Инерциальный модуль ГКВ-10
Техническое описание

1. Основные характеристики

- 5°/ч нестабильность нуля гироскопа по дисперсии Аллана.
- 0,1°/ч случайное угловое блуждание гироскопа по дисперсии Аллана.
- ±900°/с диапазон измерения угловой скорости (возможно исполнение с диапазоном ±2700°/с).
- 0,03 mg нестабильность нуля акселерометра по дисперсии Аллана.
- 0,07 (м/с)/$\sqrt{ч}$ случайное блуждание скорости акселерометра по дисперсии Аллана.
- ±10 g диапазон измерения акселерометра (возможны исполнения).
- Инклинометр (на основе акселерометров).
- Гальванически изолированное питание напряжением 9…36 В (возможно исполнение с диапазоном 5…18 В).
- –50…+85°С рабочий диапазон температур.
- Основной четырехпроводной интерфейс RS-485 с гальванической изоляцией до 500 В.
- Дополнительный гальванически развязанный полудуплексный интерфейс RS-485 для коррекции ориентации и навигации по данным с магнитометра и/или GPS/ГЛОНАСС приемника СНС.
- Корпус IP67 (рис. 1).Общее описание

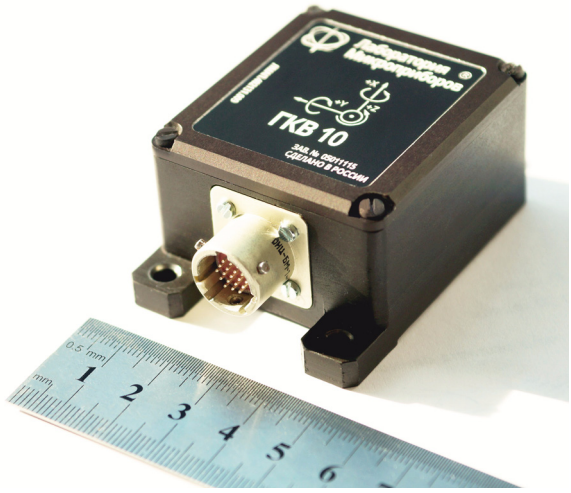


Рис. 1. Габариты 72,3мм x 50мм x 34,5мм

2. Общее описание

ГКВ-10 предназначен для полного измерения инерциальных воздействий, вычисления ориентации и определения навигационных параметров. ГКВ-10 востребован для промышленных и аэрокосмических применений. Во многих применениях, в которых ГКВ-10 способен заменить дорогостоящие системы ориентации на волоконно-оптических гироскопах, он имеет преимущества в прочности, надежности, размерах, весе, потребляемой мощности и цене.

ГКВ-10 состоит из высокоточных датчиков угловой скорости, кажущегося линейного ускорения, высокопроизводительного вычислителя на базе ядра Cortex-M4 и необходимой периферии (рис. 2, стр. 2). Каждое изделие индивидуально откалибровано и в вычислитель введена компенсация неортогональности измерительных осей и температурных уходов во всем рабочем диапазоне температур.

Диапазон измерения любой оси в канале угловой скорости ±900°/с (возможно исполнение с диапазоном измерения ±2700°/с). Стандартный диапазон измерения в канале линейного ускорения составляет ±100 м/с^2 (±10 g). Неортогональность осей гироскопов и акселерометров после калибровки менее 1 мрад. Диапазон напряжений питания ГКВ-10 9…36 В (возможно исполнение с напряжением питания 5…18 В). Сопряжение по основному интерфейсу RS-485 (четырехпроводной) с гальванической развязкой до 500 В.

В ГКВ-10 выведены дополнительные гальванически развязанные цифровые линии для приема синхронизации от внешних источников и выдачи собственного сигнала синхронизации. Общий вывод сигналов синхронизации объединен с общим выводом основного интерфейса RS-485. Напряжение логической 1 равно 3,3 В. Входной сигнал подтянут резистором 10 кОм к уровню логической 1 (3,3 В).

ГКВ-10 имеет дополнительный полудуплексный интерфейс RS-485 с гальванической развязкой до 500 В, который используется для сопряжения с внешними источниками коррекции, такими как спутниковые навигационные системы (СНС), магнитометр и др. По умолчанию выключен. Возможно получение данные от приемников СНС по стандартному протоколу NMEA, бинарным протоколам от приемников НАВИС NV-08C, ГеоСтар ГЕОС-3М/5М, ИРЗ МНП-М6/М7. Настройка для работы с другими устройствами производится по заказу.

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Возможна доработка программного обеспечения под требования заказчика.

Соединение ГКВ-10 с аппаратурой системы сбора данных и источником питания осуществляется через разъем, назначение контактов которого приведено в табл. 1.

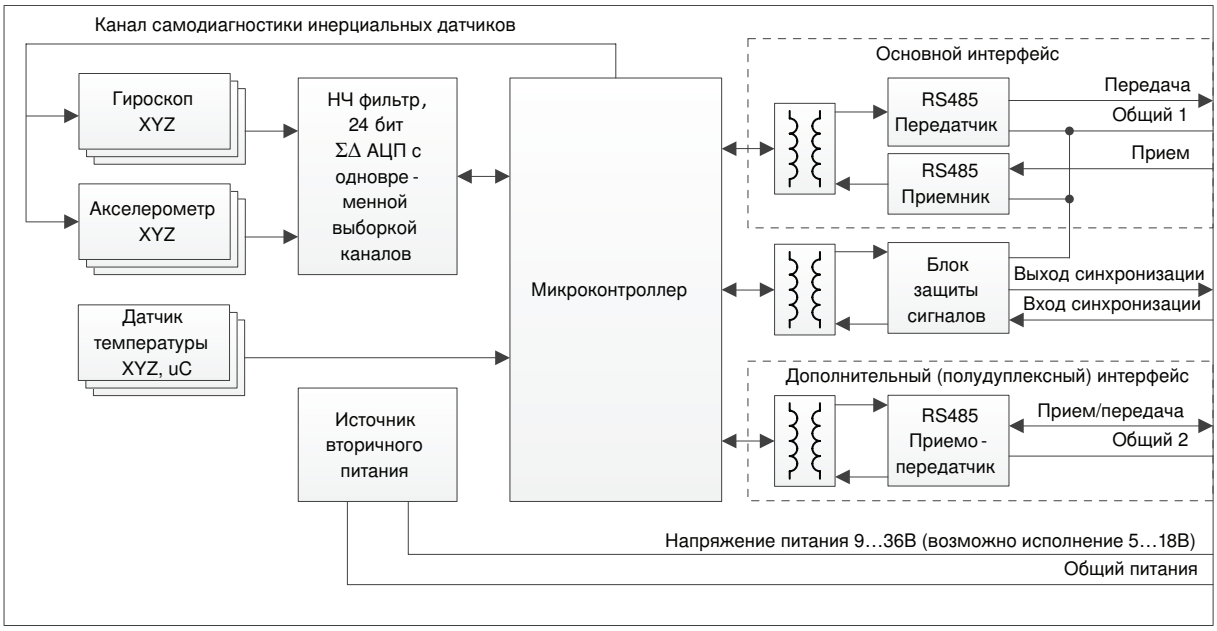


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема ГКВ-10

Таблица 1 . Назначение контактов разъема

Цепь	Контакт	Назначение
Плюс питания	18	Гальванически развязанное питание 9…36 В или 5…18 В (в зависимости от исполнения).
Общий питания	19	
RS-485 TxD– (A)	7	Основной гальванически развязанный четырехпроводной интерфейс RS-485 (линия передачи данных)
RS-485 TxD+ (B)	12	
RS-485 RxD– (A)	3	Основной гальванически развязанный четырехпроводной интерфейс RS-485 (линия приема данных)
RS-485 RxD+ (B)	2	
Вход сигнала синхронизации	11	Гальванически развязанный цифровой вход синхронизации. Вход доопределен до 3,3 В резистором 10 кОм. Текущее значение на входе можно получить в байтах статуса данных (см. табл. 9, стр. 9).
Выход сигнала синхронизации	16	Гальванически развязанный цифровой выход синхронизации. Уровень логической 1 — 3,3 В. Уровень логического 0 — 0 В. Способ синхронизации задается в параметрах ГКВ-10 (см. табл. 10, стр. 10).
Общий 1	6	Общий вывод четырехпроводного RS-485 и сигналов синхронизации.
RS-485– (A)	4	Гальванически развязанный полудуплексный интерфейс RS-485 для подключения СНС, магнитометра и пр.
RS-485+ (B)	1	
Общий 2	5	Общий провод полудуплексного RS-485.

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Содержание

1. Основные характеристики . . . 1
2. Общее описание . . . 1
3. Предельные и предельнодопустимые параметры . . . 4
4. Технические характеристики . . . 4
   - 4.1. Общие характеристики . . . 4
   - 4.2. Характеристики канала угловой скорости . . . 4
   - 4.3. Характеристики канала кажущегося линейного ускорения . . . 6
   - 4.4. Характеристики системы ориентации . . . 7
   - 4.5. Характеристики интерфейса . . . 7
5. Протокол обмена . . . 7
   - 5.1. Организация обмена . . . 7
   - 5.2. Формат посылок . . . 7
   - 5.3. Используемые кадры . . . 8
     - 5.3.1. Проверка соединения . . . 8
     - 5.3.2. Данные об устройстве . . . 8
     - 5.3.3. Получение параметров ГКВ-10 . . . 10
     - 5.3.4. Установка параметров ГКВ-10 . . . 12
     - 5.3.5. Получение параметров наборного кадра . . . 14
     - 5.3.6. Установка параметров наборного кадра . . . 16
     - 5.3.7. Получение кодов АЦП . . . 16
     - 5.3.8. Получение калиброванных данных с датчиков . . . 17
     - 5.3.9. Получение тангажа, крена и курса . . . 18
     - 5.3.10. Получение данных инклинометра . . . 18
     - 5.3.11. Получение данных БИНС . . . 18
     - 5.3.12. Получение наборного кадра данных . . . 19
     - 5.3.13. Получение коэффициентов смещения угловых скоростей . . . 19
     - 5.3.14. Установка коэффициентов смещения угловых скоростей . . . 20
     - 5.3.15. Вычисление коэффициентов смещения угловых скоростей . . . 20
     - 5.3.16. Получение параметров фильтров . . . 20
     - 5.3.17. Установка параметров фильтров . . . 21
     - 5.3.18. Запуск самотестирования . . . 21
6. Габаритный чертеж . . . 23
7. Примеры схем подключения . . . 23
8. Информация для заказа . . . 24
   - 8.1. Маркировка . . . 24
   - 8.2. Контактная информация . . . 24
9. Приложение. Табличное вычисление CRC32 . . . 25
10. Лист регистрации изменений . . . 26

3. Предельные и предельнодопустимые параметры

Таблица 2. Предельные и предельнодопустимые параметры

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Кратковременная температура хранения		–65		+125	°C	
Температура хранения		–55		+60	°C	
Напряжения в цепи питания	исполнение с рабочим напряжением 9…36 В	–36		+40	В	
	исполнение с рабочим напряжением 5…18 В	–18		+20	В	
Напряжения на RX+ и RX–		–7		+12	В	
Дифференциальное напряжение (по модулю) на между TX+ и TX–	нагрузка 100 Ом	2		3,6	В	
	нагрузка 50 Ом	1,5		3,6	В	
Статический заряд	разряд конденсатора 100 пФ на резистор 1,5 кОм	–500		+500	В	

4. Технические характеристики

4.1. Общие характеристики

Таблица 3. Общие характеристики

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Диапазон рабочих температур		–50		+85	°C	
Напряжение питания		9		36	В	1
Потребляемая мощность			2	3	Вт	
Время включения				1	с	
Рабочие напряжения между RX+ и RX–		0,0		3,6	В	
Механический удар 0,5 с полусинус				20000	$м/с^2$	2
				2000	g	
Неортогональность осей				1	мрад	
Масса в полной комплектации				140	г	

Примечания к таблице.

1. Возможно исполнение с напряжением питания от 5 до 18 В.
2. Возможно исполнение до 35000 $м/с^2$ (3500 g) при внутренней заливке изделия компаундом (масса возрастает на 100 г).

4.2. Характеристики канала угловой скорости

Таблица 4. Канал угловой скорости

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Диапазон измерения угловых скоростей			±900		°/с	1
Нелинейность передаточной характеристики			0,06	0,2	%	
Смещение нуля от включения к включению				100	°/ч	
Смещение нуля от температуры				50	°/ч	
Спектральная плотность мощности шума				0,002	$(°/с)/\sqrt{Гц}$	
Случайное угловое блуждание				0,1	$°/\sqrt{ч}$	
Нестабильность нуля по Аллану			5	6	°/ч	
Чувствительность к ускорению			0,01		(°/с)/g	
Полоса пропускания по уровню –3дБм			160		Гц	

Примечание к таблице. Возможно расширение по любой оси до ±2700 °/с.

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

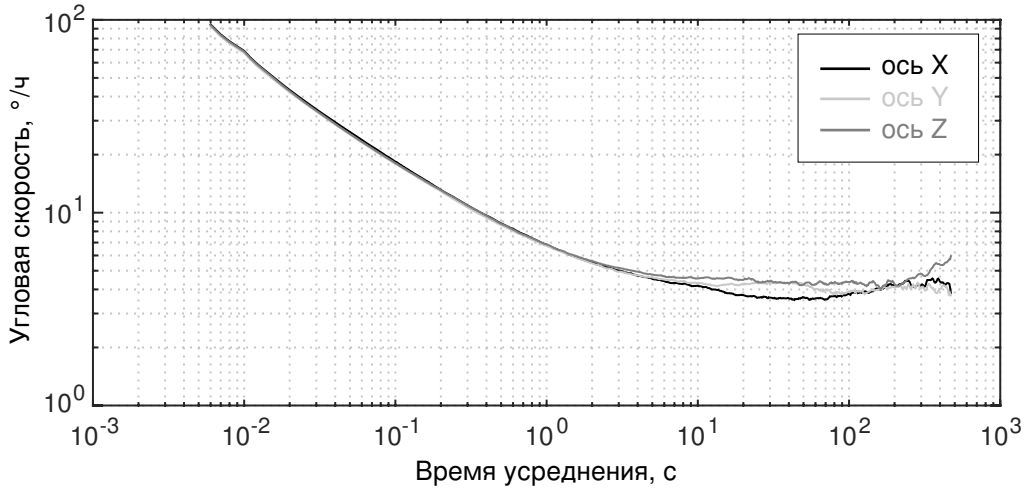


Рис. 3. Диаграмма Аллана, канал гироскопа, диапазон ±900°/с

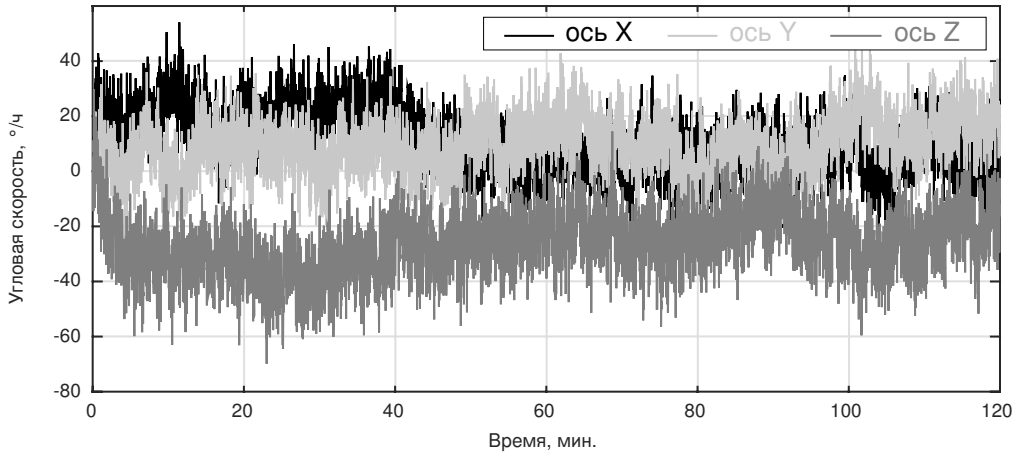


Рис. 4. Дрейф начального смещения гироскопа за первые 2 часа от включения для диапазона ±900°/с

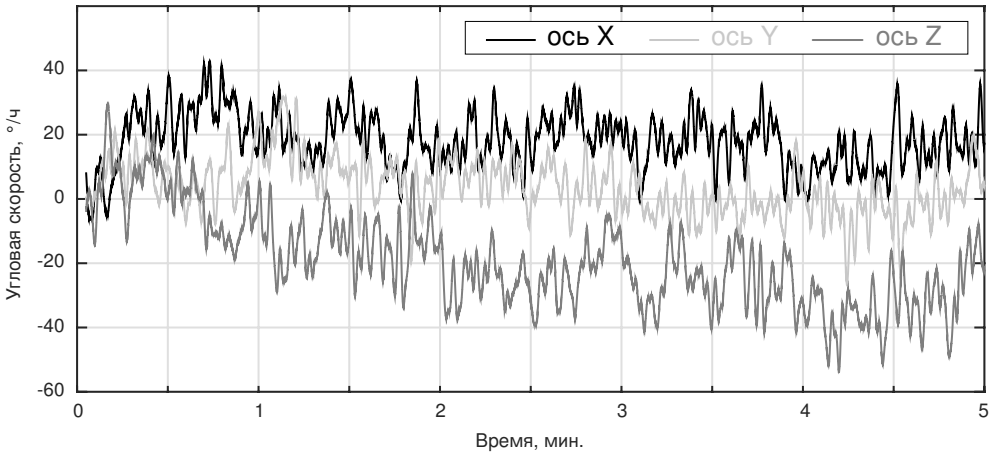


Рис. 5. Дрейф начального смещения гироскопа за первые 5 минут от включения для диапазона ±900°/с

4.3. Характеристики кажущегося линейного ускорения

Таблица 5. Канал кажущегося линейного ускорения

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Диапазон измерения кажущегося линейного ускорения			10		g (9,8 м/с^2)	1, 2
Нелинейность передаточной характеристики			0,1		%	
Нестабильность нуля по дисперсии Аллана			0,03		мg	
Смещение нуля от включения к включению			±0,75		мg	
Смещение нуля от температуры			±50		мg	
Случайное блуждание скорости по дисперсии Аллана	при 25°С		0,07	0,1	(м/с)/$\sqrt{ч}$	
Спектральная плотность мощности шума				350	мкм/с^2	
				0,35	мg	
Нестабильность нуля по Аллану	при 25°С		0,03		мg	
Неортогональность осей				1	мрад	
Полоса пропускания по уровню –3дБм		170			Гц	3

Примечания к таблице.

1. Диапазон измерения может выбираться из ряда: ±1g; ±2,5g; ±10g; ±30g; ±96g.
2. Измеренное кажущееся линейное ускорение может быть больше заданного диапазона, но за пределами не гарантируется допустимая нелинейность передаточной характеристики.
3. Полоса может меняться настройкой цифрового фильтра.

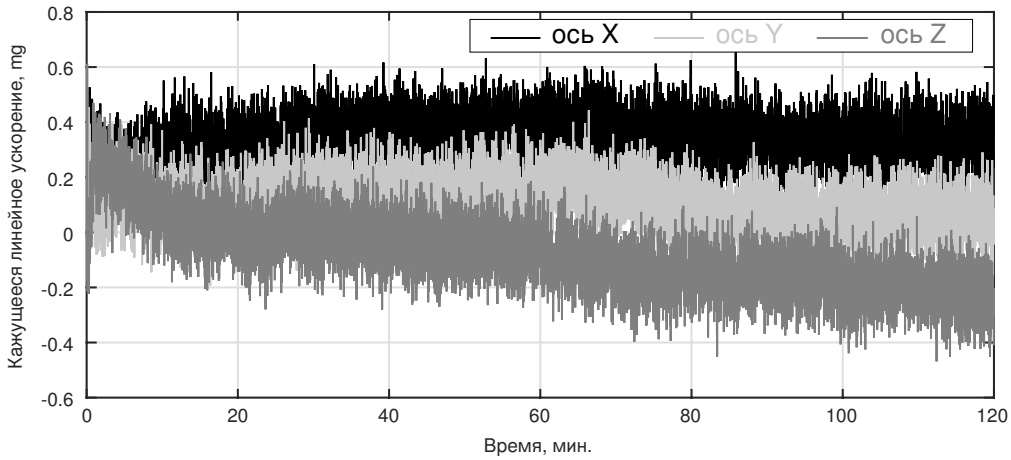


Рис. 6. Дрейф начального смещения акселерометра за первые 2 часа от включения

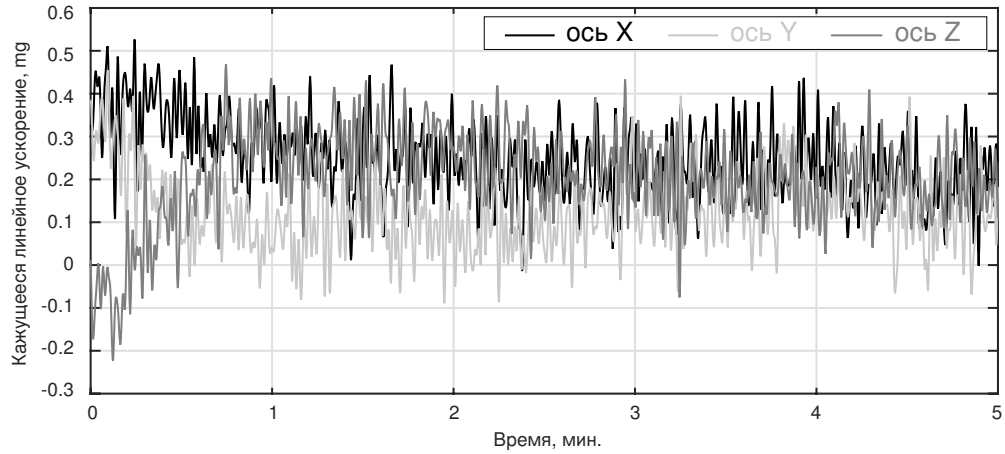


Рис. 7. Дрейф начального смещения акселерометра за первые 5 минут от включения

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

4.4. Характеристики системы ориентации

Таблица 6. Система ориентации

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Диапазон по крену			±180		°	
Диапазон по тангажу			±90		°	
Диапазон по курсу			0…360		°	
Погрешность тангажа и крена (статич. 1σ)			0,2		°	
(динамическая 1σ)			0,3		°	
Погрешность курса (без коррекц. за 10 мин.)			10		°	
(с комплекте магнитометром или СНС, 1σ)			1		°	

4.5. Характеристики интерфейса

Таблица 7. Интерфейс

Параметр	Условия	Мин.	Ном.	Макс.	Единицы	Прим.
Скорость обмена по RS-485 (F_{baude})		115200		3000000	бит/с	1
Количество стартовых битов			1		бит	
Данные, бит			8		бит	
Паритет			нет			
Количество стоповых битов		1			бит	
Уровень логической 1 (A–B)		+200			мВ	
Уровень логического 0 (A–B)				–200	мВ	
Согласующий резистор			120		Ом	

Примечание к таблице. Ряд скоростей: 115200, 230400, 460800, 921600, 1000000, 2000000, 3000000 бит/с. Заводская установка — 921600.

5. Протокол обмена

5.1. Организация обмена

ГКВ-10 подключается в систему управления с помощью основного четырехпроводного интерфейса RS-485 и работает в качестве ведомого в двух режимах:

- непрерывный режим обмена (устройство с заданной частотой отправляет информацию заданного содержания);
- режим обмена запрос-ответ (устройство ожидает запроса от ведущего, и, если запрос адресован ему, отправляет соответствующий ответ).

Непрерывный режим устанавливается при включении питания, режим запрос-ответ устанавливается по команде ведущего.

5.2. Формат посылок

Информационный обмен производится 8-битными посылками формата 8-N-1.Структура посылки представлена на рис. 8. В дальнейшем описании стартовые и стоповые биты опускаются, т.е. понятия «посылка» и «байт» — эквивалентны.



Рис. 8. Структура посылки информации

Посылки группируются в кадры. Структура кадра показана на рис. 9 (стр. 8). Он состоит из заголовка, поля данных и контрольной суммы

Заголовок кадра является его обязательной частью и состоит из 4 байтов следующего назначения:

- преамбула — байт 0xFF;
- адрес устройства — в кадре от ведущего определяет, какому ведомому предназначен запрос, в кадре от ведомого не имеет значения (адрес устанавливается в ГКВ-10 по специальному запросу ведущего, заводская установка = 1, 0-й адрес означает широковещательный запрос, т.е. обращение ко всем ведомым на шине);



Рис. 9. Структура кадра

- тип кадра — определяет содержание информации в кадре, коды типов приведены ниже при описании кадров;
- длина поля данных — число в диапазоне 0…255, задает количество байтов в следующем за заголовком поле данных кадра, если таковое требуется, т.е. для длины = 0 поле данных отсутствует.

Примечание. При широковещательном запросе разрешение коллизий не поддерживается, поэтому использование адреса 0 допустимо, только когда на шине есть один ведомый, способный ответить в текущий момент.

Поле данных не является обязательным, а интерпретация входящих в его состав байтов зависит от типа кадра и заданных настроек. Передача числа в нескольких последовательных байтах производится начиная с младшего байта.

Контрольная сумма представляет собой 32-битовый циклический избыточный код (CRC32, порождающий полином $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^{8}+x^{7}+x^{5}+x^{4}+x^{2}+x^{1}+1$, 0x04C11DB7). Контрольная сумма вычисляется для всего кадра (включая преамбулу) и присутствует всегда.

5.3. Используемые кадры

Байты, предназначенные для преамбулы, адреса устройства и контрольной суммы, в описании конкретных типов кадров опущены, но в нумерации учитываются.

Запросы (обозначены заливкой) передаются от ведущего к ГКВ-10, ответы (обозначены без заливки) — от ГКВ-10 к ведущему. Длинные кадры приведены с переносом на следующие строки.

В графе «Заполнение» указан конкретный код либо формат данных. Числа, если это не указано явно, даны в десятичной системе.

5.3.1. Проверка соединения

Используется для проверки подключения устройства к шине.

Байт №	2	3		2	3
Назначение	Тип	Длина		Тип	Длина
Заполнение	0	0		0	0

Примечание. Кадры с кодом типа 0 и длиной поля данных = 0 используются устройством в качестве подтверждения исполнения запроса, который не требует ответа специального типа (например, п. 5.3.4., стр. 12).

5.3.2. Данные об устройстве

Используется для получения информации об устройстве и его работоспособности.

Байт №	2	3
Назначение	Тип	Длина
Заполнение	4	0

Байт №	2	3	4,5	6,7	8…11	12…27	28…44	45	46,47
Назначение	Тип	Длина	Версия загрузчика	Версия прошивки	Дата производства	Серийный номер	Название изделия	Режим работы	Статус данных
Заполнение	5	43	uint16	uint16	uint32	char[16]	char[16]	uint8	uint16

Описание кадра.

1. Версия загрузчика и версия прошивки выдаются в формате производителя.
2. Дата производства выдается в формате UTC.
3. Серийный номер и название изделия (символьные строки в кодировке ASCII) выдаются в формате производителя. Расшифровка серийного номера поясняется следующим примером:

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

символьная строка (неиспользуемые символы заполняются кодом NUL, кавычки не учитываются) — «05013316001» интерпретируется:
«05» — обозначает изделие ГКВ-10;
«01» — обозначает стандартное исполнение (±900°/с, ±10 g, 9…36 В);
«3316» — обозначает неделю (33) и год (2016) производства;
«001» — порядковый номер изделия в партии.

4. Назначение битов режима работы и статуса данных приведено в табл. 8 и табл. 9 соответственно.

Таблица 8 . Описание битов режима работы

Биты	Описание
7…2	Зарезервированы
1,0	Код режима работы изделия, используемый на этапе производства. 00= загрузчик, нет рабочей прошивки; 01= зарезервирован; 10= рабочая программа; 11= зарезервирован.

Таблица 9 . Описание битов статуса данных

Биты	Описание
15…12	Зарезервированы
11	Сигнала метки времени от приемника СНС
10	Выставка (при установке алгоритма навигации и ориентации Фильтр Калмана:ESKF+GNSS) 0= идет выставка; 1= выставка пройдена.
9	Отказ акселерометра по оси Z. 0= нормальная работа; 1= отказ.
8	Отказ акселерометра по оси Y. 0= нормальная работа; 1= отказ.
7	Отказ акселерометра по оси X. 0= нормальная работа; 1= отказ.
6	Отказ гироскопа по оси Z. 0= нормальная работа; 1= отказ.
5	Отказ гироскопа по оси Y. 0= нормальная работа; 1= отказ.
4	Отказ гироскопа по оси X. 0= нормальная работа; 1= отказ.
3	Отказ АЦП. 0= нормальная работа; 1= отказ.
2	Пропуск данных АЦП. 0= нормальная работа; 1= пропуск данных.
1	Переполнение очереди передачи данных. 0= нормальная работа; 1= переполнение очереди.
0	Значение входа внешней синхронизации. 0= 0 на входе; 1= 1 на входе.

5.3.3. Получение параметров ГКВ-10

Используется для проверки параметров устройства.

Байт №	2	3	2	3	4…7	8…11	12…15	16	17
Назначение	Тип	Длина	Тип	Длина	Маска изменения формата данных	Формат данных	Маска изменения параметров выдачи	Скорость основного интерфейса	Адрес устройства
Заполнение	6	0	7	57	uint32	uint32	uint32	uint8	uint8

Байт №	18,19	20	21	22	23,24	25…28	29…32
Назначение	Делитель базовой частоты выдачи данных	Алгоритм обработки данных	Зарезервиро-вано	Зарезервиро-вано	Делитель частоты выходного синхросигнала	DCM(1,1)	DCM(1,2)	DCM(1,3)
Заполнение	uint16	uint8	uint8	uint8	uint16	float32	float32	

Байт №	33…36	37…40	41…44	45…48	49…52	53…56	57…60			
Назначение	DCM(1,3)	DCM(2,1)	DCM(2,2)	DCM(2,3)	DCM(3,1)	DCM(3,2)	DCM(3,3)	Зарезер-вировано	Пропуск выходных пакетов	
Заполнение	float32	float32	float32	float32	float32	float32	float32	uint8	uint8	

Описание кадра.

1. Маска изменения формата данных не используется.
2. Формат данных представляет собой битовое поле, задающее текущие параметры функционирования устройства. Назначение битов приведено в табл. 10.
3. Маска изменения параметров выдачи не используется.
4. Скорость основного интерфейса задается кодом, который приведен в табл. 11 (стр. 12). Значение по умолчанию 0 (скорость 921600 бит/с).
5. Адрес устройства — текущий адрес устройства на шине (рис. 9, стр. 8). Значение по умолчанию 1.
6. Делитель базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ определяет реальную частоту выдачи данных $F_{вых}$ по отношению к базовой частоте $F_{АЦП}$ как: $F_{вых} = F_{АЦП}/N_{вых}$. Если $N_{вых}$=0, выдача производится по запросу ведущего. Значение по умолчанию 1.
7. Алгоритм обработки данных определяет доступный набор выдаваемых данных (см. табл. 12, стр. 12). Значение по умолчанию 1 (выдача калиброванных данных с датчиков).
8. Делитель частоты выходного синхросигнала $N_{выхсс}$ определяет частоту выдачи выходного синхросигнала $F_{выхсс}$ по отношению к реальной частоте выдачи данных $F_{вых}$ как: $F_{выхсс} = F_{вых}/N_{выхсс}$. Значение по умолчанию 1. Установка делителя частоты выходного синхросигнала $N_{выхсс} = 0$ эквивалентна $N_{выхсс} = 1$.
9. DCM — матрица поворота осей координат, определяет текущий поворот осей координат относительно положения по умолчанию. Если поворота осей не было — это единичная матрица (1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1).
10. Пропуск выходных пакетов - разряжение выходных данных через пропуск пакетов.

Таблица 10 (часть 1 из 2). Описание битов формата данных

Биты	Описание
31…13	Зарезервированы
12	Режим выдачи кадров с данным от устройства. 0= выдача кадров синхронно с поступлением данных из АЦП; 1= выдача кадров после обработки данных (значение по умолчанию). **Примечания.** 1. При выдаче данных синхронно с поступлением от АЦП, они выдаются без джиттера с задержкой менее длительности $1/F_{вых}$; 2. При выдаче данных после обработки может присутствовать джиттер.

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Таблица 10 (часть 2 из 2). Описание битов формата данных

Биты	Описание
11	Выбор базовой частоты выдачи данных $F_{АЦП}$. 0= базовая частота выдачи данных = 1 кГц (значение по умолчанию); 1= базовая частота выдачи данных = 24 кГц при выключенном начальном фильтре или 8 кГц при включенном. **Примечания.** 1. При базовой частоте 8 кГц частота выдачи данных будет тоже равна 8 кГц для значения делителя частоты в пределах $N_{вых}$=1…3. Для остальных значений $N_{вых}$ частота вычисляется по формуле $F_{вых} = F_{АЦП}/N_{вых}$. 2. Реальная частота выдачи данных ($F_{АЦП}/N_{вых}$) должна выбираться с учетом пропускной способности канала передачи (основного интерфейса RS485).
10	Выбор наборного кадра данных. 0= выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (значение по умолчанию); 1= выбор наборного кадра данных.
9	Выбор выходного сигнала синхронизации 0= фронт (перепад низкий-высокий уровень) по выдаче данных от АЦП, спад (перепад высокий-низкий уровень) по завершению обработки данных, до отправки в очередь посылки; 1= переключение по выдаче данных от АЦП. **Примечание.** Фронт, спад или переключение происходят с учетом предделителя синхросигнала.
8	Инверсия (смена знака) оси Z после преобразования системы координат. 0= нет инверсии (значение по умолчанию); 1= есть инверсия.
7	Инверсия (смена знака) оси Y после преобразования системы координат. 0= нет инверсии (значение по умолчанию); 1= есть инверсия.
6	Инверсия (смена знака) оси X после преобразования системы координат. 0= нет инверсии (значение по умолчанию); 1= есть инверсия.
5…3	Преобразование системы координат. 000= нет преобразования (значение по умолчанию); 001= преобразование XYZ —> YZX; 010= преобразование XYZ —> ZXY; 011= преобразование XYZ —> XZY; 100= преобразование XYZ —> YXZ; 101= преобразование XYZ —> ZYX; 110= нет преобразования; 111= нет преобразования.
2	Выбор радиан в качестве единицы измерения углов. 0= выдача углов в ° (значение по умолчанию); 1= выдача углов в рад.
1	Выбор радиан в секунду в качестве единицы измерения угловой скорости. 0= выдача угловой скорости в °/с (значение по умолчанию); 1= выдача угловой скорости в рад/с.
0	Выбор метров в секунду за секунду в качестве единицы измерения кажущегося ускорения. 0= выдача ускорения в g (значение по умолчанию); 1= выдача ускорения в м/с^2.

Таблица 11 . Коды скорости основного интерфейса

Биты	Описание
7…3	Зарезервированы
2…0	Код текущей скорости основного (дуплексного) интерфейса RS-485 F_{baude}. 000= 921600 бит/с (значение по умолчанию); 001= 460800 бит/с; 010= 230400 бит/с; 011= 115200 бит/с; 100= 1000000 бит/с; 101= 2000000 бит/с; 110= 3000000 бит/с; 111= зарезервирован, если указать, то скорость не изменится.

Таблица 12 . Код алгоритма обработки данных

Биты	Описание
7…5	Зарезервированы
4…0	Код выбора алгоритма обработки данных. 0000= выдача кодов АЦП; 0001= выдача калиброванных данных с датчиков; 0010= выдача тангажа, крена и курса (фильтр Калмана: AHRS); 0011= зарезервировано; 0100= выдача данных инклинометра; 0101= выдача тангажа, крена и курса (фильтр Махони); 0110= выдача нивагации и ориентации в стартовой СК инерциальным способом (БИНС) 0111= заказной (используется при доработке ПО по заказчика); 1000= выдача навигации и ориентация со скоростной коррекцией по данным от СНС приемника (фильтр Калмана: ESKF+GNSS) . **Примечание.** Выбор зарезервированного значения приводит к тому, что выдача информации прекращается до смены на любое не зарезервированное.

5.3.4. Установка параметров ГКВ-10

Используется для установки параметров устройства.

Байт №	2	3	4…7	8…11	12…15	16	17	18,19
Назначение	Тип	Длина	Маска изменения формата данных	Формат данных	Маска изменения параметров выдачи	Скорость основного интерфейса	Адрес устройства	Делитель базовой частоты выдачи данных
Заполнение	7	57	uint32	uint32	uint32	uint8	uint8	uint16

Байт №	20	21	22	23,24	25…28	29…32	33…36	
Назначение	Алгоритм обработки данных	Зарезервировано	Зарезервировано	Делитель частоты выходного синхросигнала	DCM(1,1)	DCM(1,2)	DCM(1,3)	
Заполнение	uint8	uint8	uint8	uint16	float32	float32	float32	

Байт №	37…40	41…44	45…48	49…52	53…56	57…60			2	3
Назначение	DCM(2,1)	DCM(2,2)	DCM(2,3)	DCM(3,1)	DCM(3,2)	DCM(3,3)	Зарезервировано	Пропуск выходных пакетов	Тип	Длина
Заполнение	float32	float32	float32	float32	float32	float32	uint8	uint8	0	0

Примечание. Задаваемые параметры сохраняются в энергонезависимой памяти, кадр подтверждения передается после сохранения. Длительность процесса записи параметров в энергонезависимую память может достигать 1 с (в это время устройство не отвечает).

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Описание кадра.

1. Маска изменения формата данных представляет собой битовое поле, которое позволяет выборочно изменять параметры формата данных. Биты маски в целом соответствуют битам формата данных (см. табл. 10, стр. 10) и описаны в табл. 13 (стр. 13).
2. Формат данных представляет собой битовое поле, задающее параметры функционирования устройства. Назначение битов приведено в табл. 10 (стр. 10).
3. Маска изменения параметров выдачи представляет собой битовое поле, которое позволяет выборочно изменять параметры выдачи данных. Биты маски соответствуют одноименным полям данных и описаны в табл. 14 (стр. 14).
4. Скорость основного интерфейса задается кодом, который приведен в табл. 11 (стр. 12). Если смена скорости обмена по основному интерфейсу запрещена (бит 0 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значение в байте 16 игнорируется, иначе устанавливается новая скорость обмена, однако кадр подтверждения выдается еще со старой скоростью.
5. Адрес устройства — задает текущий адрес устройства на шине (см. рис. 9, стр. 8). Если смена адреса устройства запрещена (бит 1 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значение в байте 17 игнорируется.
6. Делитель базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ определяет реальную частоту выдачи данных $F_{вых}$ по отношению к базовой частоте $F_{АЦП}$ как: $F_{вых} = F_{АЦП}/N_{вых}$. Если $N_{вых}=0$, выдача производится по запросу ведущего. Если смена делителя базовой частоты выдачи данных запрещена (бит 2 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значение в байтах 18 и 19 игнорируется.
7. Алгоритм обработки данных определяет набор выдаваемых данных (см. табл. 12, стр. 12). Если смена алгоритма обработки выходных данных запрещена (бит 3 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значение в байте 20 игнорируется.
8. Делитель частоты выходного синхросигнала $N_{выхсс}$ определяет частоту выдачи выходного синхросигнала $F_{выхсс}$ по отношению к реальной частоте выдачи данных $F_{вых}$ как: $F_{выхсс} = F_{вых}/N_{выхсс}$. Некорректное задание $N_{выхсс}=0$ воспринимается как $N_{выхсс}=1$. Если смена делителя частоты синхросигнала запрещена (бит 6 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значение в байтах 23, 24 игнорируются.
9. DCM — матрица поворота осей координат, предназначенная для смены положения осей на объекте, использующем ГКВ-10. Если смена матрицы поворота запрещена (бит 7 маски изменения параметров выдачи сброшен, табл. 14, стр. 14), значения в байтах 25…60 игнорируются.
10. Пропуск выходных пакетов - разряжение выходных данных через пропуск пакетов. Частота выдачи данных алгоритма уставливается по формуле: $F_{выхсс} = F_{алг}/(ПРОПУСК+1)$, где ПРОПУСК – значение регистра Пропуск выходных пакетов данных. При установке пропуска пакетов, счетчик пакетов будет выдаваться с учетом значения “ПРОПУСК”.

Таблица 13 (часть 1 из 2). Описание битов маски изменения формата данных

Биты	Описание
31…13	Зарезервированы
12	Разрешение смены режима выдачи кадров с данными от устройства. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
11	Разрешение смены выбранной частоты выдачи данных. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
10	Разрешение смены выбранного состава кадра данных. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
9	Разрешение смены выбранного выходного сигнала синхронизации. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
8	Разрешение смены режима выдачи данных по оси Z после преобразования системы координат. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
7	Разрешение смены режима выдачи данных по оси Y после преобразования системы координат. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
6	Разрешение смены режима выдачи данных по оси X после преобразования системы координат. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
5…3	Разрешение преобразования системы координат. Каждый бит кода преобразования системы координат маскируется отдельно. 0= смена соответствующего бита запрещена; 1= смена соответствующего разрешена. **Примечание.** Например, 0b000 — означает полный запрет смены системы координат, а 0b001 — разрешает только смену младшего бита предыдущего кода преобразования, и т.п.

Таблица 13 (часть 2 из 2). Описание битов маски изменения формата данных

Биты	Описание
2	Разрешение смены единицы измерения углов. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
1	Разрешение смены единицы измерения угловой скорости. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
0	Разрешение смены единицы измерения кажущегося ускорения. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.

Таблица 14 . Описание битов маски изменения параметров выдачи данных

Биты	Описание
31…8	Зарезервированы
7	Разрешение смены матрицы поворота системы координат DCM. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
6	Разрешение смены делителя частоты выходного синхросигнала $N_{выхсс}$. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
5, 4	Зарезервированы.
3	Разрешение смены алгоритма обработки выходных данных. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
2	Разрешение смены делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
1	Разрешение смены адреса устройства. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.
0	Разрешение смены скорости обмена по основному интерфейсу. 0= смена запрещена; 1= смена разрешена.

5.3.5. Получение параметров наборного кадра

Используется для проверки состава параметров, получаемых в наборном кадре.

Байт №	2	3
Назначение	Тип	Длина
Заполнение	38	0

Байт №	2	3	4	5	…	4+S	4+S+1	…	29
Назначение	Тип	Длина	Количество параметров в наборном кадре S	Тип параметра 0	…	Тип параметра S	Пустой байт	…	Пустой байт
Заполнение	39	65	uint8	uint8	…	uint8	uint8	…	uint8

Описание кадра.

1. Длина поля данных кадра всегда фиксированная — 65 байт. Если наборный кадр содержит меньше 64 параметров (т.е. в 4-м байте значение S меньше 63), то все байта, следующие после байтом с номером 4+S, будут пустые.
2. Порядок следования параметров в наборном кадре определяется порядком байтов с типами параметров в данном кадре типа 39.
3. Тип каждого параметра кодируется байтом (`uint8`) в соответствии с табл. 15 (стр. 15).

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Таблица 15 (часть 1 из 2). Коды типа параметра

Код	Имя переменной	Описание
0	status	Статус данных (табл. 9, стр. 9)
1	sample_cnt	Счетчик кадров (номер текущего кадра для анализа пропуска кадров).
2	nax	Кажущееся линейное ускорение по оси X в кодах АЦП
3	nay	Кажущееся линейное ускорение по оси Y в кодах АЦП
4	naz	Кажущееся линейное ускорение по оси Z в кодах АЦП
5	nwx	Угловая скорость по оси X в кодах АЦП
6	nwy	Угловая скорость по оси Y в кодах АЦП
7	nwz	Угловая скорость по оси Z в кодах АЦП
8	nt0	Канал 0 / температура 0 АЦП МК
9	nt1	Канал 1 / температура 1 АЦП МК
10	nt2	Канал 2 / температура 2 АЦП МК
11	nt3	Канал 3 / температура 3 АЦП МК
12	nt4	Канал 4 / температура 4 АЦП МК
13	nt5	Канал 5 / температура 5 АЦП МК
14	nt6	Канал 6 / температура 6 АЦП МК
15	nt7	Канал 7 / температура 7 АЦП МК
16	nt8	Канал 8 / температура 8 АЦП МК
17	nt9	Канал 9 / температура 9 АЦП МК
18	ax	Калиброванное кажущееся линейное ускорение по оси X
19	ay	Калиброванное кажущееся линейное ускорение по оси Y
20	az	Калиброванное кажущееся линейное ускорение по оси Z
21	wx	Калиброванная угловая скорость по оси X
22	wy	Калиброванная угловая скорость по оси Y
23	wz	Калиброванная угловая скорость по оси Z
24	t0	Канал 0 / калиброванная температура 0
25	t1	Канал 1 / калиброванная температура 1
26	t2	Канал 2 / калиброванная температура 2
27	t3	Канал 3 / калиброванная температура 3
28	t4	Канал 4 / калиброванная температура 4
29	t5	Канал 5 / калиброванная температура 5
30	t6	Канал 6 / калиброванная температура 6
31	t7	Канал 7 / калиброванная температура 7
32	t8	Канал 8 / калиброванная температура 8
33	t9	Канал 9 / калиброванная температура 9
34	alpha	Угол alpha инклинометра
35	beta	Угол beta инклинометра
36	pitch	Угол тангажа ориентации
37	roll	Угол крена ориентации
38	yaw	Угол курса ориентации
39	q0	q0 кватерниона ориентации
40	q1	q1 кватерниона ориентации
41	q2	q2 кватерниона ориентации
42	q3	q3 кватерниона ориентации
43	x	Положение по оси X
44	y	Положение по оси Y

Таблица 15 (часть 2 из 2). Коды типа параметра

Код	Имя переменной	Описание
45	z	Положение по оси Z
46	vx	Линейная скорость по оси X
47	vy	Линейная скорость по оси Y
48	vz	Линейная скорость по оси Z
49	iwx	Угол-интеграл угловой скорости по оси X
50	iwy	Угол-интеграл угловой скорости по оси Y
51	iwz	Угол-интеграл угловой скорости по оси Z
52…63	–	Зарезервированы
64	vx	Линейное ускорение X
65	vy	Линейное ускорение Y
66	vz	Линейное ускорение Z
67	azimuth	Азимут (при подключении приемника СНС)
68	utc_time	Время utc (при подключении приемника СНС)
69	lat	Широта в рад.(при подключении приемника СНС)
70	lon	Долгота в рад (при подключении приемника СНС)
71	alt	Высота в м (при подключении приемника СНС)
72	status_sns	Статус состоянии приемника СНС (при подключении приемника СНС)
73	tdop	Геометрический факторв СНС приемника (при подключении приемника СНС)
74	hdop	Геометрический факторв СНС приемника (при подключении приемника СНС)
75	vdop	Геометрический факторв СНС приемника (при подключении приемника СНС)
76	vel	Горизонтальная скорость по СНС приемнику (при подключении приемника СНС)
77	yaw_sns	Курс от СНС приемика (при подключении приемника СНС)
78	alt_vel	Вертикальная скорость (при подключении приемника СНС)
79	num_sns	Количество спутников в решении приемника СНС (при подключении приемника СНС)
80-82	mag	Зарезервировано под магнитометр
83	lat_vel	Вектор скорости по широте в м/с от приемника СНС
84	lon_vel	Вектор скорости по долготе в м/с от приемника СНС
85	sig_lat	СКО по широте от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C NAVIS)
86	sig_lon	СКО по долготе от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C NAVIS)
87	sig_alt	СКО по высоте от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C NAVIS)
88	sig_vlat	СКО по скорости вдоль широты от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C)
89	sig_vlon	СКО по скорости вдоль долготы от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C)
90	sig_valt	СКО по скорсте по высоте от приемника СНС (при работе с приемником NV-08C)
91…255	–	Зарезервированы

Примечание к таблице. АЦП МК — АЦП микроконтроллера, в отличие от внешнего сигма-дельта АЦП.

5.3.6. Установка параметров наборного кадра

Используется для установки состава параметров, получаемых в наборном кадре.

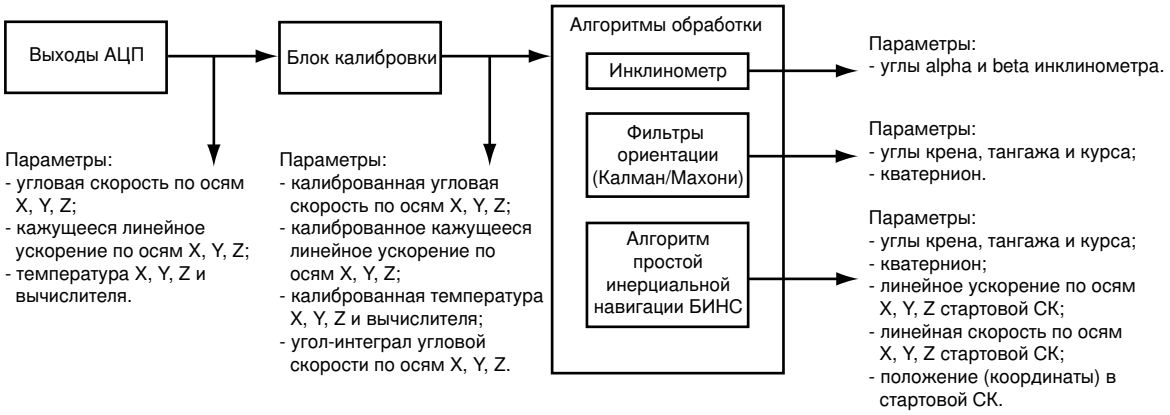
Байт №	2	3	4	5	…	4+S	2	3
Назначение	Тип	Длина	Количество параметров в наборном кадре S	Тип параметра 1	…	Тип параметра S	Тип	Длина
Заполнение	39	uint8	uint8	uint8	…	uint8	0	0

Примечание. Задаваемые параметры сохраняются в энергонезависимой памяти, кадр подтверждения передается после сохранения. Длительность процесса записи параметров в энергонезависимую память может достигать 1 с (в это время устройство не отвечает).

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Описание кадра.

1. Длина поля данных кадра всегда равна S+1, т.е. на 1 больше количества параметров в наборном кадре.
2. Порядок следования параметров в наборном кадре определяется порядком байтов с типами параметров в данном кадре типа 39.
3. Выбор параметра для посылки не приводит к автоматическому его расчету, для корректного результата следует выбрать соответствующий алгоритм. Если этого не сделать, то параметры рассчитаны не будут и вместо их значений будут выдаваться 0. Последовательность обработки и доступность параметров для выдачи показана на рис. 10.
4. Тип каждого параметра представлены как `uint8` в соответствии с табл. 15 (стр. 15).
5. Задание зарезервированного кода (несуществующего параметра) приводит к тому, что в соответствующих байтах будет выдаваться либо 0, если задание произошло после сброса или включения питания, либо последнее значение ранее выдававшегося в этих байтах параметра в противном случае.



Примечание к рисунку. СК — система координат.

Рис. 10. Последовательность обработки и доступность параметров в зависимости от алгоритма

5.3.7. Получение кодов АЦП

Используется для получения кодов АЦП по запросу или периодически.

Байт №	2	3	2	3	4,5	6,7	8…11	12…15	16…19
Назначение	Тип	Длина	Тип	Длина	Счетчик кадров	Статус данных (status)	Кажущееся линейное ускорение X АЦП (nax)	Кажущееся линейное ускорение Y АЦП (nay)	Кажущееся линейное ускорение Z АЦП (naz)
Заполнение	23	0	10	36	uint16	uint16	uint32	uint32	uint32

Байт №	20…23	24…27	28…31	32,33	34,35	36,37	38,39
Назначение	Угловая скорость X АЦП (nwx)	Угловая скорость Y АЦП (nwy)	Угловая скорость Z АЦП (nwz)	Температура X АЦП (nt0)	Температура Y АЦП (nt1)	Температура Z АЦП (nt2)	Температура вычислителя АЦП (nt3)
Заполнение	uint32	uint32	uint32	uint16	uint16	uint16	uint16

Описание кадра.

1. Коды АЦП выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (табл. 10, стр. 10, байты 8…11, бит 10) и выбрал в качестве алгоритма обработки данных выдачу кодов АЦП (табл. 12, стр. 12, байт 20, биты 2…0).
2. Кадр типа 10 выдается устройством по запросу (кадр типа 23), если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 10 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Счетчик кадров — число в диапазоне 0…65535, обозначающее номер текущего кадра. Счетчик кадров увеличивается на 1 после передачи очередного кадра, а по достижении максимального значения сбрасывается. Счетчик кадров служит для анализа пропуска кадров.
4. Статус данных — битовое поле, см. табл. 9 (стр. 9).
5. Остальные значения — некалиброванные и необработанные коды от АЦП (табл. 12, стр. 12, код 0).

5.3.8. Получение калиброванных данных с датчиков

Используется для получения калиброванных данных с датчиков по запросу или периодически.

Байт №	2	3	2	3	4,5	6,7	8…11	12…15	16…19
Назначение	Тип	Длина	Тип	Длина	Счетчик кадров	Статус данных (status)	Калиброванное кажущееся линейное ускорение X (ax)	Калиброванное кажущееся линейное ускорение Y (ay)	Калиброванное кажущееся линейное ускорение Z (az)
Заполнение	23	0	11	44	uint16	uint16	float32	float32	float32

Байт №	20…23	24…27	28…31	32…35	36…39	40…43	44…47
Назначение	Калиброванная угловая скорость X (wx)	Калиброванная угловая скорость Y (wy)	Калиброванная угловая скорость Z (wz)	Калиброванная температура X (t0)	Калиброванная температура Y (t1)	Калиброванная температура Z (t2)	Калиброванная температура вычислителя (t3)
Заполнение	float32	float32	float32	float32	float32	float32	float32

Описание кадра.

1. Калиброванные данные с датчиков выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (табл. 10, стр. 10, байты 8…11, бит 10) и выбрал в качестве алгоритма обработки данных выдачу калиброванных данных с датчиков (табл. 12, стр. 12, байт 20, биты 2…0).
2. Кадр типа 11 выдается устройством по запросу (кадр типа 23), если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 11 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Счетчик кадров — число в диапазоне 0…65535, обозначающее номер текущего кадра. Счетчик кадров увеличивается на 1 после после передачи очередного кадра, а по достижении максимального значения сбрасывается. Счетчик кадров служит для анализа пропуска кадров.
4. Статус данных — битовое поле, см. табл. 9 (стр. 9).
5. Остальные значения — калиброванные коды от АЦП (табл. 12, стр. 12, код 1).

5.3.9. Получение тангажа, крена и курса

Используется для получения углов тангажа, крена и курса по запросу или периодически.

Байт №	2	3	2	3	4,5	6,7	8…11	12…15	16…19
Назначение	Тип	Длина	Тип	Длина	Счетчик кадров	Статус данных (status)	Угол тангажа ориентации (pitch)	Угол крена ориентации (roll)	Угол курса ориентации (yaw)
Заполнение	23	0	12	16	uint16	uint16	float32	float32	float32

Описание кадра.

1. Углы тангажа, крена и курса выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (табл. 10, стр. 10, байты 8…11, бит 10) и выбрал в качестве алгоритма обработки данных выдачу углов тангажа, крена и курса с соответствующей фильтрацией (табл. 12, стр. 12, байт 20, биты 2…0).
2. Кадр типа 12 выдается устройством по запросу, если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 12 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Счетчик кадров — число в диапазоне 0…65535, обозначающее номер текущего кадра. Счетчик кадров увеличивается на 1 после после передачи очередного кадра, а по достижении максимального значения сбрасывается. Счетчик кадров служит для анализа пропуска кадров.
4. Статус данных — битовое поле, см. табл. 9 (стр. 9).
5. Остальные значения — обработанные в соответствии с выбранным алгоритмом (табл. 12, стр. 12, код 2 или 5) данные.

5.3.10. Получение данных инклинометра

Используется для получения данных инклинометра по запросу или периодически.

Байт №	2	3	2	3	4,5	6,7	8…11	12…15
Назначение	Тип	Длина	Тип	Длина	Счетчик кадров	Статус данных (status)	Угол alpha инклинометра (alpha)	Угол beta инклинометра (beta)
Заполнение	23	0	13	12	uint16	uint16	float32	float32

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Описание кадра.

1. Данные инклинометра выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (табл. 10, стр. 10, байты 8…11, бит 10) и выбрал в качестве алгоритма обработки данных выдачу данных инклинометра (табл. 12, стр. 12, байт 20, биты 2…0).
2. Кадр типа 13 выдается устройством по запросу (кадр типа 23), если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 13 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Счетчик кадров — число в диапазоне 0…65535, обозначающее номер текущего кадра. Счетчик кадров увеличивается на 1 после после передачи очередного кадра, а по достижении максимального значения сбрасывается. Счетчик кадров служит для анализа пропуска кадров.
4. Статус данных — битовое поле, см. табл. 9 (стр. 9).
5. Остальные значения — обработанные в соответствии с выбранным алгоритмом (табл. 12, стр. 12, код 4) данные.

5.3.11. Получение данных БИНС

Используется для получения данных БИНС по запросу или периодически.

Байт №	2	3
Назначение	Тип	Длина
Заполнение	23	0

Байт №	2	3	4,5	6,7	8…11	12…15	16…19	20…23	24…27
Назначение	Тип	Длина	Счетчик кадров	Статус данных (status)	Положение X (x)	Положение Y (y)	Положение Z (z)	Угол тангажа ориентации (pitch)	Угол крена ориентации (roll)
Заполнение	18	52	uint16	uint16	float32	float32	float32	float32	float32

Байт №	28…31	32…35	36…39	40…43	44…47	48…51	52…55
Назначение	Угол курса ориентации (yaw)	Угол alpha инклинометра (alpha)	Угол beta инклинометра (beta)	Q3 кватерниона ориентации (q3)	Q2 кватерниона ориентации (q2)	Q1 кватерниона ориентации (q1)	Q0 кватерниона ориентации (q0)
Заполнение	float32	float32	float32	float32	float32	float32	float32

Описание кадра.

1. Данные БИНС выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор кадра, содержимое которого определяется алгоритмом (табл. 10, стр. 10, байты 8…11, бит 10) и выбрал в качестве алгоритма обработки данных выдачу данных БИНС (табл. 12, стр. 12, байт 20, биты 2…0).
2. Кадр типа 18 выдается устройством по запросу (кадр типа 23), если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 18 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Счетчик кадров — число в диапазоне 0…65535, обозначающее номер текущего кадра. Счетчик кадров увеличивается на 1 после после передачи очередного кадра, а по достижении максимального значения сбрасывается. Счетчик кадров служит для анализа пропуска кадров.
4. Статус данных — битовое поле, см. табл. 9 (стр. 9).
5. Остальные значения — обработанные в соответствии с выбранным алгоритмом (табл. 12, стр. 12, код 6) данные в инерциальной системе координат, связанной с землей.

5.3.12. Получение наборного кадра данных

Используется для получения наборного кадра данных по запросу или периодически.

Байт №	2	3		2	3	4…7	…	4*S…4*S+3
Назначение	Тип	Длина		Тип	Длина	Параметр 1	…	Параметр S
Заполнение	23	0		19	4*S	float32	…	float32

Описание кадра.

1. Наборные кадры выдаются устройством, если предварительно ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал выбор наборного кадра (табл. 10, стр. 10, байт 8…11, бит 10) и установил состав наборного кадра (п. 5.3.6., стр. 16). Если состав наборного кадра не установлен, по умолчанию выдаются кадры с длиной поля данных 0, т.е. байты с номерами 4 и больше отсутствуют.

2. Кадр типа 19 выдается устройством по запросу (кадр типа 23), если выполнено предыдущее условие и ведущий при выдаче кадра типа 7 (п. 5.3.4., стр. 12) задал 0-е значение делителя базовой частоты выдачи данных $N_{вых}$ (байты 18, 19). В противном случае (т.е. при не нулевом делителе базовой частоты выдачи данных) выдача кадра типа 19 производится без запроса с частотой $F_{вых}$.
3. Длина поля данных наборного кадра определяется величиной S, заданной при установке состава наборного кадра (п. 5.3.6., стр. 16). Минимальная длина поля составляет 4 байта, максимальная — 100 байт.
4. Типы и последовательность параметров в наборном кадре определяются при установке состава наборного кадра (п. 5.3.6., стр. 16). Все значения представлены как `float32`.

5.3.13. Получение коэффициентов смещения угловых скоростей

Коэффициенты смещения угловых скоростей используются для компенсации постоянного смещения нуля гироскопов, хранятся в энергонезависимой памяти устройства и могут быть выданы по запросу ведущего (кадр типа 29).

Байт №	2	3
Назначение	Тип	Длина
Заполнение	29	0

Байт №	2	3	4…7	8…11	12…15	16…19	20…23
Назначение	Тип	Длина	Смещение у.с. X в диапазоне 900°/с (x_900)	Смещение у.с. Y в диапазоне 900°/с (y_900)	Смещение у.с. Z в диапазоне 900°/с (z_900)	Зарезервировано	Зарезервировано
Заполнение	30	48	int32	int32	int32	int32	int32

Байт №	24…27	28…31	32…35	36…39	40…43	44…47	48…51
Назначение	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано
Заполнение	int32	int32	int32	int32	int32	int32	int32

Описание кадра. Коэффициенты смещения угловых скоростей представлены как целые со знаком (`int32`).

5.3.14. Установка коэффициентов смещения угловых скоростей

Коэффициенты смещения угловых скоростей используются для компенсации постоянного смещения нуля гироскопов и могут быть записаны в энергонезависимую память устройства по запросу ведущего (кадр типа 30).

Байт №	2	3	4…7	8…11	12…15	16…19	20…23	24…27
Назначение	Тип	Длина	Смещение у.с. X в диапазоне 900°/с (x_900)	Смещение у.с. Y в диапазоне 900°/с (y_900)	Смещение у.с. Z в диапазоне 900°/с (z_900)	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано
Заполнение	30	48	int32	int32	int32	int32	int32	int32

Байт №	28…31	32…35	36…39	40…43	44…47	48…51	2	3
Назначение	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Зарезервировано	Тип	Длина
Заполнение	int32	int32	int32	int32	int32	int32	0	0

Примечание. Задаваемые коэффициенты сохраняются в энергонезависимой памяти, кадр подтверждения передается после сохранения. Длительность процесса записи в энергонезависимую память может достигать 1 с (в это время устройство не отвечает).

Описание кадра. Коэффициенты смещения угловых скоростей представлены как целые со знаком (`int32`).

5.3.15. Вычисление коэффициентов смещения угловых скоростей

Используется для запуска процесса накопления и вычисления коэффициентов смещения нуля угловых скоростей по запросу ведущего (кадр типа 28).

Байт №	2	3	4…7	2	3
Назначение	Тип	Длина	Количество накапливаемых измерений (samples)	Тип	Длина
Заполнение	28	4	uint32	0	0

Примечания.

1. Длительность процесса накопления и вычисления коэффициентов смещения зависит от количества измерений (`samples`). Во время вычисления устройство не отвечает.

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

2. Вычисленные коэффициенты сохраняются в энергонезависимой памяти, кадр подтверждения передается после сохранения. Длительность процесса записи в энергонезависимую память может достигать 1 с (в это время устройство не отвечает).

5.3.16. Получение параметров фильтров

После дельта-сигма АЦП отсчеты подвергаются фильтрации (КИХ фильтр с разрежением и фильтр скользящего среднего). Настройки фильтров (частоту среза КИХ фильтра и длину окна фильтра скользящего среднего) можно получить с использованием кадра типа 31.

Байт №	2	3
Назначение	Тип	Длина
Заполнение	31	0

2	3	4	5,6	7,8
Тип	Длина	Частота среза КИХ фильтра	Зарезервировано	Размер окна фильтра скользящего среднего
32	5	uint8	uint16	uint16

Описание кадра.

1. Частота среза КИХ фильтра кодируется байтом (`uint8`) в соответствии с табл. 16 (стр. 21).
2. Размер окна скользящего среднего задается целым без знака в пределах 1…65535. 0 соответствует отключению фильтра скользящего среднего.

Таблица 16 . Описание битов кодирования частоты среза КИХ фильтра

Биты	Описание
7…4	Зарезервированы
3…0	Код частоты среза. 0000= фильтр отключен; 0001= зарезервирован; 0010= усреднение до частоты выдачи; 0011= зарезервирован; 0100= зарезервирован; 0101= частота среза 1 кГц; 0110= частота среза 2 кГц; 0111= частота среза 4 кГц; 1000= частота среза 8 кГц; 1001= зарезервирован; … 1111= зарезервирован.

5.3.17. Установка параметров фильтров

Установить требуемые параметры фильтров можно с помощью кадра типа 32.

Байт №	2	3	4	5,6	7,8
Назначение	Тип	Длина	Частота среза КИХ фильтра	Зарезервировано	Размер окна фильтра скользящего среднего
Заполнение	32	5	uint8	uint16	uint16

2	3
Тип	Длина
0	0

Примечания.

1. Задаваемые параметры сохраняются в энергонезависимой памяти, кадр подтверждения передается после сохранения. Длительность процесса записи в энергонезависимую память может достигать 1 с (в это время устройство не отвечает).
2. При использовании КИХ фильтра с частотой среза, превышающей частоту выдачи данных, усреднение будет производиться до частоты выдачи данных.
3. Фильтр скользящего среднего может быть включен одновременно с КИХ фильтром, в этом случае данные предварительно обрабатываются КИХ фильтром и только потом фильтром скользящего среднего.

Описание кадра.

1. Частота среза КИХ фильтра кодируется байтом (`uint8`) в соответствии с табл. 16 (стр. 21). Значение по умолчанию 0b101 (1 кГц). При задании зарезервированного кода значение частоты среза не меняется.
2. Размер окна скользящего среднего задается целым без знака в пределах 1…65535. 0 соответствует отключению фильтра скользящего среднего, это значение по умолчанию.

5.3.18. Запуск самотестирования

Кадр типа 40 позволяет запросить работоспособность датчиков гироскопа и акселерометра или запустить самотестирование этих датчиков. Следует различать два типа тестов:

- полный тест — производит тестирование всей аппаратуры ГКВ-10, после выполнения выключается и устройство отправляет результаты проверки в кадре типа 41;
- индивидуальный тест — до тех пор, пока не будет остановлен, производит периодическую проверку выбранных гироскопов или акселерометров с выдачей результата первой проверки в кадре типа 41 и далее по запросам.

Байт №	2	3	4…7	8…11
Назначение	Тип	Длина	Команда самотестирования	Код выбора индивидуальных тестов
Заполнение	40	8	uint32	uint32

2	3	4…7	8…11
Тип	Длина	Результат теста гироскопов	Результат теста акселерометров
41	8	uint32	uint32

Примечание. Длительность самотестирования не превышает 1 с, в это время устройство не отвечает. Если до запроса результатов последнего тестирования (код команды 001, табл. 17) тестирование не производилось, то выдаются 0, т.е. признак нормальной работы.

Описание кадров.

1. Команда самотестирования в кадре типа 40 позволяет запросить результаты последнего теста или запустить новый тест. Допустимые значения команды самотестирования приведены в табл. 17 (стр. 22).
2. Код выбора индивидуальных тестов в кадре типа 40 позволяет отдельно запускать тесты требуемых датчиков. Возможные значения маски приведены в табл. 18 (стр. 22).
3. Результат тестирования гироскопов в кадре типа 41 содержит биты ошибок тестирования гироскопов. Назначение битов приведено в табл. 19 (стр. 22).
4. Результат тестирования акселерометров в кадре типа 41 содержит биты ошибок тестирования акселерометров. Назначение битов приведено в табл. 20 (стр. 23).

Таблица 17 . Допустимые коды команды самотестирования

Биты	**Описание**
31…3	Зарезервированы
2…0	Код команды. 000= выключение индивидуального теста; 001= запрос текущего состояния (результатов последнего тестирования); 010= запуск самотестирования, по завершению выдается кадр 41 с результатами тестов и самотестирования выключается; 011= запуск индивидуального теста в соответствии с кодом выбора, по завершению выдается кадр 41 с результатами теста; 100= выключение индивидуального теста; 101= зарезервирован; … 111= зарезервирован. **Примечание.** Выбор зарезервированного значения приводит к тому, что будет выполнена предыдущая команда самотестирования.

Таблица 18 . Допустимые коды выбора индивидуальных тестов

Биты	**Описание**
31…3	Зарезервированы
2…0	Код выбора индивидуального теста. 000= тест гироскопов по всем осям в положительную область вращения; 001= тест гироскопов по всем осям в отрицательную область вращения; 010= тест акселерометров по оси X; 011= тест акселерометров по оси Y; 100= тест акселерометров по оси Z. 101= зарезервирован; … 111= зарезервирован. **Примечание.** Выбор зарезервированного значения приводит к тому, что будет запущен предыдущий индивидуальный тест.

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

Таблица 19 . Описание битов результата тестирования канала угловой скорости

Биты	Описание
31…3	Зарезервированы
2	Ошибка тестирования гироскопа по оси Z. 0= нормальная работа; 1= ошибка.
1	Ошибка тестирования гироскопа по оси Y. 0= нормальная работа; 1= ошибка.
0	Ошибка тестирования гироскопа по оси X. 0= нормальная работа; 1= ошибка.

Таблица 20 . Описание битов результата тестирования канала кажущегося линейного ускорения

Биты	Описание
31…3	Зарезервированы
2	Ошибка тестирования акселерометра по оси Z. 0= нормальная работа; 1= ошибка.
1	Ошибка тестирования акселерометра по оси Y. 0= нормальная работа; 1= ошибка.
0	Ошибка тестирования акселерометра по оси X. 0= нормальная работа; 1= ошибка.

6. Габаритный чертеж

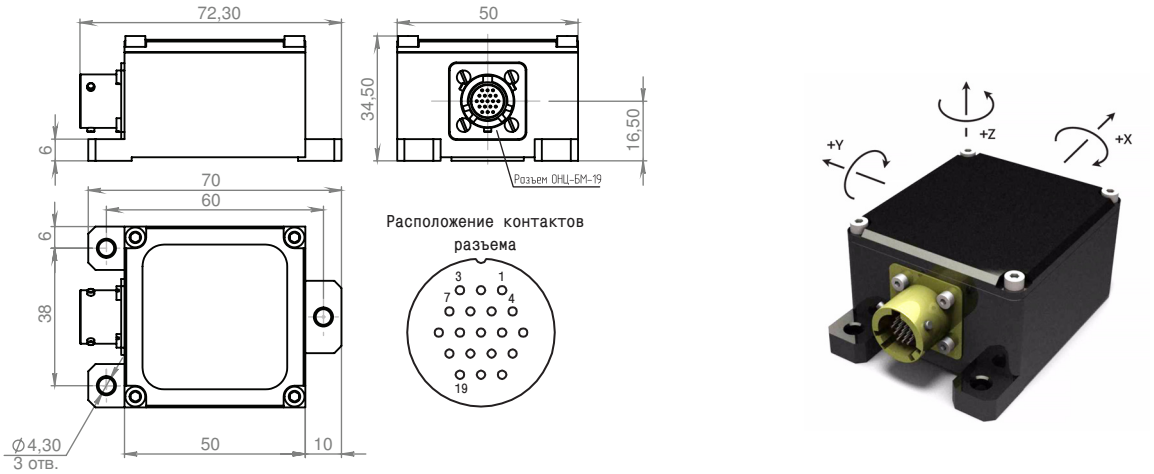


Рис. 11. Габаритный чертеж и ориентация осей ГКВ-10

7. Примеры схем подключения

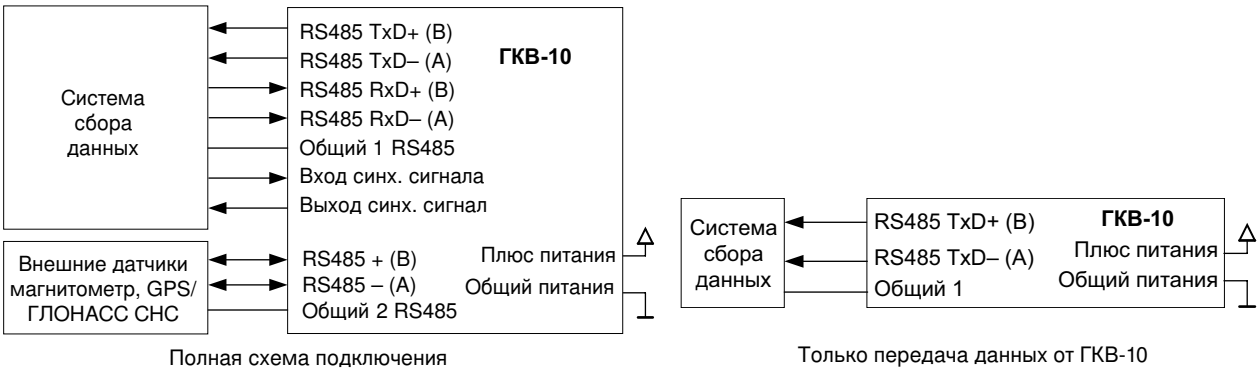


Рис. 12. Примеры схем подключения ГКВ-10 к системе сбора данных

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®

8. Информация для заказа

8.1. Маркировка

Кодирование при маркировке изделия: ГКВ-10-XYZ-A-V, где

1. ГКВ-10 — наименование изделия;
2. X — диапазон измерения угловой скорости по оси X, десятичная цифра:
   0 — ось не используется,
   1 — диапазон измерения угловой скорости ±900°/с(1),
   2 — диапазон измерения угловой скорости ±2700°/с;
3. Y — диапазон измерения угловой скорости по оси Y, десятичная цифра:
   0 — ось не используется,
   1 — диапазон измерения угловой скорости ±900°/с(1),
   2 — диапазон измерения угловой скорости ±2700°/с;
4. Z — диапазон измерения угловой скорости по оси Z, десятичная цифра:
   0 — ось не используется,
   1 — диапазон измерения угловой скорости ±900°/с(1),
   2 — диапазон измерения угловой скорости ±2700°/с;
5. A — диапазон измерения ускорения, десятичная цифра:
   0 — акселерометр отсутствует,
   1 — диапазон измерения ускорений ±10 g(1),
   2 — диапазон измерения ускорений ±30 g,
   3 — диапазон измерения ускорений ±96 g,
   4 — диапазон измерения ускорений ±1 g(2);
6. V — диапазон напряжений питания, необязательная десятичная цифра:
   цифра отсутствует — диапазон напряжений питания 9…36 В(1),
   1 — диапазон напряжений питания 5…18 В.

Примечания.

1. Стандартное исполнение.
2. Позволяет реализовать наиболее точный цифровой инклинометр (измерение угла наклона в статическом состоянии).

Пример условного обозначения Инерциального модуля ГКВ-10 при заказе, а также в конструкторской документации в составе другой продукции:

Инерциальный модуль ГКВ-10-111-1 ЛМАП.402131.009ТУ

8.2. Контактная информация

Телефон: +7 495 763 55 14

Сайт: www.mp-lab.ru

Email: info@mp-lab.ru

9. Приложение. Табличное вычисление CRC32

Табличный алгоритм расчета CRC32 является альтернативой программному методу при недостатке вычислительных ресурсов процессора системы сбора данных. Здесь приведен пример реализации такого подхода.

```
static uint32 crc32_tab[] = {
	0x00000000, 0x77073096, 0xee0e612c, 0x990951ba, 0x076dc419, 0x706af48f,
	0xe963a535, 0x9e6495a3, 0x0edb8832, 0x79dcb8a4, 0xe0d5e91e, 0x97d2d988,
	0x09b64c2b, 0x7eb17cbd, 0xe7b82d07, 0x90bf1d91, 0x1db71064, 0x6ab020f2,
	0xf3b97148, 0x84be41de, 0x1adad47d, 0x6ddde4eb, 0xf4d4b551, 0x83d385c7,
	0x136c9856, 0x646ba8c0, 0xfd62f97a, 0x8a65c9ec, 0x14015c4f, 0x63066cd9,
	0xfa0f3d63, 0x8d080df5, 0x3b6e20c8, 0x4c69105e, 0xd56041e4, 0xa2677172,
	0x3c03e4d1, 0x4b04d447, 0xd20d85fd, 0xa50ab56b, 0x35b5a8fa, 0x42b2986c,
	0xdbbbc9d6, 0xacbcf940, 0x32d86ce3, 0x45df5c75, 0xdcd60dcf, 0xabd13d59,
	0x26d930ac, 0x51de003a, 0xc8d75180, 0xbfd06116, 0x21b4f4b5, 0x56b3c423,
	0xcfba9599, 0xb8bda50f, 0x2802b89e, 0x5f058808, 0xc60cd9b2, 0xb10be924,
	0x2f6f7c87, 0x58684c11, 0xc1611dab, 0xb6662d3d, 0x76dc4190, 0x01db7106,
	0x98d220bc, 0xefd5102a, 0x71b18589, 0x06b6b51f, 0x9fbfe4a5, 0xe8b8d433,
	0x7807c9a2, 0x0f00f934, 0x9609a88e, 0xe10e9818, 0x7f6a0dbb, 0x086d3d2d,
	0x91646c97, 0xe6635c01, 0x6b6b51f4, 0x1c6c6162, 0x856530d8, 0xf262004e,
	0x6c0695ed, 0x1b01a57b, 0x8208f4c1, 0xf50fc457, 0x65b0d9c6, 0x12b7e950,
	0x8bbeb8ea, 0xfcb9887c, 0x62dd1ddf, 0x15da2d49, 0x8cd37cf3, 0xfbd44c65,
	0x4db26158, 0x3ab551ce, 0xa3bc0074, 0xd4bb30e2, 0x4adfa541, 0x3dd895d7,
	0xa4d1c46d, 0xd3d6f4fb, 0x4369e96a, 0x346ed9fc, 0xad678846, 0xda60b8d0,
	0x44042d73, 0x33031de5, 0xaa0a4c5f, 0xdd0d7cc9, 0x5005713c, 0x270241aa,
	0xbe0b1010, 0xc90c2086, 0x5768b525, 0x206f85b3, 0xb966d409, 0xce61e49f,
	0x5edef90e, 0x29d9c998, 0xb0d09822, 0xc7d7a8b4, 0x59b33d17, 0x2eb40d81,
	0xb7bd5c3b, 0xc0ba6cad, 0xedb88320, 0x9abfb3b6, 0x03b6e20c, 0x74b1d29a,
	0xead54739, 0x9dd277af, 0x04db2615, 0x73dc1683, 0xe3630b12, 0x94643b84,
	0x0d6d6a3e, 0x7a6a5aa8, 0xe40ecf0b, 0x9309ff9d, 0x0a00ae27, 0x7d079eb1,
	0xf00f9344, 0x8708a3d2, 0x1e01f268, 0x6906c2fe, 0xf762575d, 0x806567cb,
	0x196c3671, 0x6e6b06e7, 0xfed41b76, 0x89d32be0, 0x10da7a5a, 0x67dd4acc,
	0xf9b9df6f, 0x8ebeeff9, 0x17b7be43, 0x60b08ed5, 0xd6d6a3e8, 0xa1d1937e,
	0x38d8c2c4, 0x4fdff252, 0xd1bb67f1, 0xa6bc5767, 0x3fb506dd, 0x48b2364b,
	0xd80d2bda, 0xaf0a1b4c, 0x36034af6, 0x41047a60, 0xdf60efc3, 0xa867df55,
	0x316e8eef, 0x4669be79, 0xcb61b38c, 0xbc66831a, 0x256fd2a0, 0x5268e236,
	0xcc0c7795, 0xbb0b4703, 0x220216b9, 0x5505262f, 0xc5ba3bbe, 0xb2bd0b28,
	0x2bb45a92, 0x5cb36a04, 0xc2d7ffa7, 0xb5d0cf31, 0x2cd99e8b, 0x5bdeae1d,
	0x9b64c2b0, 0xec63f226, 0x756aa39c, 0x026d930a, 0x9c0906a9, 0xeb0e363f,
	0x72076785, 0x05005713, 0x95bf4a82, 0xe2b87a14, 0x7bb12bae, 0x0cb61b38,
	0x92d28e9b, 0xe5d5be0d, 0x7cdcefb7, 0x0bdbdf21, 0x86d3d2d4, 0xf1d4e242,
	0x68ddb3f8, 0x1fda836e, 0x81be16cd, 0xf6b9265b, 0x6fb077e1, 0x18b74777,
	0x88085ae6, 0xff0f6a70, 0x66063bca, 0x11010b5c, 0x8f659eff, 0xf862ae69,
	0x616bffd3, 0x166ccf45, 0xa00ae278, 0xd70dd2ee, 0x4e048354, 0x3903b3c2,
	0xa7672661, 0xd06016f7, 0x4969474d, 0x3e6e77db, 0xaed16a4a, 0xd9d65adc,
	0x40df0b66, 0x37d83bf0, 0xa9bcae53, 0xdebb9ec5, 0x47b2cf7f, 0x30b5ffe9,
	0xbdbdf21c, 0xcabac28a, 0x53b39330, 0x24b4a3a6, 0xbad03605, 0xcdd70693,
	0x54de5729, 0x23d967bf, 0xb3667a2e, 0xc4614ab8, 0x5d681b02, 0x2a6f2b94,
	0xb40bbe37, 0xc30c8ea1, 0x5a05df1b, 0x2d02ef8d
};
uint32 crc32(uint32 crc, const void *buf, size_t size)
{
	const uint8 *p;
	p = buf;
	crc = crc ^ ~0U;
	while (size--)
		crc = crc32_tab[(crc ^ *p++) & 0xFF] ^ (crc >> 8);
	return crc ^ ~0U; }
```

 © 2017 Лаборатория Микроприборов ®

10. Лист регистрации изменений

№ п/п	Дата	Версия	Краткое содержание изменений	№№ изменяемых листов
1	31.07.2017	1.1	Исправления: 1 Название Гирокурсовертикаль на Инерциальный модуль 2 Габаритный чертеж рис.11 Добавлено: 1 Подключение к приемникам СНС (Общее описание) 2 Параметры наборного пакета	 23 1 15
2	19.10.2017	1.2	Добавление: 1 Добавлен дополнительные алгоритмы в «Набор данных» (п.7.3), «Заказной», «БИНС со скоростной коррекцией от приемника СНС» (п.5.3.3) 2 В настройки пакета добавлен параметр «Пропуск пакетов» (п.5.3.3) 3 Дополнен типы наборных параметров новыми значениями (п.5.3.5) 4 Увеличена максимальная длина наборного пакета (п.5.3.5) 5 В параметр “Статус» добавлен флаг выставки и временная метка 1PPS от приемника СНС (п.5.3.2)	 12 10 14-16 14 9

© 2017 Лаборатория Микроприборов ®