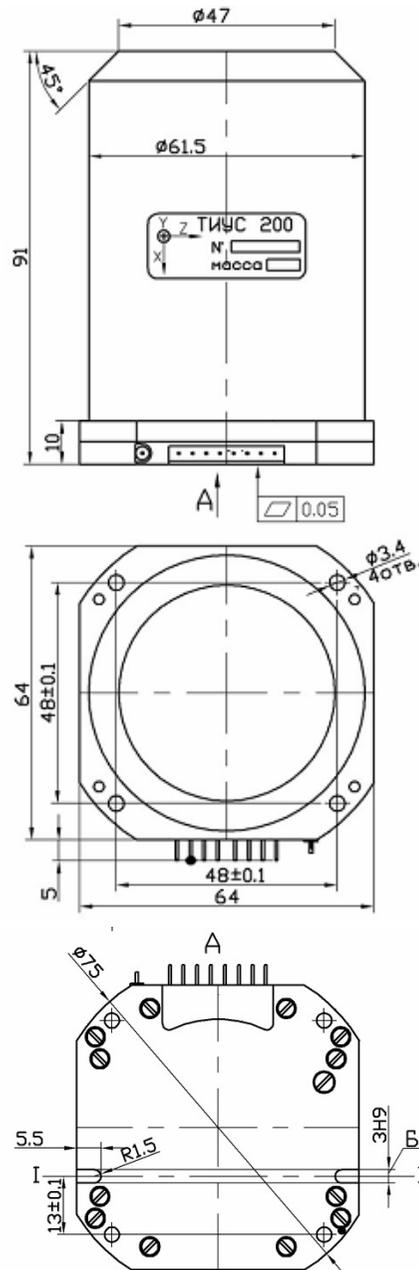
### ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

### СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПРИБОРА С ЦИФРОВЫМ ВЫХОДОМ



Назначение	№ Конт.	Обозначение	Описание
Выход последовательного интерфейса	5	Line A	Линия приемопередатчика последовательного интерфейса RS-485
	6	Line B	
Входы питания	7	+5 В (+5V_C)	Напряжение питания интерфейса 5В ±5%. Максимальный ток 0,2А. Возможно объединение с основным питанием, если не требуется гальваническая развязка частотных выходов.
	8	Общий +5 В (GND_C)	
	2, 4	+5 В (+5V)	Напряжение питания прибора 5В ±1%. Максимальный ток 3А
	1, 3	Общий +5 В (GND)	
Другие	9	Корпус (Case)	Вывод, подсоединенный к корпусу прибора

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ГАБАРИТНО-УСТАНОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ



### УКАЗАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ И ПОДКЛЮЧЕНИЮ

- Требования к установочной поверхности
  - температура минус 20°C ... +50°C max
  - неплоскость 0.05 мм
- Пазы Б установочная база. Ось I-I общая ось пазов Б, совпадает с направлением оси Z. Установочные штифты должны входить в паз и отверстие с минимальным зазором, но без натяга.
- В приборе содержатся хрупкие компоненты по корпусу не ударять.
- Соблюдать правила по защите от электростатического электричества.
- При подключении все цепи должны быть обесточены.
- После подключения проверить потребляемую мощность и диапазон измерения угловой скорости на соответствие паспортным значениям.

- Ортогональность осей чувствительности прибора не хуже 5 угл. минут
- Рассеиваемая мощность < 8 Вт
- Вес датчика 300 грамм
- Материал корпуса алюминиевый сплав Д16Т

### ПАРАМЕТРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОРТА

- скорость обмена **115,2 кБит**
- бит данных **8 бит**
- стоп бит **2 бита**
- проверка четности **нет.**

### СПИСОК АДРЕСОВ СЧИТЫВАЕМЫХ С ПРИБОРА

- 0 – Угловая скорость канал X, град/сек.
- 1 – Угловая скорость канал Y, град/сек.
- 2 – Угловая скорость канал Z, град/сек.
- 3 – Температура корпуса прибора, °C
- 24 – Время от включения прибора, секунда

### ТИУС200 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерения	> ±700 °/с
Случайная составляющая нулевого при фиксированной температуре.	< 10.0 %/ч
Случайная составляющая нулевого сигнала в диапазоне рабочих температур	< 30.0 %/ч
Погрешность масштабного коэффициента	< 0.5 %
Полоса пропускания	> 100 Гц
Спектральная плотность мощности шума	< 0.05 %/√ч
Время функциональной готовности	< 3 с
Время точностной готовности	< 30 мин

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рабочая температура	-20°C...+50°C
Давление	до 10 <sup>-4</sup> мм рт.ст.
Вибрации	20Гц...2кГц, 2g
Удары ускорения	до 40g, 3мс и 120g, 1мс.

### ПАРАМЕТРЫ НАДЕЖНОСТИ

Средняя наработка до отказа	10000 час
Срок службы	7 лет

Контакт	Название	Описание
5	Line A	Линия приемопередатчика последовательного интерфейса RS-485
6	Line B	Линия приемопередатчика последовательного интерфейса RS-485
7	(+5V_C)	Напряжение питания интерфейса
8	(GND_C)	5В ±5%. Максимальный ток 0,2А.
2, 4	(+5V)	Напряжение питания прибора 5В
1, 3	(GND)	±1%. Максимальный ток 3А
9	(Case)	Вывод, подсоединенный к корпусу прибора

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПРИМЕРЫ ПАКЕТОВ ПРОТОКОЛА ОБМЕНА

**PING** - тестовый пакет без данных, для проверки линии связи.

Формат → 0.0 (Dec), 0x00 (Hex)

DEST	SRCE	0x00	CRC0	CRC1
------	------	------	------	------

Ответ прибора **ACK**. Формат → 66 (Dec) □ 0x42 (Hex)

DEST	SRCE	0x42	CRC0	CRC1
------	------	------	------	------

**INIT** - введена для совместимости, никакой реакции не вызывает.

Формат → 01 (Dec), 0x01 (Hex)

DEST	SRCE	0x01	CRC0	CRC1
------	------	------	------	------

Ответ прибора **ACK**. Формат → 02 (Dec), 0x02 (Hex)

DEST	SRCE	0x02	CRC0	CRC1
------	------	------	------	------

**ID** - идентификация изделия.

Формат → 08 (Dec), 0x08 (Hex)

DEST	SRCE	0x08	CRC0	CRC1
------	------	------	------	------

Ответ прибора **ACK + строка ASCII**. Формат → 02 (Dec), 0x02 (Hex)

DEST	SRCE	0x02	ASCII	.....	ASCII	CRC0	CRC1
------	------	------	-------	-------	-------	------	------

**WRITE** - запись массива данных в устройство. В изделии используется только для задания нового адреса.

Формат → 07 (Dec), 0x07 (Hex)

DEST	SRCE	0x07	ADR	DAT0	.....	DATN	CRC0	CRC1
------	------	------	-----	------	-------	------	------	------

4 byte    4 byte                      4 byte

Поле ADR – адрес массива 32bit длиной, передается младшим значащим битом вперед:

BYT0	BYT1	BYT2	BYT3
------	------	------	------

Поле DAT – одно поле данных массива 32bit длиной, передается младшим значащим битом вперед:

BYT0	BYT1	BYT2	BYT3
------	------	------	------

Ответ прибора **ACK**. Формат → 2 (Dec), 0x02 (Hex)

DEST	SRCE	ACK	CRC0	CRC1
------	------	-----	------	------

**GET** – считывание данных с прибора.

Формат → 04 (Dec), 0x04 (Hex)

DEST	SRCE	0x04	ADR1	.....	ADRn	CRC0	CRC1
------	------	------	------	-------	------	------	------

2 byte                                      2 byte

Поле ADR – адрес переменной 16bit длиной, передается младшим значащим битом вперед:

BYT0	BYT1
------	------

Ответ прибора **ACK**. Формат → 02 (Dec), 0x02 (Hex)

DEST	SRCE	0x02	DAT0	.....	DATN	CRC0	CRC1
------	------	------	------	-------	------	------	------

Поле DAT – одно поле данных массива 32bit длиной, передается младшим значащим битом вперед:

BYT0	BYT1	BYT2	BYT3
------	------	------	------

*Начальное значение сдвигового регистра где рассчитывается CRC должно равняться 0xFFFF (Hex format).*

*#define mask 0x1021*

*unsigned short updcrc(unsigned short crc, unsigned short c) {*

*c <<= 8;*

*for (unsigned char i = 0; i < 8; i++) {*

*if ((crc ^ c) & 0x8000) crc = (crc << 1) ^ mask;*

*else crc <<= 1;*

*c <<= 1;*

*} return crc;}*