УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Лаборатория Микроприборов»

_____ А.С. Тимошенков
«___» _____ 2020 г.

МОДУЛЬ ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ СЕРИИ ГКВ

ПРОТОКОЛ
информационного взаимодействия с изделием
ЛМАП.402131.009Д1

Разработал

_____ А.В. Михеев
«___» _____ 2020 г.

Проверил

_____ А.М. Каменский
«___» _____ 2020 г.

Нормоконтролер

_____ Н.А. Петрова
«___» _____ 2020 г.

Содержание

Содержание 2
1 ..... Введение 4
2 ..... Назначение 4
3 ..... Интерфейс обмена 4
4 ..... Представление данных 4
5 ..... Способ передачи 4
6 ..... Структура информационных пакетов 4
7 ..... Формат пакетов 5
7.1 ..... Проверка соединения 5
7.2 ..... Программный сброс 6
7.3 ..... Данные об изделии 6
7.4 ..... Настройка изделия 7
7.5 ..... Параметры наборного пакета данных 15
7.6 ..... Запрос данных 20
7.7 ..... Наборы данных ГКВ 21
7.7.1 ..... Выдача кодов АЦП 21
7.7.2 ..... Выдача калиброванных данных с датчиков 22
7.7.3 ..... Выдача данных ориентации 24
7.7.4 ..... Выдача данных инклинометра 24
7.7.5 ..... Выдача данных навигации 24
7.7.6 ..... Выдача полученных данных от ГНСС 25
7.7.7 ..... Выдача полученных расширенных данных от ГНСС 25
7.7.8 ..... Наборный пакет данных 25
7.8 ..... Компенсация смещения датчиков угловой скорости 30
7.8.1 ..... Получение коэффициентов смещения ДУС 30
7.8.2 ..... Запись коэффициентов смещения ДУС 30
7.8.3 ..... Накопление и вычисление коэффициентов смещения ДУС. 30
7.9 ..... Настройка фильтра 32
7.10 ..... Настройка алгоритмов 33
7.10.1 ..... Параметры алгоритма вычисления ориентации (AHRS) 33
7.10.2 ..... Параметры алгоритма навигации 36
7.10.3 ..... Получение параметров алгоритма 43
7.10.4 ..... Запись параметров алгоритма 43
7.11 ..... Маскирование коррекции от ГНСС приемника 43
7.12 ..... Установка и коррекция курса 44

7.13 .....Коррекция по внешним измерениям 44
7.14 .....Стандартное сообщение с данными ГНСС 46
7.14.1 .....Координаты и скорости 46
7.14.2 .....Курс (heading) 47
7.15 .....Настройки интерфейсов 48
7.15.1 .....Назначение «Сквозной» 48
7.15.2 .....Настройка работы интерфейсов обмена данных и протоколов взаимодействия 48
7.15.3 .....Ретрансляция CAN данных 54
Приложение А Пример расчета контрольной суммы на языке С 55
Приложение Б Дополнение к протоколу для прошивки с ГНСС приемником МНП. 57
Приложение В Дополнение к протоколу 60
8 .....Лист изменений протокола 61

1 Введение

Протокол информационного взаимодействия устанавливает характеристики связи с изделиями ГКВ-1 OEM, ГКВ-1/2/3/5/6/7/10/11/12 (далее ГКВ).

2 Назначение

Протокол однозначно описывает интерфейс обмена, представление и способ передачи данных, а также структуры и форматы информационных пакетов.

3 Интерфейс обмена

Информационное взаимодействие с изделием ГКВ обеспечивается по четырёхпроводному интерфейсу RS-485/RS-422 или UART (TTL). Параметры передачи данных: 8 бит данных, без бита четности, 1 стоп-бит и настраиваемой скоростью из ряда (115.200, 230.400, 460.800, 921.600, 1000, 1843.200, 2000, 3000 кбит/с и др.). Скорость обмена данными, устанавливаемая при производстве, – 921600 бит/с.

4 Представление данных

Порядок передачи данных от младшего к старшему. Используется little-endian порядок байт. Структуры упакованные. Типы данных:
uint8 – 8 бит целое беззнаковое число
uint16 – 16 бит целое беззнаковое число
uint32 – 32 бит целое беззнаковое число
float32 – 32 бит число с плавающей точкой одинарной точности в формате IEEE 754

5 Способ передачи

Передачи по интерфейсу производятся непрерывными массивами байт – пакетами. Логически передачи соответствуют принципам «запрос-ответ» и «ведущий-ведомый» (кроме режима непрерывной передачи данных). Устройство является ведомым, и производит непрерывное прослушивание канала данных. Ведущее устройство посылает пакет-запрос, а ведомое, в течение фиксированного интервала, должно послать пакет-ответ. Выбор устройства производится с помощью поля адреса.

Исключением является режим непрерывной выдачи измеренных данных. В данном режиме устройство в соответствии с настроенной частотой выдачи данных посылает соответствующие типы пакетов. В остальном взаимодействие аналогично принципам «запрос-ответ» и «ведущий-ведомый».

Прием осуществляется целиковыми пакетами. Разделителем пакета служит задержка более 3,5 символов.

6 Структура информационных пакетов

Передача данных осуществляется попакетно. Структура пакета (рисунок 1): заголовок фиксированной длины, поле данных переменной длины и контрольная сумма (КС).

Заголовок содержит служебную информацию: преамбулу (8 бит, имеет значение 0xFF), адрес устройства (8 бит), тип пакета (8 бит), длину поля данных (8 бит).

Поле данных имеет переменную длину и содержит параметры настройки изделия ГКВ, параметры данных с датчиков или их производные.

Контрольная сумма (32 бит) служит для проверки целостности переданного пакета данных. Расчет производится над массивом заголовок плюс поле данных. Значение добавляется к пакету

в формате little-endian. Полином 32-й степени для расчета контрольной суммы имеет вид: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^{8}+x^{7}+x^{5}+x^{4}+x^{2}+x^{1}+x^{0}$ (используется в Ethernet, Gzip, и т.д.). Пример расчета контрольной суммы CRC32 на языке программирования С приведен в приложении А.

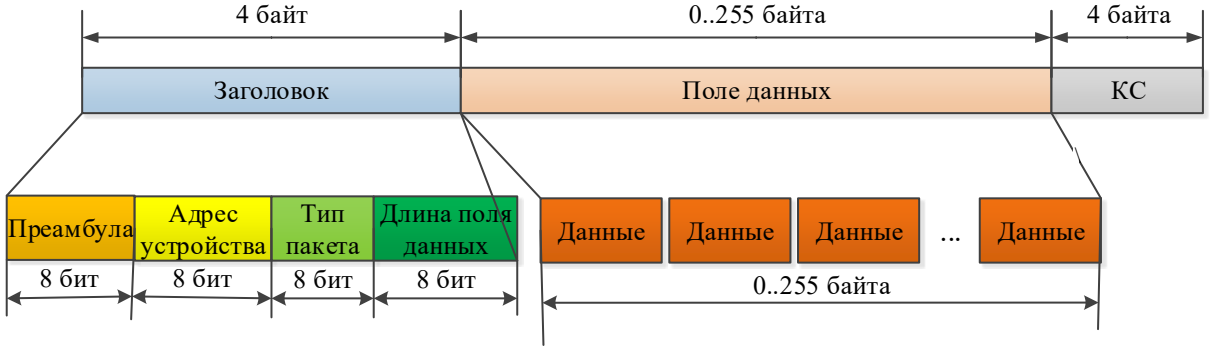


Рисунок 1 – Структура пакета

Пример структуры на языке С:

```
#define MAX_LENGTH 255
struct
{
  uint8 preamble;
  uint8 address;
  uint8 packet_type;
  uint8 length;                    // data length - 4
  uint8 data[MAX_LENGTH +4];       // data + CRC32
};
```

7 Формат пакетов

В разделе описаны:

- тип пакета;
- длина поля данных;
- поле данных.

7.1 Проверка соединения

Используется для определения подключения изделия к интерфейсу.

Запрос:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

Ответ:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

Внимание! Ответ с типом пакета 0x00 также возвращается в качестве подтверждения на все пакеты (включая с неподдерживаемым типом), которые не подразумевают ответа специфичного типа.

7.2 Программный сброс

Используется для перезагрузки вычислителя

Запрос*:*

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x01
Длина поля данных	1
Данные	0

Ответ:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0
Данные	0

7.3 Данные об изделии

Используется для получения данных об изделии и его работоспособности

Запрос:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x04
Длина поля данных	0

Ответ:

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x05	
Длина поля данных	0x2B	
Версия загрузчика	uint16	Номер версии в кодировке производителя
Версия прошивки	uint16	Номер версии в кодировке производителя
Дата производства	uint32	Дата производства в формате UTC
Серийный номер	char[16]	Дата производства в кодировке производителя в формате ASCII
Название изделия	char[16]	Код изделия в формате ASCII
Режим работы изделия	uint8	Используется на этапе производства
Статус данных	uint16	Битовое поле

В случае, если используется специальная заказная прошивка, то могут быть добавлены два поля. В таком случае значение длины поля данных составит 0x4F

Номер заказного исполнения	uint32_t	Номер специального заказного исполнения
Название заказного исполнения	char[32]	Название специального заказного исполнения

Режим работы изделия

Значение регистра	Описание
0	Режим, загрузчик (нет рабочей прошивки)
1	Резерв
2	Режим, рабочая программа

3	Резерв

Статус (status) данных (битовое поле)

Биты	Описание
15	Превышен порог по ошибке положения
14	Превышен порог по ошибке ориентации
13	Отказ алгоритма 1 – Отказ
12	Метка времени ГНСС приемника (1PPS)
11	Готовность алгоритма
10	Значение канала «Вход синхросигнала» 1 – более 2,5 В 0 – менее 0,5 В
6-9	Резерв
5	Отказ акселерометра любой оси 1 – Отказ
4	Отказ датчика угловой скорости любой оси 1 – Отказ
3	Отказ АЦП 1 – Отказ
2	Пропуск данных АЦП 1 – Были зафиксированы пропуски
1	Переполнение очереди отправки данных 1 – Очередь отправки была переполнена
0	Значение канала «Выход синхросигнала» 1 – более 2,5 В 0 – менее 0,5 В

7.4 Настройка изделия

Используется для настройки режимов работы изделия

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x06
Длина поля данных	0

Запись/Ответ

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x07	
Длина поля данных	0x3E	
Маска изменения формата данных	uint32	**см. п. 7.4.1**
Формат данных	uint32	**см. п. 7.4.2**
Маска изменения параметров выдачи данных	uint32	**см. п. 7.4.3**
Скорость интерфейса	uint8	**см. п. 7.4.4**
Адрес	uint8	Адрес изделия может быть задан от 1 до 255. При производстве адрес равен 1. При посылке пакета с адресом, равным 0, ответят все изделия на линии (широковещательная посылка)
Предделитель/скорость выдачи данных	uint16	**см. п. 7.4.5**
Алгоритм	uint8	**см. п. 7.4.6**
Диапазон измерения датчиков угловой скорости	uint8	Значение зарезервировано и равно 0. Для ГКВ-5/6/7/10/11/12 диапазон измерения задается аппаратно Для ГКВ-1 ОЕМ/ГКВ-1/2/3 диапазон задается при калибровке у изготовителя
Диапазон измерения акселерометров	uint8	Значение зарезервировано и равно 0. Для ГКВ-5/6/7/10/11/12 диапазон измерения задается аппаратно Для ГКВ-1 ОЕМ/ГКВ-1/2/3 диапазон задается при калибровке у изготовителя
Предделитель выходного синхросигнала	uint16	Частота изменения сигнала синхронизации F = 1кГц/(предделитель вых.синхр.сигнала) 0 – синхросигнал выключен **см. п. 7.4.7**
DCM (1,1)	float32	Матрица поворота (матрица направляющих косинусов) (3x3) измеренных данных. По умолчанию единичная.
DCM (1,2)	float32	
DCM (1,3)	float32	
DCM (2,1)	float32	
DCM (2,2)	float32	
DCM (2,3)	float32	
DCM (3,1)	float32	
DCM (3,2)	float32	
DCM (3,3)	float32	
Тип дополнительный интерфейса	uint8	Резерв. *Настройка происходит через ИфПрото (п. 7.15.2)*
Пропуск выходных пакетов данных	uint8	При использовании алгоритмов ориентации и навигации уменьшение частоты выдачи данных необходимо регулировать пропуском пакетов. **см. п. 7.4.9**

Скорость передачи данных дополнительного интерфейса	uint8	Резерв. *Настройка происходит через ИфПрото (п. 7.15.2)*
Диапазон измерения канала магнитометра	uint8	Резерв. *У всех ГКВ только один диапазон ± 0,8 мТл, у аппаратной версии ГКВ-10v3 диапазон задается из ряда ± 0,4, ± 0,8, ± 1,2, ± 1,6 мТл*
Тип входа внешней синхронизации	uint8	Программный выбор срабатывания входа синхронизации **см. п. 7.4.8**

7.4.1 Маска изменения формата данных

Маска предназначена для выборочного изменения форматов данных. 1 –-параметр подлежит изменению, 0 – параметр не меняется.

7.4.2 Формат данных (битовое поле)

Биты	Описание
31…16	Резерв (заполнить 0)
15	1 – 1PPS выводится на контакт выхода синхронизации ГКВ-6/7, ГКВ-1 OEM, ГКВ-1/2/3
14[2)]	0 – Длина пакета не меняется 1 – Длина наборного пакета изменяется в зависимости от обновления параметров
13	0 – Выдаваемое значение курса от минус 180 до +180° (минус π до π) 1 – Выдаваемое значение курса от 0 до 360°(от 0 до 2π)
12	Посылка пакета с данными по готовности 1 – Посылка по готовности (после обновления данных в регистре отправки производится их отправка, время вычисления может отличаться от раза к разу) 0 – Синхронизация с получением измерения
11[1)]	Номинальная частота выдачи данных $F_{АЦП}$ 0 = частота равна 1кГц 1 = частота равна 24кГц для ГКВ-10/11/12, 16 кГц для ГКВ-5/6/7, 2 кГц для ГКВ-1 OEM, ГКВ-1/2/3
10	Посылка наборного пакета данных 1 = посылка наборного пакета данных 0 = посылка пакетов данных, в соответствии с алгоритмом
9	Тип выходного сигнала синхронизации 1 = переключение по приходу сэмпла 0 = импульсы по приходу сэмпла
8	Инверсия оси Z после преобразования СК 1 = инверсия 0 = без инверсии
7	Инверсия оси Y после преобразования СК 1 = инверсия 0 = без инверсии
6	Инверсия оси X после преобразования СК 1 = инверсия 0 = без инверсии

5…3	Преобразование системы координат 0 = XYZ->XYZ; 1 = XYZ->YZX; 2 = XYZ->ZXY; 3 = XYZ->XZY; 4 = XYZ->YXZ; 5 = XYZ->ZYX.
2	Ед. изм. Углов 1 = рад 0 = °
1	Ед. изм. Угловой скорости 1 = рад/с 0 = °/с
0	Ед. изм. Кажущегося ускорения 1 = м/с^2 0 = g

Примечание:

1) Внимание! При установке бита 11 необходимо учитывать следующие моменты:

- характеристики работы устройства могут отличаться;
- номинальная частота выдачи данных ($F_{АЦП}$) может быть равна 1 кГц или 24 кГц для ГКВ-10/11/12, 1 кГц или 16 кГц для ГКВ-5/6/7, 1 кГц или 16 кГц для ГКВ-1 ОЕМ/1/2/3. Алгоритмы ориентации или навигации работают только при номинальной частоте 1 кГц;
- значения предделителей должны опираться на текущую частоту;
- максимально возможная частота выдачи ограничивается вычислительными ресурсами и может отличаться для различных алгоритмов расчётов;
- максимально возможная частота выдачи ограничивается пропускной способностью последовательного интерфейса, для увеличения которой рекомендуется использовать наборный пакет данных с минимальным набором параметров;
- необходимо учитывать работу фильтра при выборе частоты выдачи данных (например, если фильтр разряжает данные до частоты 1 кГц, то на частоте 2 кГц и более данные выдаваться не будут). Для ГКВ-5/6/7 тип фильтра – усреднение.

2) Для разгрузки канала связи рекомендуется составлять наборный пакет таким образом, чтобы в начале стояли наиболее часто обновляемые данные, в конце реже обновляемые (например, вначале поставить инерциальные данные, в конце – данные ГНСС). Таким образом, данные ГНСС будут передаваться только в том случае, если они изменились. **Внимание: длина пакета плавающая. Структура данных согласно выбранному наборному пакету.**

7.4.3 Маска изменения параметров выдачи данных

Маска предназначена для выборочного (побитового) изменения регистра параметров выдачи данных

Биты	Описание
31…10	Резерв
9	Установка пропуска выходных пакетов данных
8	Установка типа дополнительного интерфейса

7	Установка матрицы поворота DCM (направляющих косинусов)
6	Установка предделителя выходного синхросигнала
5	Установка диапазона акселерометров
4	Установка диапазона датчиков угловой скорости
3	Установка выходных данных (алгоритма расчётов)
2	Установка частоты выдачи данных
1	Установка адреса в заголовке протокола
0	Установка скорости основного интерфейса

7.4.4 Скорость основного последовательного интерфейса:

Значение регистра	Скорость, бит/с
0	921 600
1	460 800
2	230 400
3	115 200
4	1 000 000
5	2 000 000
6	3 000 000
7	4 000 000
8	500 000
9	57 600
10	38400
11	19200
12	9600
13	1843200

7.4.5 Предделитель/скорость выдачи данных

Значение регистра	Предделитель/скорость выдачи данных, Гц
0	по запросу
1	1 (1000)
2	2 (500)
3	3 (333)
4	4 (250)
5	5 (200)
6	6 (166)
8	8 (125)
10	10 (100)
12	12 (83)
16	16 (62)
20	20 (50)
24	24 (41)
32	32 (31)
40	40 (25)
50	50 (20)
100	100 (10)
200	200 (5)
500	500 (2)
1000	1000 (1)

Скорость выдачи ***инерциальных (ускорения, угловые скорости, температуры)*** **данных** устанавливается по формуле:

$$Fвых = \frac{F_{АЦП}}{ДЕЛ},$$

где ДЕЛ – значение регистра, $F_{вых}$ – частота выдачи данных, причем если ДЕЛ = 0, то данные выдаются по запросу.

Внимание! При использовании алгоритмов ориентации частота выдачи инерциальных данных должна быть фиксированной и равна 1 кГц. Задать частоту выдачи данных алгоритмов ориентации возможно используя «***Пропуск выходных пакетов данных»***.

7.4.6 Алгоритм расчётов

Значение регистра	Набор данных
0	Выдача кодов АЦП (см. п. 7.7.1)
1	Выдача калиброванных данных с датчиков (см. п. 7.7.2)
2	Алгоритм вычисления ориентации (крен, тангаж и курс фильтр Калмана см. п. 7.7.3)
4	Алгоритм вычисления углов склонения (инклинометр см. п. 7.7.4)
7	Заказной*
9	Навигация (комплексирование с ГНСС) см.7.7.5
5,6,8	Резерв.

Примечание – Набор данных «Заказной» предназначен для реализации специального выходного протокола под конкретного заказчика.

7.4.7 Предделитель выходного синхросигнала

Частота выдачи синхросигнала устанавливается по формуле:

$F_{выхсинхр}$=1кГц/ДЕЛ,

где ДЕЛ – значение регистра Предделитель выходного синхросигнала. При значении ДЕЛ = 0 выходной синхросигнал отключен.

7.4.8 Тип входа внешней синхронизации

Значение регистра	Тип синхронизации
0	Значение входа отражается в статусе бит 0 (длительность сигнала должна быть более 1 мс)
1	Прием сигнала секундной метки от ГНСС приемника (1PPS). Фиксация по прерыванию.
2	Выдача данных по каждому отрицательному фронту
3	Счетчик входных сигналов. Инкремент по каждому положительному фронту. Работает по прерыванию.
4	Синхронизация с внешним измерением по положительному фронту
5	Синхронизация с внешним измерением по отрицательному фронту
6	Включение записи данных на внешнюю flash-память по отрицательному фронту (для ГКВ-1/2/3)

Внимание! При получении пакета типа 0x07 (запись параметров), производится запись настраиваемых параметров в энергонезависимую память (флеш-память микроконтроллера). Таким образом, настроенное устройство сохраняет параметры после сброса питания. Ответ 0x00 посылается после записи. Время записи может достигать максимум 1000 мс, в это время устройство не производит измерения.

7.4.9 Пропуск выходных пакетов данных

Разрежение выходных данных путем пропуска пакетов. Актуально для фильтрованных и навигационных данных. Разряженные данные с датчиков могут дать алиайзинг (появление ложной низкочастотной разностной частоты). 0 – пропуск выключен.

Установка пропуска выходных пакетов данных. Частота выдачи данных устанавливается по формуле:

$F_{вых} = F_{алг}/(ПРОПУСК+1)$.

Где ПРОПУСК – значение регистра *Пропуск выходных пакетов данных*.

Внимание! При установке пропуска пакетов *счетчик пакетов* будет выдаваться с учетом значения «ПРОПУСК».

Примечание – Данные зарезервированных полей не влияют на работу устройства.

7.4.10 Диапазон измерения канала магнитометра

Значение регистра	Описание
0	±0,4 мТл
1	±0,8 мТл
2	±1,2 мТл
3	±1,6 мТл

7.5 Параметры наборного пакета данных

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x26
Длина поля данных	0

Запись/Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x27
Длина поля данных	0x40
Количество параметров в наборном пакете Диапазон [0, 63]	uint8
Тип параметра 0	uint8
***	***
Тип параметра 63	uint8

«Количество параметров в наборном пакете» устанавливает количество выдаваемых параметров в пакете с типом 0x13, максимально можно сформировать пакет из 64 параметров. Неиспользуемые поля «Типы параметра» могут иметь любое значение.

Типы параметров представлены в таблице ниже:

Индекс параметра	**Название переменной по сериям ГКВ**			**Заполнение**	**Описание**		
	ГКВ-10	**ГКВ-5**	**ГКВ-1**		**ГКВ-10**	**ГКВ-5**	**ГКВ-1**
0	status			uint16	Статусное слово		
1	sample_cnt			uint16	Счетчик сэмплов (от 0 до 2^{16})		
18	ax			float32	Калиброванное значение осей X, Y, Z акселерометра в g (или м/с^2)		
19	ay			float32			
20	az			float32			
21	wx			float32	Калиброванное значение угловой скорости оси X, Y, Z °/с (°/с)		
22	wy			float32			
23	wz			float32			
24	mx			float32	Значение магнитного поля по осям XYZ с применением калибровки магнитометра. При единичной калибровке значения соответствуют кодам АЦП магнитометра		
25	my			float32			
26	mz			float32			
27	az2/-	az2	-	float32	Калиброванное значение осей X, Y, Z акселерометра 2 в g (или м/с^2)		-
28		baro[1)]		float32		Абсолютное давление в Па	
29	tx		ta	float32	Температура ДУС оси X в °С		Температура акселерометра в °С
30	ty		tw	float32	Температура ДУС оси Y в °С		Температура ДУС в °С
31	tz		-	float32	Температура ДУС оси Z в °С		-
34	alfa[2)]			float32	Угол alfa инклинометра (между осью X и горизонтом) в °		

Индекс параметра	Название переменной по сериям ГКВ			Заполнение	Описание		
	ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1		ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1
35	beta[2)]			float32	Угол beta инклинометра (между осью Y и горизонтом) в °		
36	pitch[2)]			float32	Угол тангажа ориентации в ° (или рад)		
37	roll[2)]			float32	Угол крена ориентации в ° (или рад)		
38	yaw			float32	Угол курса ориентации в ° (или рад)		
39	q0			float32	Кватернион ориентации		
40	q1			float32			
41	q2			float32			
42	q3			float32			
43	x			float32	Положение X, Y, Z в местной системе координат (СК), при вычисленном курсе ось X направлена на север (СК NED) в метрах		
44	y			float32			
45	z			float32			
46	vx			float32	Линейная скорость по осям X, Y, Z в СК, заданной в параметрах алгоритма (местная или связанная СК), в м/с		
47	vy			float32			
48	vz			float32			
49	lax			float32	Линейное ускорение X, Y, Z в СК, заданной в параметрах алгоритма (местная или связанная СК), в g (или м/с^2)		
50	lay			float32			
51	laz			float32			
52	swx			int32	Сумма измерений угловой скорости по осям X, Y, Z. Представление числа в int32. Для перевода в °/с умножить на $900/2^{23}$		
53	swy			int32			
54	swz			int32			
55	sax			int32	Сумма измерений акселерометра по осям X, Y, Z. Представление числа в int32. Для перевода в g умножить на $10/2^{23}$		
56	say			int32			
57	saz			int32			
58	wbx			float32	Оценка смещения нуля ДУС по X		
59	wby			float32	Оценка смещения нуля ДУС по Y		
60	wbz			float32	Оценка смещения нуля ДУС по Z		
61	abx			float32	Оценка смещения нуля акселерометра по X		
62	aby			float32	Оценка смещения нуля акселерометра по Y		
63	abz			float32	Оценка смещения нуля акселерометра по Z		
64	mbx			float32	Оценка смещения нуля магнитометра по X		
65	mby			float32	Оценка смещения нуля магнитометра по Y		
66	mbz			float32	Оценка смещения нуля магнитометра по Z		
67	counter			float32	Счетчик импульсов входа синхронизации (вх.синхронизации должен быть настроен на тип 3 «Счетчик входных импульсов»)		
68	gnss_time			uint32	Время с начала недели в мс. В зависимости от настроек ГНСС приемника могут быть представлены в UTC или GPS (NMEA, NV08C-CSM – UTC; Novatel, Ublox, Orient – GPS). Представление числа в uint32. Дискретность зависит от настройки ГНСС приемника		
69	gnss_latitude[3)]			float32	Широта в ° (при подключении приемника ГНСС). Разрешающая способность широты при представлении числа в формате float32 может достигать 1 м в зависимости от размера целой части. Для большей разрешающей способности введен параметр gnss_int_latitude		

Индекс параметра	Название переменной по сериям ГКВ			Заполнение	Описание		
	ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1		ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1
70	gnss_longitude[3)]			float32	Долгота в ° (или в м) (при подключении приемника ГНСС) Разрешающая способность долготы при представлении числа в формате float32 может достигать 1 м в зависимости от размера целой части. Для большей разрешающей способности введен параметр gnss_int_longitude		
71	gnss_altitude[3)]			float32	Высота над эллипсоидом в метрах (при подключении приемника ГНСС)		
72	gnss_state_status			uint32	Статус состояния приемника ГНСС (при подключении приемника ГНСС). Представление числа в uint32		
73	gps_week			uint16	Номер недели (0 – 1023) начиная с 5 января 1980 г. *Некоторые приемники выдают больше 1024*. Даты переполнения: с 21 на 22 августа 1999 г. с 6 на 7 апреля 2019 г. с 20 на 21 ноября 2038 г.		
74	gnss_hdop			float32	Геометрический фактор ГНСС приемника снижения точности в горизонтальной плоскости (при подключении приемника ГНСС с HDOP внутри данных)		
75	gnss_vdop			float32	Геометрический фактор ГНСС приемника снижения точности в вертикальной плоскости (при подключении приемника ГНСС с VDOP внутри данных)		
76	gnss_velocity			float32	Горизонтальная скорость по ГНСС приемнику (при подключении приемника ГНСС NV08C-CSM) в м/с		
77	gnss_yaw			float32	Путевой угол от ГНСС приёмника в °		
78	gnss_alt_velocity[3)]			float32	Вектор скорости по оси Z от приемника ГНСС в СК приемника в м/с		
79	gnss_num_ss			uint16	Количество спутников в решении приемника ГНСС (при подключении приемника ГНСС)		
80-82					Резерв		
83	gnss_lat_velocity[3)]			float32	Вектор скорости по оси X от приемника ГНСС в СК приемника в м/с		
84	gnss_lon_velocity[3)]			float32	Вектор скорости по Y от приемника ГНСС в СК приемника в м/с		
85	gnss_sig_lat			float32	СКО координат в метрах в СК ГНСС приемника по оси X		
86	gnss_sig_lon			float32	СКО координат в м в СК ГНСС приемника оси Y (для приемника UBLOX gnss_sig_lon = gnss_sig_lat)		
87	gnss_sig_alt			float32	СКО по высоте в метрах в СК ГНСС по оси Z		
88	gnss_sig_lat_vel			float32	СКО скорости м/с в СК ГНСС приемника по оси X		
89	gnss_sig_lon_vel			float32	СКО скорости в СК ГНСС приемника по оси Y (для приемника UBLOX gnss_sig_lon_vel = gnss_sig_lat_vel)		

Индекс параметра	Название переменной по сериям ГКВ			Заполнение	Описание		
	ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1		ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1
90	gnss_sig_alt_vel[3)]			float32	СКО скорости в СК ГНСС приемника по оси Z		
91	alg_int_lat			int32	Широта в целочисленном представлении, вычисленная навигационным алгоритмом (для перевода в радианы умножить на $2*pi/2^{32}$). Представление числа в int32		
92	alg_int_lon			int32	Долгота в целочисленном представлении, вычисленная навигационным алгоритмом (для перевода в радианы умножить на $2*pi/2^{32}$). Представление числа в int32		
93	alg_alt			float32	Высота, вычисленная навигационным алгоритмом в float32 в метрах		
94	gnss_int_latitude			int32	Широта от ГНСС приемника в целочисленном представлении (для перевода в радианы умножить на $2*pi/2^{32}$). Представление числа в int32		
95	gnss_int_longitude			int32	Долгота от ГНСС приемника в целочисленном представлении (для перевода в радианы умножить на $2*pi/2^{32}$). Представление числа в int32		
96	alg_state_status			uint32	Состояние навигационного алгоритма. Представление числа в uint32		
97	alg_time			uint32	Время с начала недели в мс в зависимости от ГНСС приемника (NMEA, NV08C-CSM – UTC; Novatel, Ublox, Orient – GPS). Представление числа в uint32. Обновление на каждый сэмпл алгоритма с учетом коррекции фазы от ГНСС приемника		
98	alg_var_x			float32	Дисперсия оценки ошибки положения навигационного алгоритма по осям X, Y, Z в $м^2$		
99	alg_var_y			float32			
100	alg_var_z			float32			
101	alg_var_vx			float32	Дисперсия оценки ошибки скорости навигационного алгоритма по осям X, Y, Z в $(м/с^2)^2$		
102	alg_var_vy			float32			
103	alg_var_vz			float32			
104	alg_var_psi			float32	Дисперсия оценки ошибки ориентации навигационного алгоритма по осям углов курса (ψ), тангажа (θ), крена (φ) в $рад^2$		
105	alg_var_theta			float32			
106	alg_var_phi			float32			
107	yaw_from_mag			float32	Угол магнитного курса в радианах, вычисленный по измерениям магнитометра, с учетом магнитного склонения (mag_declination)		
108	baro_alti			float32	Барометрическая высота, м		
109	tbaro			float32	Температура барометра, °C		
110	time_from_sec[4)]			uint32	Время с начала секунды точного времени (1PPS от внутреннего приемника или от входа синхронизации при внешнем приемнике) в мкс		
112	gnss_rel_heading			float32	Курс ГНСС между мастер и ровер антеннами в радианах		
113	gnss_rel_length			float32	Расстояние между мастер и ровер антеннами в метрах		
114	gnss_rel_sig_heading			float32	Оценка курса ГНСС между мастер и ровер антеннами в радианах		
115	gnss_rel_sig_length			float32	Оценка расстояния между мастер и ровер антеннами в метрах		

Индекс параметра	Название переменной по сериям ГКВ			Заполнение	Описание		
	ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1		ГКВ-10	ГКВ-5	ГКВ-1
116	gnss_rel_time			uint32	Время ровер ГНСС приемника (ZED-F9P, Ublox)		
117	gnss_rel_status			uint32	Слово-состояние ровер ГНСС приемника (ZED-F9P, Ublox)		

Примечания

1) Реализовано для аппаратной версии с барометром, ГКВ-5/6/7 и ГКВ-1 OEM/1/2/3;
2) alfa/beta – углы между осями прибора и горизонтом, roll/pitch – углы поворота между осями систем координат, например, навигационной и связанной. Подробнее см. раздел 1.4 ЛМАП.402131.009РЭ и ЛМАП.402131.028РЭ.
3) Для приемников Novatel, Comnav, Septentrio выдаются в СК ECEF;
4) Реализовано для аппаратной версии начиная с ГКВ-5в3, ГКВ-10в4, ГКВ-1.
5) Параметры 2 – 17 – представление ускорений, угловых скоростей, температур датчиков, параметров магнитного поля, давления в кодах АЦП. Если есть необходимость получать данные в кодах АЦП, см. Приложение В (справочное)

Дополнение к протоколу.

Параметры наборного пакета, по умолчанию, представлены типом float (4 байта), если не указано иное. Параметры с названием *_int_* представлены типом int32 (4 байта), такие параметры введены для координат с сантиметровой точностью.

Внимание! Выбор параметра для посылки не приводит к его расчету алгоритмом. Например, при выборе параметров, связанных с ориентацией, необходимо также выбрать алгоритм работы, подразумевающий вычисление углов ориентации.

Описание параметра состояния навигационного алгоритма alg_state_status

Формат:

	Ошибки (fails)	Коррекция (update)	Этап алгоритма (stage)
Биты:	31-16	15-8	7-0

Этап алгоритма (stage)	
0	Состояние сброса
1	Поиск углов склонения в покое
2	Поиск углов склонения в движении
10	Поиск/ожидание курса
30	Преднавигация – поиск курса после достижении пороговой скорости
50	Полная навигация
Коррекция (update)	
0	Нет
1	По скорости от ГНСС

2	Резерв
3	По положению и скорости от ГНСС
4	ZUPT: покой по вектору линейного ускорения
5	ZUPT: ожидание покоя по курсу
6	ZUPT: покой по ускорению и курсу
7	ZUPT: резерв
8	ZUPT: резерв
9	ZUPT: откат навигационного решения при отключении ZUPT
10	По модели автомобиля
11	По акселерометрам
12	По квазистационарному положению
15	По высоте от ГНСС
16	По высоте
17	Резерв
18	По курсу от ГНСС или внешней команды
Ошибки (fails)	
Бит	Описание
0	Ошибка инверсии матрицы
1	Превышение порога по горизонтальному положению
2	Превышение порога по вертикальному положению
3	Превышение порога по горизонтальной скорости
4	Превышение порога по вертикальной скорости
5	Превышение порога ориентации тангажа и крена
6	Превышение порога ориентации курса

Примечания:

1 При stage < 10 биты 6..1 = 1, т.к. значение ошибки не определено. При stage = 10 и 30 биты 6,4..1 = 1, т.к. значение ошибки не определено. При stage = 50, если есть превышение значения бит выставляется в 1.

2 *Ошибка инверсии матрицы* – значения ошибки в навигационном алгоритме могут достичь больших значений, при которых матрицу уже невозможно инвертировать, а значит прекращается работа фильтра. После выставления такой ошибки алгоритм необходимо перезагрузить.

7.6 Запрос данных

Если в регистре параметров ДЕЛ = 0 – выдача данных по запросу – получение данных производится посылкой следующего запроса:

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x17
Длина поля данных	0

Ответом является тип данных, заданный в параметрах.

7.7 Наборы данных ГКВ

Наборы задаются в регистре ***«Настройка изделия»*** в поле «***Наборы данных»***. Рекомендуется создавать свой наборный пакет.

7.7.1 Выдача кодов АЦП

ГКВ-10/11/12

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0A
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал угловой скорости в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал параметров магнитного поля в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Резерв		int32
Резерв		int32
Сигнал температуры ДУС в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Резерв		int32
Резерв		int32

ГКВ-5/6/7

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0A
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал угловой скорости в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал параметров магнитного поля в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Резерв		int32
Сигнал барометра в кодах АЦП		int32
	X	int32

Сигнал температуры ДУС в кодах АЦП	Y	int32
	Z	int32

ГКВ-1 OEM/1/2/3

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0A
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал угловой скорости в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Сигнал параметров магнитного поля в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32
Резерв		int32
Сигнал барометра в кодах АЦП		int32
Сигнал температуры акселерометра в кодах АЦП		int32
Сигнал температуры ДУС в кодах АЦП		int32

*длина пакета может меняется для разных серий датчиков, N – количество байт поля данных. Если длина поля данных больше указанной в протоколе, считать поля резервными.

7.7.2 Выдача калиброванных данных с датчиков

ГКВ-10/11/12

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0B
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров, приведенные к g или $м/с^2$	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал датчиков угловой скорости, приведенные к град/с или рад/с	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал параметров магнитного поля, приведённый к 1	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Резерв		float32
Резерв		float32
	X	float32

Сигналы датчиков температуры, приведенные к °С	Y	float32
	Z	float32
Резерв		float32
Резерв		float32

ГКВ-5/6/7

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0B
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров, приведенные к g или м/с^2	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал датчиков угловой скорости, приведенные к град/с или рад/с	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал параметров магнитного поля, приведённый к 1	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Резерв		float32
Сигнал барометра, приведённый к Па		float32
Сигналы датчиков температуры, приведенные к °С	X	float32
	Y	float32
	Z	float32

ГКВ-1 OEM/1/2/3

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0B
Длина поля данных		N
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометров, приведенные к g или м/с^2	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал датчиков угловой скорости, приведенные к град/с или рад/с	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал параметров магнитного поля, приведённый к 1	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Резерв		float32
Сигнал барометра, приведённый к Па		float32
Сигнал температуры акселерометра, приведенный к °С		float32

Сигнал температуры ДУС, приведенный к °С	float32

*длина пакета может меняется для разных серий датчиков, N – количество байт поля данных. Если длина поля данных больше указанной в протоколе, считать поля резервными.

7.7.3 Выдача данных ориентации

Алгоритм ориентации выбирается в регистре «Настройка изделия» в поле «Набор данных»

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0C
Длина поля данных	0x10
Счетчик пакетов	uint16
Статус данных	uint16
Тангаж	float32
Крен	float32
Курс	float32

7.7.4 Выдача данных инклинометра

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0D
Длина поля данных	0x10
Счетчик пакетов	uint16
Статус данных	uint16
Альфа (угол между осью X и горизонтом)	float32
Бета (угол между осью Y и горизонтом)	float32

7.7.5 Выдача данных навигации

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x12
Длина поля данных		0x34
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Координаты в стартовой системе координат	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Ориентация, представление в углах Эйлера	Тангаж	float32
	Крен	float32
	Курс	float32
Инклинометр	Альфа	float32
	Бета	float32
Ориентация, представление кватернионом	q[3]	float32
	q[2]	float32
	q[1]	float32
	q[0]	float32

7.7.6 Выдача полученных данных от ГНСС

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0E
Длина поля данных	0x3C
Время, мс	uint32
Широта, °	double
Долгота, °	double
Высота, м	double
Слово состояния	uint32
GPS неделя	uint16
Резерв	uint16
HDOP	float32
VDOP	float32
Горизонтальная скорость, м/с	float32
Азимут, град.	float32
Вертикальная скорость, м/с	double

7.7.7 Выдача полученных расширенных данных от ГНСС

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0F
Длина поля данных	0x2C
Скорость по широте (направление на север), м/с	double
Скорость по долготе (направление на восток), м/с	double
СКО широты, м	float32
СКО долготы, м	float32
СКО высоты, м	float32
СКО скорости по широте, м/с	float32
СКО скорости по долготе, м/с	float32
СКО вертикальной скорости, м/с	float32
Количество спутников в решении	uint16
Резерв	uint16

При получении данных от внешних или внутренних ГНСС приемников и при использовании стандартных пакетов выдачи данных (не наборного) измерения ГНСС приемника выдаются с типами 0x0E и 0x0F. Частота выдачи зависит от настроенной частоты выдачи ГНСС приемника.

При использовании приёмника ГНСС Novatel или Comnav измерения скорости и их оценки выдаются в геоцентрической СК (ECEF).

7.7.8 Наборный пакет данных

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x13
Длина поля данных	0x4 – 0xFF
Параметр 1	float32[1)]
***	***
Параметр 63	float32

Набор и количество параметров задается пакетом «Параметры наборного пакета данных».
Примечание:
1) По умолчанию представление параметра float32, если не сказано иное.

Слово состояние

В зависимости от ГНСС приемника, слово состояния различается

7.7.8.1 Слово состояния для ГНСС приемника NV08C-CSM[1)].

Значение регистра	Назначение поля
0	0 – на предыдущем интервале решение не было получено 1 – на предыдущем интервале получено решение
1	1 – получено 2D решение
2	Резерв
3	1 – в решении использовались дифференциальные поправки
4	1 – подтверждение данных RAIM проверкой (автономный контроль целостности система GPS)
5	1 – режим работы с дифференциальными поправками
6	Резерв
7	Не используется

Примечание:

1) ГНСС приемник NV08C-CSM должен выдавать кадры с идентификаторами **41h, 60h, 61h, 84h, 88h**. При выборе ГНСС приемника NV08C-CSM ГКВ посылает сообщения для настройки после включения.

7.7.8.2 Слово состояния для ГНСС приемника МНП[1)].

Значение регистра	Назначение поля
0	1 – годность решения
1	1 – годность времени
2..7	Резерв
8..10	Система координат
11..12	Тип эллипсоида
13..14	Привязка времени
15	Резерв

Система координат

0 – WGS-84;
1 – ПЗ-90.02;
2 – СК-42;
3 – СК-95;
4..7 – резерв

Тип эллипсоида

0 – WGS-84;
1 – ПЗ-90.02;

2 – эллипсоид Красовского;
3 – резерв.

Привязка времени:
0 – UTC (USNO);
1 – UTC (SU);
2 – GPS;
3 – ГЛОНАСС.

Примечание:
1) ГНСС приемник МНП должен выдавать кадры 4010 и 4110 бинарного протокола.

7.7.8.3 Слово состояния (gnss_state_status) для ГНСС приемника ZED-F9P, Ublox[1)].

Значение регистра	Назначение поля
0	1 – годность даты
1	1 – годность времени
2	1 – временная неоднозначность полностью решена
3..7	Резерв
8..15	0 – нет решения 1 – резерв 2 – решена 2х мерная задача 3 – решена 3х мерная задача 4 – резерв 5 – решена задача получения времени
16	1 – годность координат, DOP и оценки точности
17	1 – применяются дифференциальные поправки
18..21	Резерв
22..23	RTK 0 – нет решения с фазовой неоднозначностью 1 – плавающее решение с фазовой неоднозначностью 2 – фиксированное решение с фазовой неоднозначностью
24..28	Резерв
29	1 – годность даты и времени
30	1 – годность даты
31	1 – годность времени

Примечание:
1) ГНСС приемник ZED-F9P, Ublox должен выдавать только сообщения PVT, HPPOSLLH или PVT (сообщения NMEA должны быть отключены). Модель фильтра ГНСС приемника должна быть настроена на “*Airbone < 4g”*

7.7.8.4 Слово-состояние (gnss_rel_status) для ровера ГНСС-приемника (ZED-F9P, Ublox)[1)].

Значение регистра	Назначение поля
0	1 – Годность навигационного решения от ГНСС
1	1 – Дифференциальные поправки применены

Значение регистра	Назначение поля
2	1 – Годность точности вычисления координат ровер антенны относительно мастер антенны
4..3	Статус решения для решения фазовой неоднозначности 0 – фазовая неоднозначность не решена 1 – применены дифференциальные поправки 2 – фазовая неоднозначность решена, фиксированное решение
5	1 – ГНСС в режиме вычисления курса по двум антеннам
6	1 – Использовано экстраполированное положения мастер антенны для вычисления курса
7	1 – Использовано экстраполированное положение ровер антенны для вычисления курса
8	1 – Годность вычисления курса по двум антеннам
9	1 – Нормирование составляющих вектора относительного положения

Примечание:

1) ГНСС приемник ZED-F9P, Ublox может быть использован в качестве ровера для вычисления двухантенного курса от ГНСС, в таком случае он должен посылать сообщение REL-POSNED. Модель фильтра ГНСС приемника должна быть настроена на "*Airbone < 4g"*

7.7.8.5 Слово состояния для ГНСС приемника Novatel/Comnav[1)].

3	2	1	0
Резерв	Статус по скорости	Статус по положению	Статус общего решения

Статус общего решения

Значение регистра	Наименование	Назначение
0	SOL_COMPUTED	Навигационное решение вычислено
1	INSUFFICIENT_OBS	Недостаточно наблюдений
2	NO_CONVERGENCE	Нет сходимости
3	SINGULARITY	Сингулярность у матрицы параметров
4	COV_TRACE	Ковариация превышает максимум
5	TEST_DIST	Превышено тестовое расстояние (максимум 3 отклонения, если расстояние> 10 км)
6	COLD_START	Нет сходимости с начала холодного старта
7	V_H_LIMIT	Превышены ограничения по высоте или скорости
8	VARIANCE	Дисперсия превышает пределы
9	RESIDUALS	Невязка слишком велика
10-12	Reserved	Резерв
13	INTEGRITY_WARNING	Большая невязка, положение не надёжно
14-22	Reserved	Резерв

Статус положения и скорости

Значение регистра	Наименование	Назначение
0	NONE	Нет решения

1	FIXEDPOS	Положение зафиксировано
2	FIXEDHEIGHT	Высота зафиксирована
3-7	Reserved	Резерв
8	DOPPLER_VELOCITY	Скорость вычисляется допплеровским эффектом
9-15	Reserved	Резерв
16	SINGLE	Решение получено только из данных ГНСС спутников
17	PSRDIFF	Решение получено используя кодовую дифференциальную коррекцию псевдодальностей (DGPS, DGNSS)
18	WAAS	Решение получено используя SBAS коррекцию
19	PROPAGATED	Предполагаемое решение фильтром Калмана без новых измерений
20-31	Reserved	Резерв
32	L1_FLOAT	Плавающее RTK решение по одной частоте приемника
33	Reserved	Резерв
34	NARROW_FLOAT	Мультичастотное RTK решение с плавающей фазой
35-47	Reserved	Резерв
48	L1_INT	Фиксированное RTK решение по одной частоте приемника
49	WIDE_INT	Мультичастотное RTK решение фазовой неоднозначности для длинных волн
50	NARROW_INT	Мультичастотное RTK решение фазовой неоднозначности для коротких волн
51-67	Reserved	Резерв
68	PPP_CONVERGIN	Процесс поиска сходимости по данным от TerraStar-C, TerraStar-C PRO or TerraStar-X
69	PPP	Решение по TerraStar-C, TerraStar-C PRO or TerraStar-X
70-80	Reserved	Резерв

Примечание:

1) ГНСС приемник с протоколом Novatel OEM6 должен выдавать сообщения BESTPOSb, BESTXYZb, HEADINGb.

7.8 Компенсация смещения датчиков угловой скорости

Команда записывает в флеш память смещение нуля в кодах АЦП.

7.8.1 Получение коэффициентов смещения ДУС

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1D
Длина поля данных	0

Ответ

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x1E
Длина поля данных		48
ДУС	x	int32_t
	y	int32_t
	z	int32_t

7.8.2 Запись коэффициентов смещения ДУС

Запрос

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x1E
Длина поля данных		48
ДУС	x	int32_t
	y	int32_t
	z	int32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1D
Длина поля данных	0

Коэффициенты записываются в флеш-память.

Внимание! Коэффициенты применяются до калибровки, поэтому должны быть в кодах АЦП.

7.8.3 Накопление и вычисление коэффициентов смещения ДУС.

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1C
Длина поля данных	4
samples	uint32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

При получении данной команды устройство последовательно для каждого диапазона накапливает по samples значений угловых скоростей гироскопов. Затем производится усреднение полученных значений, вычисление значения смещения исходя из калибровки, расчет значения смещения в кодах АЦП, запись во флеш-память. Алгоритм работает таким образом, чтобы из значения угловой скорости после калибровки исключить постоянную составляющую. Во время работы алгоритма устройство не посылает данные.

7.9 Настройка фильтра

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1F
Длина поля данных	0

Ответ

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x20	
Длина поля данных	0x05	
Тип	uint8_t	Типы фильтров: 0 – фильтр отключен, выдается крайний бит из оцифровки 24 кГц, 1,3,4 – зарезервировано 2 – усреднение до частоты выдачи 5-8 – разряжающий КИХ фильтр с параметрами: $F_d = F_s/K_0$ F_{pass} = 250 Гц $F_{stop} = F_s/K_1$ $T_{group_delay} = K_2/F_{s,}$ где F_d – частота разряжения фильтра, F_s – частота оцифровки АЦП = 24 кГц F_{pass} – частота прохождения фильтра с подавлением не более 0,01 дБ F_{stop} – частота подавления фильтра с частотой не менее -60 дБ, T_{group_delay} – групповая фазовая задержка фильтра в мс, - коэффициент делителя частоты - коэффициент частоты подавления фильтра - коэффициент фазовой задержки КИХ фильтра Значение коэффициентов для типов КИХ фильтров: 5 – K_0= 24, K_1= 48, K_2= 193,5 6 – K_0= 12, K_1= 24, K_2= 64 7 – K_0= 6, K_1= 12, K_2= 27,5 8 – K_0= 3, K_1= 6, K_2= 10,5
Резерв	uint16_t	
Скользящее среднее	uint16_t	Длина (окно) скользящего среднего: 0 – скользящее среднее выключено 1..65535 – длина скользящего среднего.

Примечание:

1 При частоте выдачи менее частоты разряжения фильтра данные усредняются.

2 При частоте выдачи более частоты разряжения фильтра данные не выдаются.

3 Фильтр скользящего среднего может быть включен одновременно с КИХ фильтром, в этом случае сначала данные проходят КИХ фильтр, далее попадают на вход фильтра скользящего среднего.

4 Для ГКВ-5/6/7 КИХ фильтр отключен и всегда стоит «Усреднение».

7.10 Настройка алгоритмов

Для алгоритмов ориентации и навигации, устанавливаемых в пакете «***Настройка изделия»*** тип 0x07 предусмотрены дополнительные параметры алгоритма.

7.10.1 Параметры алгоритма вычисления ориентации (AHRS)

Данный алгоритм находится на стадии отладки.

Индекс параметра	Параметр	Описание параметра
1	reset	При установке «1» происходит сброс алгоритма. После обработки отправленного значения «1» переходит в «0»
2	ahrs_settings	Глобальные настройки фильтра
3	ahrs_corrector	Корректоры, обновляющие состояние системы
4	align_time	Время выставки. Время начальной выставки в мс. Минимальное возможное значение – 1000. По умолчанию 10000
5	steady_time	Время установления режима покоя в отсчетах. В режиме покоя считается, что ГКВ никуда не двигается. Корректор покоя работает, если не превышены пороги по кажущимся линейным ускорения (1±a_threshold) и угловым скоростям (w_threshold) на протяжении последних steady_time семплов. По умолчанию 500
6	a_threshold	Порог определения покоя по вектору кажущегося линейного ускорения для корректора 1. Значение по умолчанию – 0,003
7	w_threshold	Порог определения покоя по вектору угловой скорости. Значение по умолчанию – 0,0005
8	ta_threshold	Порог определения покоя по вектору скорости. Значение по умолчанию – 0,055
9	sig_acc_trust	Оценка точности корректировки по единичному вектору акселерометров, в радианах. Вычисляется эмпирически. Чем меньше значение, тем сильнее алгоритм доверяет акселерометрам. Значение по умолчанию – 0,05
10	delta_acc_buf	Длительность усреднения акселерометров перед корректировкой, в секундах. Вычисляется эмпирически. Значение по умолчанию – 0,1
11	initial_yaw	Начальный курс алгоритма, если не используется корректировка по магнитометрам, в радианах. Принимает значение от минус π до +π
12	init_sig_att	Оценка точности начального положения алгоритма, в радианах. Чем сильнее качка во время старта, тем большее значение необходимо задать. Значение по умолчанию – $1{,}5 \cdot 10^{-3}$
13	init_sig_wb	Оценка точности начального определения смещения нулей ДУС (насколько начальные смещения отличаются от нуля), в радианах. Значение по умолчанию – $1{,}5 \cdot 10^{-4}$

14	sig_mag_trust	Оценка точности курса от магнитометра, в радианах. Вычисляется эмпирически. Чем меньше значение, тем сильнее алгоритм доверяет курсу магнитометров. Значение по умолчанию – 1,0
15	mag_diclination	Магнитное склонение в данной точке местности, в радианах. Можно взять из WMM (World magnetic model).
16	mag_inclination	Магнитное отклонение в данной точке местности, в радианах. Можно взять из WMM (World magnetic model).
17	mag_threshold	Порог отключения корректировки по магнитометрам, в безразмерных единицах. Используется, если сконфигурировано в параметре use_mag. При отклонении модуля от значения (1 ± mag_threshold) корректировка не производится. Значение по умолчанию – 0,2
18	init_Pmag_mbias_sig	Для отладки алгоритма, по умолчанию 0,001
19	phi_mag	Для отладки алгоритма, по умолчанию 50
20	sigma_q_mag	Для отладки алгоритма, по умолчанию 0
21	sigma_r_mag	Для отладки алгоритма, по умолчанию 0,001
	Примечания 1 Частота данных, поступающих на вход алгоритма 1 кГц, что соответствует 1000 отсчетам, время выставки по умолчанию 10000 отсчетов – 10 с. 2 Значения угловой скорости и кажущегося линейного ускорения фильтруются внутренним фильтром, внутренний фильтр настроен на частоту выдачи 1 кГц и 500 Гц.	

7.10.1.1 **Работа алгоритма**

На каждой итерации производится обновление ориентации по ДУС, далее идут отдельные корректоры по акселерометрам и магнитометрам в зависимости от настроек.

Корректировка по акселерометрам в динамике. Корректировка включена по умолчанию, отключается в ahrs_update. Усредняются показания акселерометров в глобальной (навигационной) СК за время delta_acc_buf. Полученный усреднённый вектор используется как приближение вектора g с СКО sig_acc_trust. Корректировка ориентации проводится в конце каждого интервала усреднения. Момент коррекции отражен в статусе.

Корректировка курса по магнитометрам. Корректировка включается параметром use_mag. **ВАЖНО! Перед использованием коррекции по магнитометрам необходимо выполнить калибровку магнитометров.**

Значения параметров ahrs_settings, ahrs_corrector

Значение	Наименование параметра	Описание
ahrs_settings		
XXXN	**Резерв**	
XXNX	align_type	Выбор типа выставки. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения:

		0 – Выставка из покоя (списывание нулей ДУС за время idle_time, усреднение измерений аксерометров за время idle_time для вычисления углов склонения); 1 – Выставка в движении. По умолчанию 0.
XNXX	sig_profile	Профиль ошибок. В этих профилях установлены разные значения шумов датчиков, на которые опирается фильтр, корректируя навигацию. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – ГКВ-5/10 1 – ГКВ-5/10 в высокодинамичном режиме 3 – ИНС-100 4 – МГ-1 5 – ГКВ-1 6 – ГКВ-1+ (ГКВ-1 SCHA63T) По умолчанию 0.
NXXX	WMM	Вычисление склонения и отклонения магнитного поля по модели WMM (World Magnetic Module). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – значения магнитного склонения и наклона берутся из параметров алгоритма mag_declination и mag_inclination; 1 – Значения магнитного склонения и наклона вычисляются по модели WMM (в параметры алгоритма необходио передать координаты модуля). По умолчанию 0. **В резерве**
ahrs_corrector		
XXXN	steady_update	Корректор покоя. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – выключен; 1 – Длина вектора ускорения в связанной СК, который равен 1 ± a_threshold за время усреднения ta_threshold. По умолчанию 0
XXNX	mag_update	Обновление по измерениям магнитометра 0 – не используется; 1 – коррекция только курса без подбора смещений магнитометра; 2 – коррекция только курса с подбором смещений магнитометра; 3 – полная коррекция ориентации без подбора смещений магнитометра; 4 – полная коррекция ориентации с подбором смещений магнитометра; По умолчанию 0.
XNXX	acc_update	Обновление по измерениям акселерометра? 0 – не используется; 1 – используется.

		По умолчанию 1.
NXXX	pzn_update	Обновление по высоте. **В резерве**

7.10.1.2 Статус алгоритма

3	2	1	0
Резерв	Резерв	Резерв	Статус

Статусное слово

Значение регистра	Назначение поля
0	Работа алгоритма 0 – алгоритм не инициализирован 1 – алгоритм инициализирован
1	Корректировка от акселерометров 0 – нет коррекции по акселерометрам 1 – коррекция по акселерометрам
2	Корректировка от магнитометров 0 – нет коррекции по магнитометрам 1 – коррекция по магнитометрам
3	Корректировка по состоянию покоя 0 – нет коррекции в покое 1 – есть коррекция в покое
4…7	Резерв

Пример: status = 9 (b1001) алгоритм работает, коррекция в покое есть, коррекция от акселерометров и магнитометров отсутствует.

7.10.2 Параметры алгоритма навигации

Индекс параметра	Параметр	Описание параметра
0	reset	При установке «1» происходит сброс алгоритма. После обработки посланного значения «1» переходит в «0». При установке «2» происходит сброс и восстановление значений по умолчанию
1	eskf_settings	Глобальные настройки фильтра
2	eskf_output	Настройки выходных данных фильтра
3	eskf_corrector1	Корректоры обновляющие состояние системы
4	eskf_corrector2	Корректоры обновляющие состояние системы
5	queue_onepps	Очередь 1PPS 0 – выключена 1-140 – длина очереди в сэмплах
6	align_time	Время выставки. Время начальной выставки в мс. По умолчанию 10000
7	steady_time	Время установления режима покоя в отсчетах. В режиме покоя считается, что ГКВ никуда не двигается. Есть два

		режима покоя idle_corrector, которые работают, если не превышены пороги по кажущимся линейным ускорения (1±a_threshold и 1±ta_threshold) и угловым скоростям (w_threshold). По умолчанию 500
8	a_threshold	Порог определения покоя по вектору кажущегося линейного ускорения для корректора 1. Значение по умолчанию – 0,003
9	w_threshold	Порог определения покоя по вектору угловой скорости. Значение по умолчанию – 0,0005
10	ta_threshold	Порог определения покоя по вектору скорости. Значение по умолчанию – 0,055
11	vel_threshold	Порог скорости от ГНСС приемника, после которого возможно определение истинного курса и начинает вычисляться положение в геодезической системе координат. Значение по умолчанию – 2
12	gnss_arm_x	Плечи от инерциального модуля до ГНСС антенны по осям X, Y, Z. Положительное расстояние по направлению оси инерциального модуля. Значение передается в метрах
13	gnss_arm_y	
14	gnss_arm_z	
15	gnss_rot_yaw	Поворот ориентации от ГНСС приемника до инерциального модуля (2х антенное решение) последовательно по курсу, тангажу, крену. Значение передается в радианах
16	gnss_rot_pitch	
17	gnss_rot_roll	
18	gnss_rot_sig_yaw	Оценка поворота ориентации от ГНСС приемника до инерциального модуля (2х антенное решение) последовательно по курсу, тангажу, крену. Значение передается в радианах
19	gnss_rot_sig_pitch	
20	gnss_rot_sig_roll	
21	mag_declination	Угол склонения между магнитным и истинным курсами. Значение передается в радианах
22	mag_yaw_sig	Оценка магнитного курса. Значение передается в радианах
23	car_arm_x	Плечи от базиса инерциального модуля до базиса автомобиля по осям X, Y, Z для модели автомобиля. Положительное расстояние по направлению оси инерциального модуля. Значение передается в метрах
24	car_arm_y	
25	car_arm_z	
26	car_rot_yaw	Поворот базиса автомобиля к базису ГКВ последовательно по курсу, тангажу, крену для модели автомобиля. Значение передается в радианах
27	car_rot_pitch	
28	car_rot_roll	
29	car_sig_vcx	Оценка скоростей по осям X, Y, Z для модели автомобиля. Значение передается в м/с
30	car_sig_vcy	
31	car_sig_vcz	
32	car_vcx_k	Масштабный коэффициент для вычисления реальной скорости $v_{real} = car_vcx_k \cdot v_{receive}$
33	start_yaw	Начальный курс. По умолчанию равен 0. Если есть возможность после включения ГКВ установить курс, то навигационные данные будут сразу вычисляться с условием известного курса. Значение передается в радианах
34	start_ab_x	Смещение нулей акселерометров для навигационного алгоритма по осям x, y, z. Значение передается в g
35	start_ab_y	
36	start_ab_z	

37	pos_h_err_threshold	Порог установки флага ошибки по высоте в метрах
38	pos_v_err_threshold	Порог установки флага ошибки по горизонитальной ошибке в метрах
39	vel_v_err_threshold	Порог установки флага ошибки по вертикальной скорости в м/с
40	vel_v_err_threshold	Порог установки флага ошибки по горизонтальной скорости в м/с
41	att_pr_err_threshold	Порог установки флага ошибки по крену и тангажу в радианах
42	att_yaw_err_threshold	Порог установки флага ошибки по курсу в радианах
43	out_arm_x	Плечи для переноса связанной с ГКВ СК, относительно которой вычисляются навигационные параметры, в метрах (например, если вычисление навигации происходит относительно антенны, то плечи должны быть обратны плечам от ГКВ до антенны gnss_arm_*)
44	out_arm_y	
45	out_arm_z	
46	out_rot_yaw	Поворот ориентации связанной с ГКВ СК, относительно которой вычисляются навигационные параметры с плечами out_arm_ (x, y, z) в радианах
47	out_rot_pitch	
48	out_rot_roll	
49	meas_arm_x	Плечи от ГКВ до корректора, от которого поступают корректирующие данные, в метрах
50	meas_arm_y	
51	meas_arm_z	
52	meas_rot_yaw	Поворот ориентации связанной с ГКВ СК к СК корректора, от которого поступают корректирующие данные, в радианах
53	meas_rot_pitch	
54	meas_rot_roll	
55	meas_nis_limit	Порог инновации применения внешних измерений. Безразмерная величина. Этим параметром можно отсекать внешние измерения, которые заведомо ложные
56	am_threshold	Порог доверия навигационного фильтра по каналу акселерометра. При превышении порога, оценка точности акселерометра увеличивается. Важно ставить, если возможно применение изделия выше диапазона работы инерциальных датчиков
57	wm_threshold	Порог доверия навигационного фильтра по каналу угловой скорости. При превышении порога, оценка точности угловой скорости увеличивается. Важно ставить, если возможно применение изделия выше диапазона работы инерциальных датчиков.

Параметры rtk**,** sig_profile**,** align_type**,** eskf_type входят в состав параметра eskf_settings, параметры phase_corr, vel_acc_framge входят в состав параметра eskf_output, параметры car_update, pzn_update, gnss_update, steady_update входят в состав параметра eskf_corrector1, параметры acc_update, mag_yaw_cor, gnss_yaw_cor входят в состав параметра eskf_corrector2, и значение каждого задается в составе общего параметра.

Значения параметров eskf_settings, eskf_output, eskf_corrector1, eskf_corrector2

Значение	Наименование параметра	Описание
eskf_settings		
XXXN	eskf_type	Выбор работы обновления фильтра. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – механика и обновление работают на 100 Гц; 1 – механика вычисляется на 1 кГц (на частоте обновления инерциальных данных, по умолчанию 1 кГц), обновление происходят состояния системы на 100 Гц. По умолчанию 0. Т.е. при 0 навигация вычисляется на 100 Гц, при 1 – на 1 кГц. *Механика* – вычисление навигиационных данных по акселерометрам и датчикам угловой скорости. *Обновление* ковариационной матрицы ошибки состояния системы с учетом шумов характеристик.
XXNX	align_type	Выбор типа выставки. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – Выставка из покоя; 2 – Выставка в движении; 3 – Выставка в динамике (курс внешний или от курса двух антенного ГНСС приемника); 4 – Прохождение выставки после курса двух антенного ГНСС приемника в режиме RTK. По умолчанию 0.
XNXX	sig_profile	Профиль ошибок. В этих профилях установлены разные значения шумов датчиков, на которые опирается фильтр, корректируя навигацию. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – ГКВ-5/6/710/11/12 1 – резерв0; 2 – резерв1; 3 – ИНС-100; 5 – ГКВ-1 OEM/ГКВ-1/2/3 По умолчанию 0.
NXXX	align_wait	Ожидание выставки (битовая маска). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – ожидания выставки нет 1 – ожидание фиксированного решения от ГНСС (wait rtk) 2 – ожидание покоя (wait steady) 3 – оба ожидания включены (wait rtk&stead)

		По умолчанию 0.
eskf_output		
XN	vel_acc_frame	Система координат (СК), в которой выдаются линейные скорости (vx, vy, vz) и линейные ускорения (lax, lay, laz). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – Навигационная СК (ось X направлена на север, Y – на восток, Z – вниз) 1 – Связная с модулем СК. По умолчанию 0.
NX	phase_corr	Коррекция фазового запаздования ГНСС данных. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – коррекция отключена; 1 – коррекция включена; 2 – коррекция включена и применена только к параметрам с окончанием *_noph. По умолчанию 0.
eskf_corrector1		
XXXN	steady_update	Корректор покоя. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – выключен; 1 – Длина вектора усорения в связанной СК, равного 1 ± a_threshold, за время усреднения ta_threshold и отсутствует изменение по курсу; 2 – Ускорение в навигационной СК, равного 0 ± a_threshold, за время усреднения ta_threshold и отсутствует изменение по курсу; 3 – Длина вектора усорения в связанной СК, равного 1 ± a_threshold, за время усреднения ta_threshold и отсутствует угловая скорость по оси Z в навигационной СК; 4 – Ускорение в навигационной СК, равного 0 ± a_threshold, за время усреднения ta_threshold и отсутствует угловая скорость по оси Z в навигационной СК. По умолчанию 4
XXNX	gnss_update	Обновление по данным ГНСС-приемника (можно менять во время работы). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – Обновление отключено (использовать для работы в чисто автономном режиме); 1 – Обновление по скорости и положению; 2 – Обновление только по положению; 3 – Обновление только по скорости. По умолчанию 1.
XNXX	pzn_update	Обновление по высоте. В резерве

NXXX	car_update	Обновление по модели наземного транспорта (автомобиль). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – Отключено; 1 – Постоянно включено; 2 – Включено, при отсутсвии годности решения ГНСС; 3 – Постоянно включено с учетом данных от датчика скорости; 4 – Включено с учетом данных от датчика скорости, при отсутсвии годности решения ГНСС. По умолчанию 0**.**
eskf_corrector2		
XXN	gnss_yaw_cor	Коррекция курса (yaw) по путевому углу от ГНСС-мастер приемника. X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – нет коррекции; 1 – установка начального курса, далее не используется; 2 – постоянная коррекция. По умолчанию 0**.**
XNX	mag_yaw_cor	Коррекция курса (yaw) от магнитометра. Магнитное склонение (разность между истинным курсом и магнитным курсом) задается в пареметре mag_declination. Оценка точности магнитного курса указывается в параметре mag_yaw_sig в радианах (по умолчанию mag_yaw_sig = 0.017 рад.). X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – отключено; 1 – установка начального курса, далее не используется; 2 – постоянная коррекция. По умолчанию 0**.**
NXX	gnss_heading_yaw_cor	Коррекция курса (yaw) от ГНСС приемника по двум антеннам. **Важно: курс ГКВ и курс двухантенного приемника должны совпадать (см. параметр gnss_rot_yaw).** X – значение остальных параметров, N принимает следующие значения: 0 – нет коррекции; 1 – установка начального курса, далее не используется; 2 – постоянная коррекция. По умолчанию 0**.**

Пример значения параметра eskf_settings 1030 означает:
0 – навигационные данные вычисляются на 100 Гц;

3 – выставка в динамике (курс внешний или от yaw_update);

0 – оценка шумов для ГКВ-5/6/10/11/12;

1 – не запускаемся без RTK.

Типы выставки:

0 – Выставка из покоя. Инерциальный модуль должен находиться в состоянии покоя (т.е. угловые скорости и кажущиеся линейные ускорения не должны меняться) первые 10 секунд*, за это время усредняются показания ДУС и акселерометров – этап (stage) алгоритма 1. Усредненное значение ДУС в дальнейшем учитывается, как смещение нулей ДУС, а усредненные значения акселерометров применяются для вычисления начальных углов склонения. Далее алгоритм ждет изменения скорости для доворота стартовой СК к геодезической – этап (stage) алгоритма 30. Курс вычисляется после начала движения при достижении порогового значения горизонтальной скорости ГНСС в течение определенного времени. По умолчанию – 2 м/с, длительностью 2000 мс. До момента вычисления курса рекомендуется двигаться прямолинейно. После вычисления курса – этап (stage) алгоритма 50.

*рекомендуется такой временной интервал, исходя из времени нестабильности датчиков угловой скорости (ДУС), но этот параметр может быть задан пользователем.

2 – Выставка в движении. Алгоритм постоянно пробует найти участок, где можно вычислить начальные углы (как правило, это участок с постоянной горизонтальной скоростью) – этап (stage) алгоритма 2. Далее переходит в этап (stage) 10 и ждет маневра в течение 20 секунд, т.е. изменения ускорения для вычисления курса и доворота стартовой СК к геодезической СК и переходу к основному навигационному алгоритму. Если было изменение ускорения, то алгоритм перейдет на этап (stage) 50 (полная навигация), иначе вернется на этап (stage) 2.

3 – Выставка в динамике (курс внешний или от yaw_update). При включении модуля в движении введена выставка под номером 3. Алгоритм ищет начальные углы склонения – этап (stage) 2. Затем корректируется каждые 1000 мс от ГНСС – этап (stage) 10. Для перехода в полную навигацию необходимо отправить команду установки и коррекции курса (тип пакета 0x44 тип 1 Курс), после чего алгоритм войдет в этап (stage) 50. Если модуль остается без движений (без ускорений) и невозможно применение корректора покоя, то ошибка курса будет расти, команда установки и корректировки курса может быть использована повторно. При применении на автомобиле, возможен переход в полную навигацию по данным от ГНСС-мастер (одна антенна) при включенном параметре gnss_yaw_cor = 1 при скорости более 2 м/с.

4 – Выставка из покоя с использованием курса от ГНСС в режиме RTK. Логика работы соответствует типу выставки 0. Отличие: Переход к этапу (stage) 50 (полная навигация) осуществляется после приема от ГНСС флага работы в целочисленном режиме (FIXED /NAROOW INT) при годности решение курса от ГНСС. Для доворота вектора курса от ГНСС к курсу от инерциального модуля необходимо использовать параметры gnss_rot_yaw, gnss_rot_pitch, gnss_rot_roll, gnss_rot_sig_yaw, gnss_rot_sig_pitch, gnss_rot_sig_roll. Коррекция курса от двух антенного ГНСС осуществляется согласно параметру gnss_yaw_cor.

Параметр align_wait работает следующим образом:

0 бит – ожидание фиксированного решения (RTK) ГНСС приемника

1 бит – ожидание режима покоя, проверяется шум сигналов датчика угловой скорости и акселерометра и сравнивается с сигмами конкретного модуля (sig_profile). Если шум меньше или равен значению sig_profile, то считаем, что был покой, если были вращения/ускорения, то сбрасывается процесс накопления шума и ждем дальше. Минимальное время ожидания (align_time) 1000 мс.

Важно профиль сигм ставить для конкретного модуля.

7.10.3 Получение параметров алгоритма

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x23
Длина поля данных	4
Индекс параметра	uint32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x24
Длина поля данных	45
Индекс параметра	uint32_t
Значение параметра	float
Количество параметров алгоритма	uint32_t
Имя параметра	char [32]
Не используется	bool

7.10.4 Запись параметров алгоритма

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x24
Длина поля данных	45
Индекс параметра	uint32_t
Значение параметра	float
Не используется	uint32_t
Не используется	char [32]
Сохранить все параметры в ПЗУ	bool

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

Примечание – Если в дальнейшем значение параметра не будет меняться, рекомендуем записать во флеш-память. При записи во флеш-память необходимо обеспечить стабильное питание на время записи.

7.11 Маскирование коррекции от ГНСС приемника

Для проверки работы алгоритма при потере данных от ГНСС приемника реализована функция отключения (для алгоритма «Навигация»). Эта функция отключает коррекцию от ГНСС приемника на заданное число входных сэмплов (для 1 кГц – значения в мс).

Запрос

Назначение	Заполнение

Тип пакета	0x25
Длина поля данных	6
Постоянное значение	0x07
Постоянное значение	0x04
Количество сэмлов пропуска обновления от ГНСС	uint32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

7.12 Установка и коррекция курса

В случае отсутствия динамики навигационный алгоритм не сможет корректировать курс (ошибка по курсу будет зависеть от ошибки ДУС). Команда «Установка и коррекция курса» поворачивает курс к присланному значению с учетом оценки ошибки и стабильности ДУС.

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x40
Длина поля данных	8
Истинный курс оси X ИНС, рад	float32
Ошибка установки истинного курса оси X ИНС, рад	float32

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

7.13 Коррекция по внешним измерениям

После прохождения выставки (stage = 50) возможно посылать дополнительные измерения в навигационный фильтр, например, такие измерения могут существенно увеличить время автономной работы при пропадании ГНСС сигналов. Команда «Коррекция по внешним измерениям» корректирует определенные параметры с учетом оценки их ошибки измерения.

Запрос

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x44	
Длина поля данных	0x70	Максимальная длина 112 байт, длина пакета имеет переменную длину (минимум 0x08, максимум на данный момент 0x44)
Параметры	uint16_t	Битовое поле
Статус	uint16_t	Резерв при запросе, используется в ответном сообщении
Временная метка	uint16_t	Применяется при типе временной метки 2 и 3
Резерв	uint16_t	
Переменная часть	[96 byte]	Данные измерений

Параметры (битовое поле)

Биты	Примечание
6…5	Тип временной коррекции: 0 – измерения корректора помещаются в очередь и будут обрабатываться синхронно[1] с полученными данными от ГНСС и инерциальных датчиков. 1 – измерения корректора будут применены навигационным фильтром на следующем такте[2]. 2 – метка времени - момент применения измерений соответствует значению счетчика пакетов (sample_cnt)
4…0	Тип коррекции 1 – Курс 2 – Углы ориентации 3 – Координаты в формате LLA (широта/долгота/высота) 4 – Скорость в навигационной СК 5 – Координаты в формате LLA и навигационная скорость 6 – Скорость в связной СК системы 7 – Абсолютная высота над эллипсоидом в м (направление вверх)
Примечание 1 – данные от корректора будут применены после прохождения очереди, соответствующей времени queue_onepps (параметр алгоритма п. 7.10.2); 2 – данные от корректора будут применены, но будут соответствовать времени queue_onepps (параметр алгоритма п. 7.10.2) в прошлом; 3 – тип коррекции 1 и 3, могут использоваться для перевода из стартовой в навигационную СК (stage 10/30→ 50). Сначала отправляются координаты (3) для получения начальной точки, далее курс (1) для доворота стартовой СК в навигационную.	

Переменная часть (данные измерений)

Тип коррекции	Заполнение	Примечание
1	float32	Курс, рад
	float32	Ошибка измерения курса, рад
2	float32	Курс, рад
	float32	Тангаж, рад
	float32	Крен, рад
	float32	Ошибка измерения курса, рад
	float32	Ошибка измерения тангажа, рад
	float32	Ошибка измерения крена, рад
3	double[3]	Координаты в формате LLA [широта (рад), долгота (рад), высота (м)]
	float32[3]	Ошибка измерения координат в формате LLA [широта (м), долгота (м), высота (м)]
4	float32[3]	Скорость в навигационной СК [x, y, z], м/с^2
	float32[3]	Ошибка измерения скорости в навигационной СК [x, y, z], м/с^2
5	double[3]	Координаты в формате LLA [широта, долгота, высота]
	float32[3]	Координаты в формате LLA [широта (рад), долгота (рад), высота (м)]

	float32[3]	Скорость в навигационной СК [x, y, z], м/с^2
	float32[3]	Ошибка измерения скорости в навигационной СК [x, y, z], м/с^2
6	float32[3]	Скорость в связной СК, м/с^2
	float32[3]	Ошибка измерения скорости в связной СК, м/с^2
7	float32	Абсолютная высота над эллипсоидом (направление вверх), м
	float32	Оценка точности высоты, м

Ответ

Ответ повторяет запрос с изменением параметра *статус*

Назначение	Заполнение	Примечание
Статус	uint16_t	0 – Коррекция прошла 1 – Недействительное время начала действия корректора 3 – Ошибка коррекции

7.14 Стандартное сообщение с данными ГНСС

Для использования стандартного ГНСС сообщения необходимо выбрать порт приема, скорость передачи данных и параметры применения измерений.

7.14.1 Координаты и скорости

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x10
Длина поля данных	0x3C
Время, мс	uint32
Слово состояния 0 бит – Годность навигационного решения 1 бит – Годность решения RTK (rtk fix)	uint32
Широта, рад	double
Долгота, рад	double
Высота, м	double
Проекция скорости на север, м/с	float32
Проекция скорости на восток, м/с	float32
Проекция вертикальной скорости вниз, м/с	float32
СКО широты, м	float32
СКО долготы, м	float32
СКО высоты, м	float32
СКО скорости по широте, м/с	float32
СКО скорости по долготе, м/с	float32
СКО вертикальной скорости, м/с	float32
GPS неделя	uint16
Количество спутников в решении	uint16

7.14.2 Курс (heading)

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x11
Длина поля данных	0x3C
Время, мс	uint32
Слово состояния 0 бит – Годность навигационного решения	uint32
Курс, рад	float32
Расстояние между антеннами, м	float32
Оценка точности курса, рад	float32
Оценка расстояния между антеннами, рад	float32

7.15 Настройки интерфейсов

7.15.1 Назначение «Сквозной»

Дополнительный интерфейс можно настроить на прием внешних данных с привязкой к общему потоку ГКВ. При установке назначения дополнительного интерфейса «Сквозной» данные будут приниматься и оборачиваться в стандартную структуру пакета протокола ГКВ. Скорость интерфейса соответствует заданной в настройках. Длина принимаемых данных должна быть не более 125 байт, частота не более частоты выдачи данных, разделение потока осуществляется по таймауту линии более 3 байт.

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x42
Длина поля данных	N
Счетчик (для привязки к основному потоку)	uint16_t
Состояние (резерв) = 0	uint8_t
Размер полученных данных [0,125] = k	uint8_t
Байт 0	uint8_t
***	
Байт k	uint8_t
где N = k + 4 – длина поля данных, k = 0..125 – длина полученных данных	

7.15.2 Настройка работы интерфейсов обмена данных и протоколов взаимодействия

Модули ГКВ имеют набор интерфейсов (последовательный UART, CAN, SPI и пр.) в зависимости от исполнения модулей они могут быть внутренние и внешние, доступные для изменения или нет.

Интерфейсы ГКВ-1 OEM – 4х последовательных интерфейса, 1х CAN согласно рисунку 2.

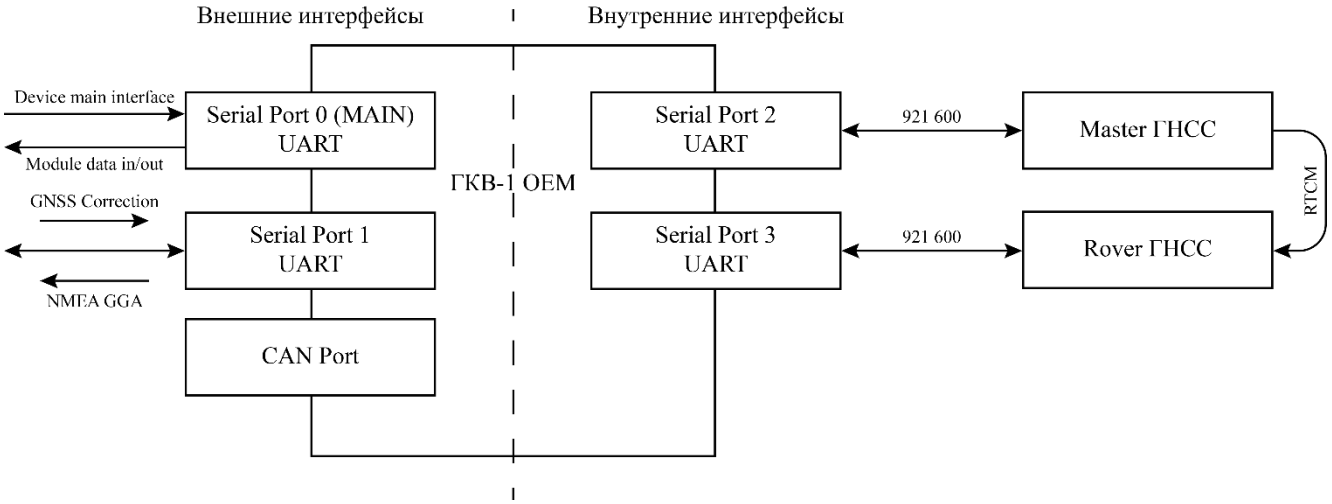


Рисунок 2 – Интерфейсы ГКВ-1 OEM

Интерфейсы ГКВ-1/2/3– 4х последовательных интерфейса, 1х CAN согласно рисунку 3.

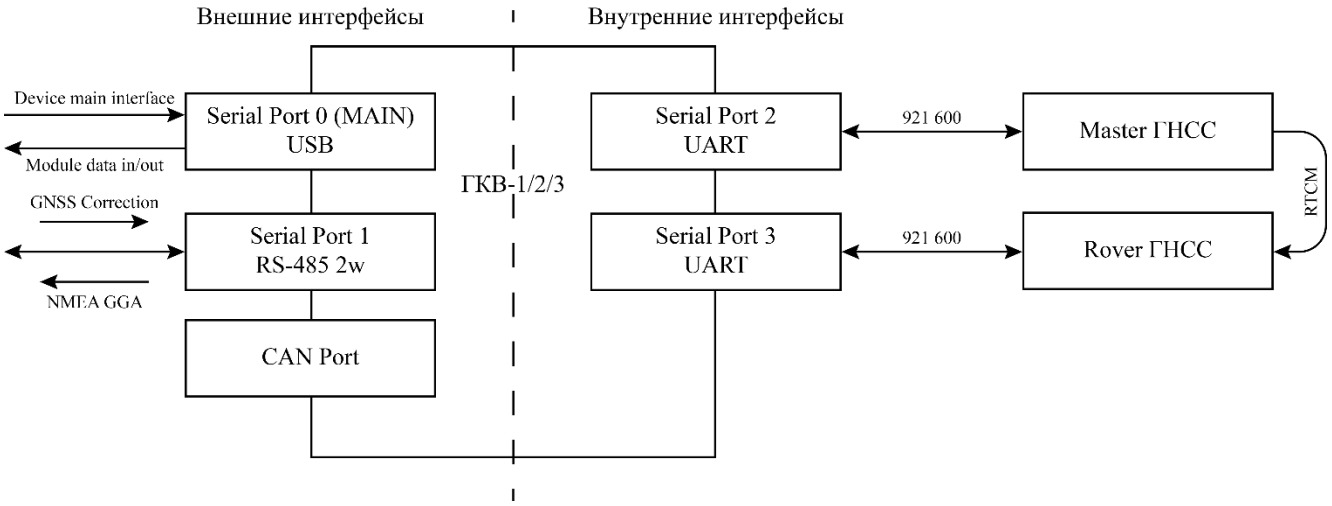


Рисунок 3 – Интерфейсы ГКВ-1/2/3

Интерфейсы ГКВ-10/11/12/5/6/7 – 4х последовательных интерфейса, 1х CAN согласно рисунку 4.

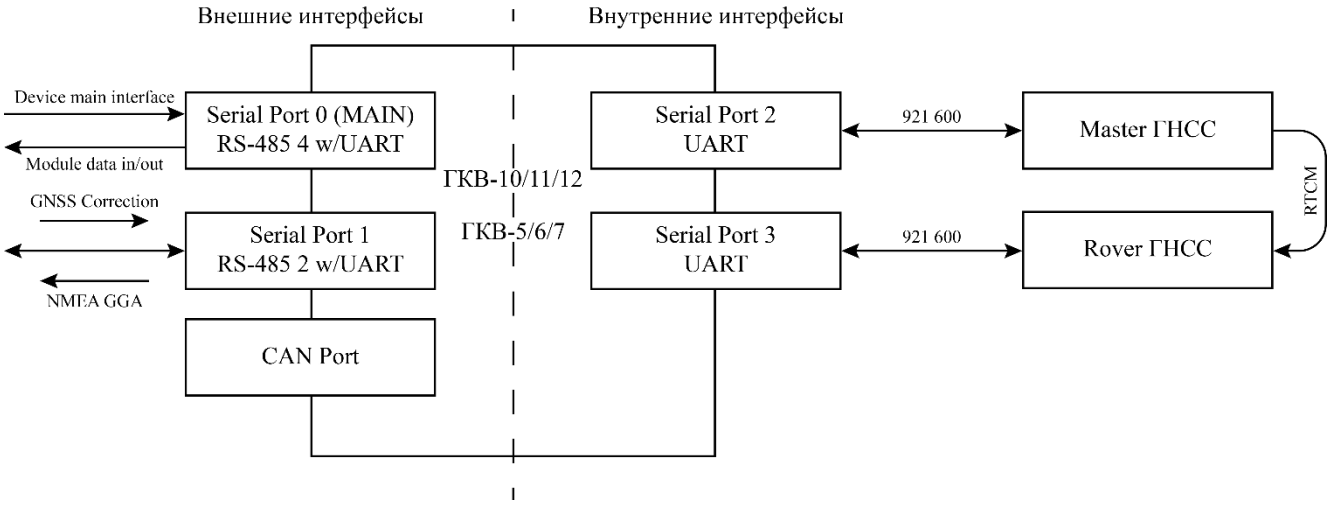


Рисунок 4 – Интерфейсы ГКВ-10/11/12/5/6/7

Запрос

Назначение	Заполнение
Преамбула	0xFF
Адрес устройства	1
Тип пакета	0x30
Длина поля данных	N = [4 + i], где i – размер переменной части

Поле данных:

Назначение	Заполнение	Описание
Выбор интерфейса	uint8	0 – UART MAIN (Serial port 0) 1 – UART AUX0 (Serial port 1) 5 – UART AUX1 (Serial port 2) 6 – UART AUX2 (Serial port 3) 10 – CAN port 0
Действие (тип команды)	uint8	1 – Конфигурация (настройка интерфейса) (CMD_CONFIG) 10 – Настройка протокола/сообщений (CMD_MESSAGE)

		11 – Настройка параметров ретрансляции данных, принимаемых по интерфейсу (CMD_FORWARD)
Индекс	uint8	0..255 – Индекс настройки сообщений (используется при выборе CMD_MESSAGE)
Резерв	uint8	Резерв
Переменная часть	max 128 byte	Размер соответствует размеру структуры. Размер 0 – запрос параметра, если возвращается длина 0 – данный тип не поддерживается.

Варианты использования:

Настройка CAN интерфейсов

Назначение	Заполнение		Описание
Выбор интерфейса	uint8		10 – CAN port 0
Действие	uint8		1 – Конфигурация (настройка интерфейса) CMD_CONFIG
Индекс	uint8		0
Резерв	uint8		Резерв
Переменная часть	Скорость передачи данных	uint16	0 – отключен 1000 – 1000 кбит/с 500 – 500 кбит/с 250 – 250 кбит/с 125 – 125 кбит/с 100 – 100 кбит/с 50 – 50 кбит/с
	Протокол приема данных	uint16	0 – протокол отключен 1 – ретрансляция всех данных с CAN-линии на UART MAIN (Serial port 0). Для ретрансляции полученных данных используется пакет типа 0x41 (см. п. 7.15.1). 2 – прием данных скорости от Ford Focus 2 3 – прием данных скорости от KIA RIO 2 4 – прием данных скорости от Logan 2 5 – прием данных скорости от Газели NEXT Electric
	ID внешнего управляющего CAN сообщения	uint32	ID сообщений для команд от внешних изделий. Подробное описание структуры команды приведено в ЛМАП.402131.009Д2. Старший бит поля задаёт тип ID CAN-сообщения (стандартный или расширенный) 1 – расширенный ID CAN-сообщения (29 бит) 0 – стандартный ID CAN-сообщения (11 бит)

Настройка CAN протокола выдачи данных

Поле данных	Заполнение	Описание
Выбор интерфейса	uint8	10 – CAN port 0
Действие	uint8	10 – Настройка протокола/сообщений CMD_MESSAGE

Индекс	uint8		Индекс настраиваемого CAN-сообщения (см. Таблица индексов сообщений)
Резерв	uint8		Резерв
Переменная часть	Предделитель	uint16	Размер 2 байта 0 – отключен 1..1000 – предделитель выдачи сообщения от частоты обработки инерциальных данных.
	Идентификатор сообщения	uint32	ID настраиваемого CAN-сообщения. Старший бит поля задаёт тип ID CAN-сообщения (стандартный или расширенный) 1 – расширенный ID CAN-сообщения (29 бит) 0 – стандартный ID CAN-сообщения (11 бит)

Таблица индексов сообщений

Индекс (hex)	Описание сообщения	Делитель
0x01	Статус и счетчик INDEX_STATUS_CNT	-
0x11	Угловая скорость x1000 INDEX_Wb	$2700/2^{15}$
0x12	Акселерометр INDEX_Ab	1000
0x13	Магнитометр INDEX_Mb	1000
0x14	Барометр INDEX_BARO	1000
0x15	Температура INDEX_TEMP	1000
0x21	Ориентация углы Эйлера INDEX_EULER	100
0x22	Ориентация кватернион INDEX_QUAT	100
0x23	Инклинометр INDEX_INCLINO	100
0x30	Состояние алгоритма INDEX_ALG_STATUS	-
0x31	Координаты широта долгота INDEX_LATLON	100
0x32	Координаты высота INDEX_ALT	100
0x33	Координаты в местной СК NED X,Y INDEX_NED_XY	100
0x34	Скорость X,Y,Z INDEX_Vn	10

Все сообщения выдаются в целочисленном виде, делитель формирует дробную часть. Подробное описание перевода данных, передаваемых по CAN в единицы измерения приведено в ЛМАП.402131.009Д2.

Настройка UART интерфейсов

Примечание: Настройка интерфейса UART MAIN (Serial port 0) производится через сообщение настроек (тип сообщения 0x07). Не используйте пакет 0x30 для настройки UART MAIN (Serial port 0).

Поле данных	Заполнение		Описание
Выбор интерфейса	uint8		0 – UART MAIN (Serial port 0) 1 – UART AUX0 (Serial port 1) 5 – UART AUX1 (Serial port 2) 6 – UART AUX2 (Serial port 3)
Действие	uint8		1 – Конфигурация (настройка интерфейса) CMD_CONFIG
Индекс	uint8		0
Резерв	uint8		Резерв
Переменная часть	Скорость передачи данных	uint16	0 – 921600 бит/с 1 – 460800 бит/с 2 – 230400 бит/с 3 – 115200 бит/с 4 – 1000000 бит/с 5 – 2000000 бит/с 6 – 3000000 бит/с 7 – 4000000 бит/с 8 – 500000 бит/с 9 – 57600 бит/с 10 – 38400 бит/с 11 – 19200 бит/с 12 – 9600 бит/с
	Протокол приема/ передачи данных	uint8	0 – взаимодействие по выбранному интерфейсу отключено; Протоколы выдачи данных от модуля ГКВ по выбранному интерфейсу: 1 – протокол основного интерфейса приема и передачи данных (может быть задан только для Serial Port 0); 2 – протокол основного интерфейса (только для передачи данных), может быть задан для любого Serial Port; 3 – прием данных по выбранному интерфейсу и ретрансляция данных на UART MAIN (Serial port 0). Для ретрансляции полученных данных используется пакет типа 0x42 (см. п. 7.15.1); 4 – NMEA FROM_GNSS; 5 – передача данных по запросу; Далее описаны протоколы взаимодействия с внешними устройствами по выбранному интерфейсу для обработки данных, принимаемых модулем ГКВ: 10 – NV08C-CSM (перед получением сообщения X, ГКВ отправляет пакеты для настройки) 11 – GEOS3M 12 – NMEA 13 – COMNAV (OrSyst) 14 – Novatel OEM6 15 – ИРЗ МНП 16 – SEPTENTRIO

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>17 – Стандартное сообщение от ГНСС (Тип 0x10 и/или 0x11)
20 – Ublox
21 – Ublox Lite
22 – Комета
50 – Доплеровский лаг “Экран”
100 – заказной</td></tr>
<tr><td></td><td>Параметры протокола</td><td>uint8</td><td>Настройка использования данных ГНСС приемника в навигационном алгоритме
<table>
<tr><th>Бит</th><th>Назначение</th></tr>
<tr><td>0</td><td>Использовать данные ГНСС приемника в наборном пакете</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Использовать данные курса двухантенного ГНСС приемника в наборном пакете</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Использовать данные ГНСС приемника в навигационном алгоритме</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Использовать курс 2х антенного ГНСС приемник в навигационном алгоритме</td></tr>
</table>
Каждый следующий режим дополняет предыдущий (т.е. в режиме 1 в наборном пакете используются данные ГНСС и курс двух антенн
ого решения)
Параметры NMEA протокола – предделитель выдачи данных
<table>
<tr><th>Значение регистра</th><th>Значение делителя</th></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>10</td></tr>
<tr><td>3</td><td>50</td></tr>
<tr><td>4</td><td>100</td></tr>
<tr><td>5</td><td>500</td></tr>
<tr><td>6</td><td>1000</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td></td><td>Параметры порта</td><td>uint16</td><td>Выбор работы с драйвером порта (преобразование UART в RS)
<table>
<tr><th>Значение регистра</th><th>Назначение</th></tr>
<tr><td>0</td><td>режим UART</td></tr>
<tr><td>1</td><td>режим RS-232</td></tr>
<tr><td>2</td><td>режим RS-485</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Настройка ретрансляции данных, принимаемых по UART интерфейсу

Используется для полной ретрансляции данных между интерфейсами (без оборачивания в стандартную структуру пакета протокола ГКВ).

Назначение	Заполнение		Описание
Выбор интерфейса	uint8		0 – UART MAIN (Serial port 0) 1 – UART AUX0 (Serial port 1) 5 – UART AUX1 (Serial port 2) 6 – UART AUX2 (Serial port 3)
Действие	uint8		11 – Настройка параметров ретрансляции данных, принимаемых по интерфейсу (CMD_FORWARD)
Индекс	uint8		0
Резерв	uint8		Резерв
Переменная часть	Размер буфера	uint16	Размер буфера в байтах (может быть задан от 1 до 4097). Значение параметра, равное 0 отключает ретрансляцию.
	Целевой интерфейс:	uint8	0 – UART MAIN (Serial port 0) 1 – UART AUX0 (Serial port 1) 5 – UART AUX1 (Serial port 2) 6 – UART AUX2 (Serial port 3)

Примечание: при выборе основного интерфейса в качестве целевого интерфейса ретрансляции взаимодействие с устройством в обычном режиме восстанавливается после сброса по питанию.

7.15.3 Ретрансляция CAN данных

CAN интерфейс можно настроить на ретрансляцию данных да CAN-линии с привязкой к общему потоку ГКВ. При установке протокола CAN интерфейса в режим «Сквозной» данные будут приниматься, оборачиваться в стандартную структуру пакета протокола ГКВ и передаваться по UART MAIN (Serial port 0).

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x41
Длина поля данных	18
Счетчик пакетов	uint32_t
ID CAN-сообщения	uint32_t
Данные CAN-сообщения	uint8_t[8]
Режим	uint16_t

Приложение А

(справочное)

Пример расчета контрольной суммы на языке С

А.1 Таблица

```
static uint32_t 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
};
```

А.2 Функция

```
uint32_t crc32(uint32_t crc, const void *buf, size_t size)
{
	const uint8_t *p;

	p = buf;
	crc = crc ^ ~0U;

	while (size--)
		crc = crc32_tab[(crc ^ *p++) & 0xFF] ^ (crc >> 8);

	return crc ^ ~0U;
}
```

Приложение Б

(справочное)

Дополнение к протоколу для прошивки с ГНСС приемником МНП.

Дополнение к протоколу с ГНСС приемником МНП-6 в части настройки алгоритма работы «Пользовательский». Для использования данного дополнения необходимо выбрать алгоритм «Пользовательский» и «Наборный пакет» в пакете «Настройка» тип 0x07.

Б.1 Параметры наборного пакета данных

При выборе алгоритма работы «Пользовательский» параметры наборного пакета изменены на указанные в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Описание и типы параметров наборного пакета

Идентификатор типа параметра	Название переменной	Описание
0	status	статусное слово целочисленное беззнаковое uint16
1	sample_cnt	счетчик сэмплов (от 0 до 2^{16})
17	gdop	Геометрический фактор точности, цена деления 0,01
18	ax	Калиброванное значение осей X, Y, Z акселерометра знаковое целочисленное 16 бит. Коэффициент преобразования задается в параметрах алгоритма ax_lsb, ay_lsb, az_lsb,
19	ay	
20	az	
21	wx	Калиброванное значение угловой скорости осей X, Y, Z знаковое целочисленное 16 бит. Коэффициент преобразования задается в параметрах алгоритма wx_lsb, wy_lsb, wz_lsb,
22	wy	
23	wz	
24	tx	Температура оси X, Y, Z канал 0 знаковое целочисленное 16 бит, в °C×100
25	ty	
26	tz	
27	tout	Температура микроконтроллера знаковое целочисленное 16 бит, в °C×100
29	gps_ref_gen_err	Отстройка генератора. Рассчитана относительно несущей частоты GPS. Цена деления 1 Гц
30	gps_pos_err_max	Ошибка по дальности (макс.). Максимальное значение ошибки оценки дальности до спутников. Цена деления 0,1 м.
31	gps_pos_err_ave	Ошибка по дальности (средняя). Среднее значение ошибки оценки дальности до спутников. Цена деления 0,1 м.
32	gps_freq_err_max	Ошибка по частоте (макс.). Максимальное значение ошибки оценки допплеровского сдвига. Цена деления 0,001 Гц.
33	gps_freq_err_ave	Ошибка по частоте (средняя). Среднее значение ошибки оценки допплеровского сдвига. Цена деления 0,001 Гц.
52	gps_ecef_x_low	

Идентификатор типа параметра	Название переменной	Описание
53	gps_ecef_y_low	Координата от ГНСС приемника по осям X, Y, Z в СК ECEF младшая часть [1)]
54	gps_ecef_z_low	
55	gps_ecef_x_ high	Координата от ГНСС приемника по осям X, Y, Z в СК ECEF старшая часть [1)]
56	gps_ecef_y_ high	
57	gps_ecef_z_high	
58	gps_ecef_vx_low	Скорость от ГНСС приемника по осям X, Y, Z в СК ECEF младшая часть [2)]
59	gps_ecef_vy_low	
60	gps_ecef_vz_low	
61	gps_ecef_vx_ high	Скорость от ГНСС приемника по осям X, Y, Z в СК ECEF старшая часть [2)]
62	gps_ecef_vy_ high	
63	gps_ecef_vz_high	
68	gps_time_low	Время utc сначала недели в мс старшая и младшая части
69	gps_time_high	
72	gps_state_status	Статус состоянии приемника ГНСС приемника беззнаковое целочисленное uint16 [3)]

Примечания:

1) Значение знаковое целочисленное int32, для получения координат необходимо умножить на коэффициент преобразования 0,1 м.
2) Значение знаковое целочисленное int32, для получения скорости необходимо умножить на коэффициент преобразования 0,01 м/с^2.
3) Слово состояния ГНСС приемника

Значение регистра	Назначение поля
0	1 – годность решения
1	1 – годность времени
2..7	Резерв
8..10	Система координат
11..12	Тип эллипсоида
13..14	Привязка времени
15	Резерв

Система координат

1) 0 – WGS-84;
2) 1 – ПЗ-90.02;
3) 2 – СК-42;
4) 3 – СК-95;
5) 4..7 – резерв

Тип эллипсоида

1) 0 – WGS-84;
2) 1 – ПЗ-90.02;
3) 2 – эллипсоид Красовского;
4) 3 – резерв.

Привязка времени:

1) 0 – UTC (USNO);
2) 1 – UTC (SU);
3) 2 – GPS;
4) 3 – ГЛОНАСС.

Внимание!!! При выборе алгоритма «Пользовательский» и «Наборный пакет» действительны только параметры из Таблицы Б.1.

Б.2 Настройка алгоритма «Пользовательский»

Для выбора коэффициента преобразования сигналов акселерометров и угловых скоростей предусмотрены дополнительные настройки.

Б.2.1 Параметры алгоритма «Пользовательский»

Индекс параметра	Параметр	Описание параметра
1	ax_lsb	Коэффициент преобразования осей X, Y, Z в ускорение в g. По умолчанию 0.004. Тип float32.
2	ay_lsb	
3	az_lsb	
4	wx_lsb	Коэффициент преобразования осей X, Y, Z в угловую скорость в °/с. По умолчанию 0.03. Тип float32.
5	wy_lsb	
6	wz_lsb	

Приложение В

(справочное)

Дополнение к протоколу

Представление ускорений, угловых скоростей, температур датчиков, параметров магнитного поля и давления в кодах АЦП согласно таблице В.1.

Таблица В.1 – Параметры наборного пакета

Индекс параметра	Название переменной по сериям ГКВ			Заполнение	Описание		
	ГКВ-10	**ГКВ-5**	**ГКВ-1**		**ГКВ-10**	**ГКВ-5**	**ГКВ-1**
2	nax			int32	Ускорение по X в кодах АЦП		
3	nay			int32	Ускорение по Y в кодах АЦП		
4	naz			int32	Ускорение по Z в кодах АЦП		
5	nwx			int32	Угловая скорость по X в кодах АЦП		
6	nwy			int32	Угловая скорость по Y в кодах АЦП		
7	nwz			int32	Угловая скорость по Z в кодах АЦП		
8	nmx			int32	Магнитное поле по X в кодах АЦП		
9	nmy			int32	Магнитное поле по Y в кодах АЦП		
10	nmz			int32	Магнитное поле по Z в кодах АЦП		
11	naz2	naz2	-	int32	Ускорение Z2 в кодах АЦП		-
12	nvref	nbaro2)		int32	Опорное напряжение в кодах АЦП	Абсолютное давление в кодах АЦП	
13	ntx		nta	int32	Температура ДУС по X		Температура акселерометра в кодах АЦП
14	nty		ntw	int32	Температура ДУС по Y в кодах АЦП		Температура ДУС по в кодах АЦП
15	ntz		-	int32	Температура ДУС по Z в кодах АЦП		-
16	ntar	ntar	-	int32	Температура акселерометра 1 в кодах АЦП		-
17	ntal	ntal	-	int32	Температура акселерометра 2 в кодах АЦП		-

8 Лист изменений протокола

№ п/п	Дата	Версия	Краткое содержание изменений	№№ изменяемых листов
1	04.07.2015	1.1	Добавлен наборный пакет: *1* В п.7.3 «Настройка изделия» в регистр «Формат данных (битовое поле)» добавлен бит 10 *«Посылка наборного пакета данных».* *2* Добавлен п.7.4 «Параметры наборного пакета данных ГКВ-10». *3* Добавлен п.7.6.6 «Наборный пакет данных». *Версия прошивки изделия, начиная с которой применены изменения – 2.*	
2	07.10.2015	1.2	1 Добавлено возможность посылки пакетов со скоростью больше 1 кГц: 1.1. В п.7.3 «Настройка изделия» в регистр «Формат данных (битовое поле)» добавлен бит 11 *«Посылка пакетов со скоростью больше 1 кГц».* 2 Добавлены переменные «Угол-интеграл угловой скорости X, Y, Z» в п.7.4 «Параметры наборного пакета данных ГКВ-10» идентификаторы типа 49, 50, 51. *Версия прошивки изделия, начиная с которой применены изменения – 2.*	
3	25.02.2015	1.3	1 Добавлено поле 12 «Посылка пакет с данными по готовности, а не синхронизируя с получением следующего сэмпла» в п. 7.3 формат данных. 2 Добавлен п.7.7 Компенсация смещения гироскопов.	
4	24.06.2016	1.4	1 Изменена контрольная сумма с CRC8 на CRC32 в п.6 Структура информационных пакетов стр.4 и приложение 8 стр. 26, 27. 2 Добавлено в наборный пакет параметр линейное ускорение в п.7.4 «Параметры наборного пакета данных ГКВ-10» таблица «Типы параметров представлены в таблице ниже»: стр.18 *Версия прошивки изделия, начиная с которой применены изменения – 3.*	

5	12.08.2016	1.5	1 Исправлены ссылки на пункты наборного пакета в подразделе 7.3 таблица «Набор данных» 2 Добавлен подраздел 7.8 «Настройка фильтра»	
6	28.08.2017	1.6	1 Добавлен дополнительные алгоритмы в «Набор данных» (п.7.3), «Заказной», «БИНС со скоростной коррекцией от приемника ГНСС» 2 Изменен диапазон измерения канала угловой скорости (гироскопов), должен быть выбран диапазон ±900 °/с.	8-11,14,16
7	29.09.2017	1.7	1 В настройки пакета добавлен параметр «Пропуск пакетов» (п.7.3) 2 Дополнен типы наборных параметров новыми значениями (п.7.4) 3 Увеличена максимальная длина наборного пакета (п.7.6.6)	8,17-20,26
8	09.02.2017	1.8	1 Добавлено описание включение дополнительного интерфейса RS-485 (п.7.3) 2 Добавлены пакеты с параметрами ГНСС приемника (п.7.6.7 и п.7.6.8)	8,9,13,16,17, 27-29
9	14.05.2018	1.9	1 Добавлены дополнительные скорости четырехпроводного RS-485 (7.3). 2 Исправлена ошибка параметра статус (п.7.6.1) 3 В параметры наборного пакета добавлены параметры с №№ 91-96	10,11,21,22, 24,25
10	07.02.2018	1.10	1 Добавлено описание параметров алгоритмов 2 Добавлены типы пакетов для работы с параметрами алгоритмов.	36-40
11	05.03.2019	1.11	Исправлены ошибки в описании протокола	9-11, 18, 34
12	11.03.2019	1.12	1. Изменена ориентация страниц и внесены исправления в формулировки. 2. Добавлено приложение 2 с описанными на языке С структурами пакетов.	
13	14.06.2019	1.13	1. Добавлен в настройки ГКВ параметр «Тип входная внешней синхронизации» 2. Расширен список ГНСС приемников 3. Добавлен пример в приложение Д «параметр Тип «Входная внешней синхронизации», обновлен список ГНСС приемников	8-13 8-13 33-36

14	04.10.2019	1.14	4. Исправлена ошибка в статусе данных – Бит готовности алгоритма 11 бит, Метка времени 12 бит.	7
15	10.01.2020	1.15	В параметры наборного пакета добавлены параметры оценки ошибки навигационного алгоритма с №№ 98-106	17
16	02.04.2020	1.16	Добавлено описание статусов ГНСС приемников. Внесены исправления по форматированию текста.	21-23
17	10.04.2020	1.17	Добавлены параметры в наборный пакет при использовании приемника МНП	17
18	16.04.2020	1.18	Добавлены биты настройки изделия в формат данных: - курса положительный - обрезка наборного пакета	9
19	27.04.2020	1.19	Исправлена ошибка: неверный тип пакета 7.6.5 Данные БИНС.	21
20	29.04.2020	1.20	- добавлено описание представление параметров наборного пакета с типом отличным от float32; - исправлен перевод параметров gps_int_x, gps_int_y, gps_int_z - описание состояния алгоритма БИНС; - добавлен подраздел 7.11 Маскирование данных от ГНСС приемника	17, 18, 22, 32
21	18.06.2020	1.21	Добавлено описание слово состояния ГНСС приёмников Novatel и ComNav	24, 25
22	12.08.2020	1.22	1 Добавлен Тип входного сигнала «Счетчик» и параметр counter (счетчик) в наборный пакет. 2 Изменено приложение Б. Приложение Б описывает работу с особой прошивкой изделия ГКВ.	
22	03.09.2020	1.23	Изменения в приложении Б параметров наборного пакета	35-37
23	15.09.2020	1.24	Исправлена ошибка в протоколе тип и длина пакета п.7.6.2	20
24	18.09.2020	2	Протокол объединен с протокол ГКВ-5/6	
25	18.09,.2021	2.01	1 Команда программного сброса (7.2). Нумерация разделов изменена. 2 Параметры алгоритма – тип выставки, поворот ориентации от ГНСС приемника и их оценка. Описание «Выставки». 3 Команда установки и коррекции курса	6, 17,18, 31, 32, 34
26	01.02.2021	2.02	1 Исправлена ошибка в названии линейного ускорения в параметрах наборного пакета	15, 17

			2 Исправлена ошибка структуры параметра алгоритма alg_state_status	
27	08.02.2021	2.03	Добавлено описание назначения дополнительного RS-485 (7.13)	34
28	04.03.2021	2.04	Исправление описания пакетов от ГНСС приемника с типами 0x0E (п.7.7.7) и 0x0F (п.7.7.8)	22
29	11.03.2021	2.03	Исправлена ошибка в описании индексов параметров навигационного алгоритма (п.7.10.3)	30
30	06.04.2021	2.04	Исправлено на: «Для ГКВ-5/6/10/11/12 диапазон измерения…», «Для ГКВ-5/6/10/11/12 диапазон измерения акселерометров…»	8
31	20.04.2021	2.05	1 Добавлены параметры в наборный пакет gps_rel_heading, gps_sig_rel_heading, gps_rel_leangth, gps_sig_rel_leangth, gps_rel_status, gps_rel_time 2 Добавлены параметры алгоритм БИНС ESKF5: wait_rtk, update_yaw_mode, frame	14,15,31
32	03.12.2021	2.06	1 В раздел 7.10.3 переработаны параметры алгоритма навигации. 2 Устранены грамматические ошибки по тексту. 3 Добавлено слово-состояние (gps_rel_status) для ровер ГНСС-приемника (ZED-F9H)	31-36, 24
33	08.09.2022	2.07	Добавлены: Параметры наборного пакета alg_time, time_from_sec. Новый байт указания ошибок навигационного алгоритма в параметре alg_state_status – fails Параметры алгоритма Навигации – пороги срабатывания ошибок навигации по положению, скорости и ориентации. Проведена ревизия остального текста.	18-19, 33
34	06.10.2022	2.08	Добавлен алгоритм ориентации (раздел 7.10.3).	37-40
35	10.10.2023	2.09	1 В разделе 7.4 в таблице пакета 0x07 поле «Диапазон измерения магнитометра» изменено: Резерв. *У всех ГКВ только один диапазон ± 0,8 мТл, у аппаратной версии ГКВ-10v3 диапазон задается из ряда ± 0,4, ± 0,8, ± 1,2, ± 1,6 мТл* 2 В разделе 7.4 в таблице «Формат данных» добавлен бит 15: 1 – 1PPS выводится на контакт выхода синхронизации ГКВ-6/7	8, 9, 12 – 16, 39 – 45

			3 В разделе 7.4 таблицы «Дополнительный интерфейс» и «Скорость обмена дополнительного интерфейса» удалены. Данные настройки описаны в разделе 7.13.2 4 В разделе 7.4 описание «Пропуск выходных пакетов данных» изменено: Разрежение выходных данных путем пропуска пакетов. Актуально для фильтрованных и навигационных данных. Разряженные данные с датчиков могут дать алиайзинг (появление ложной низкочастотной разностной частоты). 0 – пропуск выключен. 5 В разделе 7.4 таблица «Диапазон магнитометра» удалена, диапазон описан в таблице пакета 0x07 6 Раздел 7.5 изменен, пакеты ГКВ-1 OEM/1/2/3, ГКВ-5/6/7 и ГКВ-10/11/12 приведены к единообразию 7 Раздел 7.7.5 переименован в «Выдача данных навигации», добавлены параметры приемников 8 Добавлены разделы 7.13.2 и 7.13.3	
36	25.04.2024	2.10	1. Добавлена частота выдачи данных 2 кГц для ГКВ-1/2/3 2. Добавлены новые типы внешней синхронизации: с внешним измерением по положительному фронту, по отрицательному фронту, включение данных на внешнюю flash-память 3. Параметры с индексами 2 – 17 перенесены в приложение В 4. Уточнены названия параметров и их описание с индексами 52 – 57. Уточнено описание параметра с индексом 68 5. Уточнены описания параметров с индексами 73, 77 6. Добавлено описание для параметра yaw_from_mag. Добавлены параметры с индексами 108, 109: baro_alti, tbaro. Уточнено описание параметра time_from_sec. Добавлены примечания 2 и 5 (различие углов alfa/beta и roll/pitch, ссылка на приложение В для кодов АЦП) 7. Изменения в пакетах «Коды АЦП» и «Данные с датчиков», «Данные навигации». Добавлены пакеты «Полученные данные от	9, 12, 14 – 17, 20 – 29, 33 – 37, 39, 42 – 44, 48, 50 -51, 58

			ГНСС» и «Полученные расширенные данные от ГНСС» 8. В слово-состояние для приемников в примечания добавлены типы пакетов, которые приемники должны выдавать для корректной работы ГКВ 9. В раздел 7.8.2 добавлено примечание 10. Алгоритм ориентации фильтр Калмана (7.10.1) сгруппирован с алгоритмом ориентации AHRS. Обновлены параметры алгоритма ориентации 11. Расширены параметры алгоритма навигации с индексами 42 – 57. Исправлены описания параметров с индексами 10, 26 – 28. Исправлено описание параметра eskf_settings->rtk 12. Добавлен раздел 7.13 «Коррекция по внешним измерениям» 13. В разделе 7.15.2 исправлены протоколы приема и передачи данных для настройки интерфейсов 14. Добавлено приложение В 15. Проведена ревизия остального текста 16. Добавлен протокол взаимодействия с Газелью Next Electric 17. Параметр алгоритма lla_frame убран. Вместо него применяется параметр out_arm_*.	
37	30.09.2024		1. Приведено в соответствие описание параметра WMM в таблице «Значения параметров ahrs_settings, ahrs_corrector». 2. Приведено в соответствие описание параметра «Тип временной коррекции» в таблице Параметры (битовое поле). 3. Для приемников ZED-F9P указана фирма производитель – Ublox. 4. В таблице «Настройка UART интерфейсов» исправлен пункт на 7.15.1. 5. В таблице со значением статусного слова (*Статус (status) данных (битовое поле)*) добавлено наименование параметра status. 6. В таблице eskf_settings в параметре sig_profile добавлено значение 5 – ГКВ-1OEM/ГКВ-1/2/3.	7, 9, 14-18, 26, 27, 32, 34, 36, 38, 43, 44

			7. В таблице Формат данных (битовое поле) добавлено значение 14 бита: 0 – длина пакета не меняется. 8. В таблице eskf_settings **добавлен/заменен** параметр align_wait. Добавлено описание работы. 9. В таблице «Типы параметров наборного пакета» добавлено заполнение для параметров. 10. В таблицу параметров в разделе Коррекция по внешним измерениям добавлены: 7 – Абсолютная высота над эллипсоидом в м (направление вверх). 11. Описание параметра ta_threshold приведено в соответствие. 12. В таблице «Значения параметров ahrs_settings» для параметра sig_profile добавлены значения: 0 – ГКВ-5/10, 1 – ГКВ-5/10 в высокодинамичном режиме, 3 – ИНС-100, 4 – МГ-1, 5 – ГКВ-1, 6 – ГКВ-1+ (ГКВ-1 SCHA63T). 13. Изменены значения параметра eskf_corrector2: NXX – gnss_yaw_cor, NX – mag_yaw_cor, N – gnss_heading_yaw_cor. gnss_yaw_cor – Коррекция курса (yaw) по путевому углу от ГНСС-мастер приемника, gnss_heading_yaw_cor – Коррекция курса (yaw) от ГНСС приемника по двум антеннам. **Важно: курс ГКВ и курс двухантенного приемника должны совпадать (см. параметр gnss_rot_yaw).** 14. В типе коррекции 3 изменены условия выставки. 15. Проведена ревизия текста.	

Лист регистрации изменений

Изм.	*Номера листов (страниц)*				*Всего листов (страниц) в докум.*	*№ докум.*	*Входящий № сопроводительного докум. и дата*	*Подп.*	*Дата*
	измененных	*замененных*	*новых*	*аннулированных*					
1		*Все*			*37*	*ЛМАП.7-2019*			*10.07.2019*
2		*Все*			*46*	*ЛМАП.4-2020*			*10.06.2020*
3		*Все*			*42*	*ЛМАП.2-2021*			*03.02.2021*
4		*Все*			*43*	*ЛМАП.5-2021*			*18.08.2021*
5		*Все*			*47*	*ЛМАП.1-2022*			*10.01.2022*
6		*Все*			*47*	*ЛМАП.6-2022*			*27.07.2022*
7		*Все*			*51*	*ЛМАП.17-2022*			*24.11.2022*
8		*Все*			*65*	*ЛМАП.3-2024*			*11.06.2024*
9		*Все*			*68*	*ЛМАП.5-2024*			*28.09.2024*