

Утвержден
ЛМАП.402131.046-ЛУ

МОДУЛЬ ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ

ГКВ-1 OEM

Руководство по эксплуатации

ЛМАП.402131.046РЭ

| | | | | |
|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Инва. № подл. | Подп. и дата | Взам. № подл. | Инва. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

| | | | | |
|--|-----------------|---|-------|--------|
| Перв. примен. | ЛМАП.402131.046 | СОДЕРЖАНИЕ | | |
| | | ВВЕДЕНИЕ | 3 | |
| Справ. № | | 1 Описание и работа | 4 | |
| | | 1.1 Назначение изделия | 4 | |
| | | 1.2 Технические характеристики..... | 4 | |
| | | 1.3 Состав изделия | 7 | |
| | | 1.4 Устройство и работа | 8 | |
| | | 1.5 Назначение выводов | 15 | |
| | | 1.6 Маркировка и пломбирование..... | 16 | |
| | | 1.7 Упаковка | 16 | |
| | | 2 Использование по назначению | 17 | |
| | | 2.1 Предельные и предельно-допустимые режимы работы | 17 | |
| | | 2.2 Подготовка изделия к использованию..... | 17 | |
| | | 2.2.1 Меры безопасности при подготовке изделия..... | 17 | |
| | | 2.2.2 Объем и последовательность внешнего осмотра изделия | 17 | |
| | | 2.2.3 Проверка готовности изделия к использованию | 17 | |
| | | 2.2.4 Указание об ориентировании изделия | 19 | |
| | | 2.2.5 Указание об установке ГKB OEM..... | 19 | |
| | | 2.2.6 Указания о взаимосвязи (соединении) ГKB OEM с другими изделиями..... | 20 | |
| | | 2.2.7 Протокол информационного взаимодействия | 20 | |
| | | 2.2.8 Работа алгоритма АНRS с магнитометром | 20 | |
| | | 2.2.9 Перечень возможных неисправностей изделия в процессе его подготовки и рекомендации по действиям при их возникновении | 21 | |
| | | 3 Хранение..... | 23 | |
| | | 4 Транспортирование..... | 24 | |
| | | Приложение А Внешний вид ГKB OEM | 25 | |
| | | Приложение Б Габаритные, установочные и присоединительные размеры..... | 26 | |
| | | Приложение В Обозначение контактов..... | 27 | |
| | | Приложение Г Внешний вид отладочного комплекта (ОК)..... | 28 | |
| Подп. и дата | | ЛМАП.402131.046РЭ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| Изн. № подл. | Разраб. | Михеев | | |
| | Пров. | Каменский | | |
| | Н.отд | | | |
| | Н.контр. | Соломкина | | |
| | Утв. | | | |
| Модуль инерциальный ГKB-1 OEM | | Лит. | Лист | Листов |
| | | 0 | 2 | 25 |
| <i>Руководство по эксплуатации</i> | | | | |

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с техническими характеристиками, условиями эксплуатации ГКВ-1 OEM (далее – изделие или ГКВ OEM), а также их настройки, транспортирования и хранения.

В состав ГКВ OEM входят трехосевые датчик угловой скорости, акселерометр и магнитометр, а также барометр и вычислитель.

Модуль предназначен для измерения и выдачи угловых скоростей, ускорений, углов наклона (крена и тангажа), а также обеспечивает работу алгоритмов вычисления ориентации и навигации с коррекцией от ГНСС-приемника (при подключении внешних ГНСС-приемников (Ublox, Navis, Novatel, Septentrio)).

В зависимости от задач, разработчиками могут быть добавлены дополнительные программные функции и алгоритмы.

ГКВ OEM может использоваться в составе мобильных систем движения, стабилизации, навигации, ориентации и иных систем, для которых необходимо вычислять характеристики движения, навигацию и ориентацию.

К работе с ГКВ OEM допускаются лица, ознакомленные с данным РЭ, прошедшие инструктаж по технике безопасности в соответствии с установленным в эксплуатирующей организации порядком, и имеющие группу электробезопасности не ниже II.

Данное РЭ распространяется на следующие исполнения ГКВ:

ГКВ-1 OEM-GAPRIA,

где G – диапазон измерения угловой скорости по осям чувствительности;

A – диапазон измерения ускорения.

P – напряжение питания;

R – ГНСС-приемник;

I – интерфейс;

A – алгоритм.

Примечание – более подробная информация по исполнениям ГКВ указана в таблице 2 в п. 1.3 Состав изделия.

При несоблюдении условий и требований, указанных в РЭ, ГКВ OEM может выйти из строя.

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

3

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение изделия

ГКВ OEM – инерциальный модуль, который предназначен для измерения угловой скорости, ускорения и параметров магнитного поля по трем осям, а также абсолютного давления. Представляет собой модуль для поверхностного монтажа.

Диапазон рабочих температур от минус 40 до +70 °С.

Масса не более 10 г.

Габаритные размеры не более 22×22×5 мм.

1.2 Технические характеристики

1.2 Технические характеристики

ГКВ-1 OEM обеспечивает информационный обмен по следующим интерфейсам: UART, CAN. Основной интерфейс обмена – UART.

Скорость обмена, алгоритмы выдачи, частота выдачи, а также другие параметры могут быть определены потребителем согласно протоколу информационного взаимодействия ЛМАП.402131.009Д1.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | ЛМАП.402131.046РЭ | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 4 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | |

Технические характеристики изделия представлены в таблице 1.

Таблица 1 а – Метрологические характеристики канала угловой скорости

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------|
| Диапазон измерения угловой скорости, °/с | ±500* |
| Смещение нуля в диапазоне рабочих температур, не более, °/с | ± 0,25 |
| Нестабильность смещения нуля (по дисперсии Аллана), не более, °/ч | 8 |
| Случайное угловое блуждание (по дисперсии Аллана), не более, °/√ч | 0,35 |
| Примечание: * Диапазоны задаются программно из ряда ±500, ±2000 °/с. По умолчанию диапазон измерения угловой скорости ±500 °/с, для других диапазонов необходима калибровка, которая осуществляется по требованию | |

Таблица 1 б – Метрологические характеристики канала ускорения

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------|
| Диапазон измерения ускорения, g | ±10* |
| Смещение нуля в диапазоне рабочих температур, не более, mg | ±5 |
| Нестабильность смещения нуля (по дисперсии Аллана), не более, mg | 0,01 |
| Случайное блуждание скорости (по дисперсии Аллана), не более, (мм/с)/√ч | 0,7 |
| Примечание: *Диапазоны задаются программно из ряда ±10, ±30 g. По умолчанию диапазон измерения ускорения ±10 g, для других диапазонов необходима калибровка, которая осуществляется по требованию | |

Таблица 1 в – Общие технические характеристики

| Наименование характеристики | Значение |
|---|-----------------|
| Неортогональность осей, не более, ° | 0,05 |
| Диапазон рабочих температур, °С | от – 40 до + 70 |
| Напряжение питания, В | от 3,1 до 3,5 |
| Типовая потребляемая мощность, Вт | 0,5 |
| Потребляемая мощность*, не более, Вт | 3 |
| Скорость обмена по UART, не более, мбит/с | 3 |
| Масса, не более, кг | 0,010 |
| Примечание: *при 125 °С и полной загрузке микроконтроллера | |

Подп. и дата
 Инв. № дубл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

5

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Таблица 1 г – Метрологические характеристики канала магнитометра

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------|
| Диапазон измерения, Гаусс | ± 8 |
| Шум, не более, при рабочей полосе 100 Гц, мГаусс | 0,4 |

Таблица 1 д – Метрологические характеристики инклинометра

| Наименование характеристики | Значение |
|--------------------------------------|----------|
| Диапазон по осям X и Y, ° | ±90 |
| Точность измерения (1σ), не более, ° | ±0,1 |

Таблица 1 е – Метрологические характеристики канала барометра

| Наименование характеристики | Значение |
|-----------------------------|----------|
| Диапазон измерения, кПа | 30 – 125 |
| Шум, Па | ±1,2 |

Таблица 1 ж – Основные характеристики системы ориентации

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------|
| Диапазон по крену, ° | ±180 |
| Диапазон по тангажу, ° | ±90 |
| Диапазон по курсу, ° | ±180 |
| Ошибка тангажа и крена (абсолютная), не более, ° | |
| - с коррекцией по акселерометрам ¹ | 0,2 |
| - с коррекцией по ГНСС | 0,1 |
| Ошибка курса с коррекцией по ГНСС ² , не более, ° | 0,3 |
| Ошибка курса с коррекцией по ГНСС в RTK ² , не более, ° | 0,2 |
| Ошибка магнитного курса ³ , не более, ° | 1 |
| Примечание: | |
| 1) Зависит от динамики движения. Характер движения существенно влияет на вычисление ориентации с коррекцией по акселерометрам. | |
| 2) Двухантенное решение ГНСС при расстоянии между антеннами не менее 1 м. | |
| 3) При калибровке модуля с ГНСС. Калибровка в движении с полной коррекцией не менее 10 мин. | |

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | | | | |
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инд. № дубл. | Подп. и дата |
| | | | | |

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

6

По внешним воздействующим факторам ГКВ:

– стойкий к воздействию повышенной температуры окружающей среды плюс 85 °С;

– стойкий к воздействию пониженной температуры окружающей среды минус 40 °С;

– прочный к изменению температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 85 °С.

– прочный к воздействию случайной широкополосной вибрации с параметрами согласно таблице. Продолжительность воздействия по каждой оси – 1 час.

Таблица 1 к – Параметры широкополосной вибрации

| Оси | Диапазон частот, Гц | Среднеквадратическое значение суммарного ускорения, м/с ² (g) |
|---------|---------------------|--|
| X, Y, Z | 10-100 | 13 (1,3) |
| | 20-2000 | 130 (13) |

– стойкий к воздействию механического удара однократного действия с пиковым ударным ускорением 1000 м/с² (100 g) и длительностью действия ударного ускорения от 0,5 – 2 мс;

– стойкий к воздействию механического удара многократного действия с пиковым ударным ускорением 500 м/с² (50 g) и длительностью ударного ускорения от 1 до 5 мс;

– стойкий к линейному ускорению до 100 g в 3-х взаимно перпендикулярных направлениях;

1.3 Состав изделия

Комплект поставки:

- 1) Модуль инерциальный ГКВ-1 OEM;
- 2) Упаковка;
- 3) Этикетка.
- 4) Флеш-накопитель¹ со всей необходимой для эксплуатации информацией.

Примечание:

- 1) Флеш-накопитель поставляется в количестве 1 шт. на партию.
- 2) По запросу для оперативного подключения модуля к ПК возможно доукомплектование партии отладочным комплектом (внешний вид и комплектация

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

7

согласно приложению Г). За подробностями обращаться в отдел продаж (vp@mp-lab.ru или по телефону).

Внимание! Если ГКВ-1 OEM не планируется к приобретению и не приобретался ранее, то он обязательно будет входить в отладочный комплект при формировании заказа.

ГКВ поставляется в исполнениях согласно таблице 2. Диапазоны измерений угловой скорости и линейного ускорения, диапазоны входного напряжения и ГНСС-приемники могут подбираться индивидуально по запросу заказчика.

Таблица 2 – Исполнения ГКВ

| ГКВ-1 OEM | G | | A | | P | R | I | A | | |
|--|--|-------|---|-----|-----------------------|---------------|-----------|----------|---|---|
| Характеристики ГКВ | Диапазон измерения угловой скорости по осям X, Y, Z, °/с | | Диапазон измерения линейного ускорения по осям X, Y, Z, g | | Напряжение питания, В | ГНСС-приёмник | Интерфейс | Алгоритм | | |
| | ±500 | ±2000 | ±10 | ±30 | | | | | | |
| Значения | 5 | 6 | 1 | 2 | 5 | 0 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Примечание – Производитель вправе поставить более функциональную версию ГКВ чем та, что требуется заказчику. | | | | | | | | | | |

Пример запроса: ГКВ-1 OEM-525022 означает следующее:

Диапазон угловой скорости по трем осям – ± 500 °/с;

Диапазон ускорения по трем осям – ± 30 g;

Диапазон входного напряжения – 3,3 В;

ГНСС-приёмник – Нет приёмника;

Интерфейс – UART;

Алгоритм – AHRS (Ориентация).

1.4 Устройство и работа

ГКВ OEM состоит из трехосевых датчика угловой скорости, акселерометра и

| | |
|---------------|---------------|
| Инов. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инов. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

магнитометра, а также барометра и вычислителя. Датчики угловой скорости и акселерометры каждого ГКВ OEM индивидуально калибруются в диапазоне рабочих температур. В ходе калибровки происходит компенсация смещений нулей и масштабных коэффициентов датчиков, а также неортогональностей осей.

1.4.1 Общие сведения о работе изделия

ГКВ OEM предназначен для выдачи данных инерциальных датчиков, магнитометра, барометра, а также вычисления ориентации и навигации. Данные от инерциальных датчиков выдаются в калиброванном виде (а также могут передаваться в кодах АЦП, т.е. без калибровки). В зависимости от исполнения ГКВ OEM-GAPRI1 настроен на выдачу калиброванных данных с датчиков (алгоритм IMU), ГКВ OEM-GAPRI2 настроен на выдачу данных алгоритма «Ориентация» (AHRS), ГКВ OEM-GAPRI3 настроен на выдачу данных алгоритма (INS) (см. Протокол ЛМАП.402131.009Д1).

1.4.2 Алгоритмы работы изделия

Данные с датчиков угловой скорости и акселерометра

Данные с датчиков угловой скорости и акселерометра представляют собой калиброванные данные. Сигналы считываются вычислителем в цифровом виде и калибруются во всем диапазоне температур.

Общая модель датчиков описывается формулой 1.1.

$$S = K^{-1} \times (ADC - B0); \quad (1.1)$$

где S – калиброванные данные датчика;

K – матрица поворотов и масштабных коэффициентов;

$$K = \begin{bmatrix} G_{11} & 0 & 0 \\ 0 & G_{22} & 0 \\ 0 & 0 & G_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix}, \quad (1.2)$$

где M – матрица поворотов (матрица направляющих косинусов) для приведения к ортонормированному базису;

G – матрица масштабных коэффициентов.

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix}; \quad (1.3)$$

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

$$G = \begin{bmatrix} G_{11} & 0 & 0 \\ 0 & G_{22} & 0 \\ 0 & 0 & G_{33} \end{bmatrix}; \quad (1.4)$$

ADC – «сырые» данные от датчиков в кодах АЦП;

B0 – смещение нуля датчиков в кодах АЦП.

Реальная модель датчика сложнее, зависит от типа датчика и имеет температурную зависимость.

Данные с датчика магнитометра

Данные с магнитометра представляют собой коды АЦП. Можно самостоятельно откалибровать магнитометр (см. раздел 5 RU.ЛМАП.502900-01 34-01РЭ) и привести данные к единичному модулю.

Магнитометр используется для коррекции курсового угла при определении ориентации.

Данные с датчика барометра

Данные с барометра представляют собой коды АЦП.

Инклинометр

Данные с инклинометра представляют собой углы отклонения α и β , которые вычисляются по данным ускорения, согласно формулам 1.5.

$$\alpha = \arctan \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right)$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right) \quad (1.5)$$

Ориентация

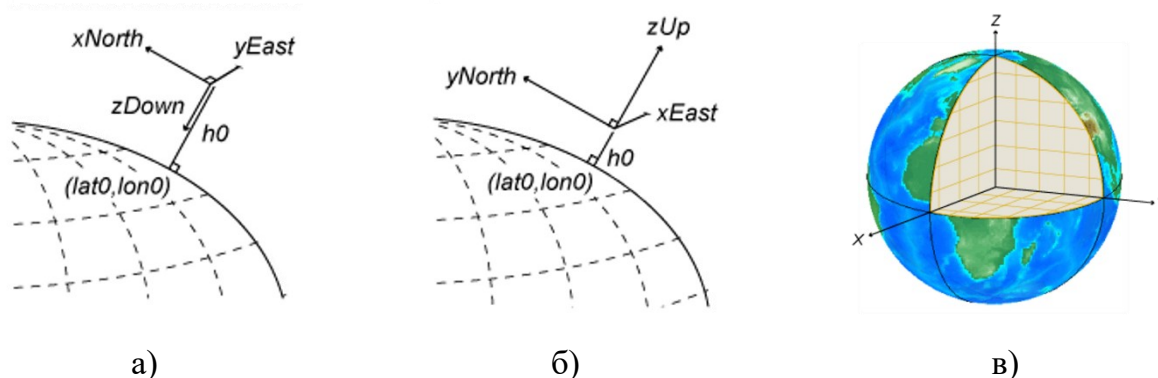
Алгоритм ориентации выдаёт три угла ориентации (курс, крен, тангаж) или кватернион ориентации [q0 q1 q2 q3], где q0 – скалярная часть, q1, q2, q3 – векторная часть. Углы ориентации и кватернионы выдаются в системе координат NED (Север-Восток-Низ).

Базисы (система координат)

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-------------------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ЛМАП.402131.046РЭ | Лист |
| | | | | | | 10 |

Ортонормированные базисы могут быть взяты пользователем по своему усмотрению в зависимости от решаемой задачи. Как правило навигационные модули вычисляют ориентацию относительно СК, связанных с землей, будем называть их навигационные СК. Наиболее частые СК: NED (Север-Восток-Низ рисунок 1, а), ENU (Восток-Север-Вверх рисунок 1.1, б), ECEF (геоцентрическая СК рисунок 1.1, в).



а) – NED СК, б) – ENU СК, в) – ECEF СК

Рисунок 1.1 – Системы координат

СК, связанная с осями прибора, называется связанная или локальная СК (еще бывает приборная СК). У нас принято называть связанная СК.

Ориентация – это поворот (или вращение) (рисунок 1.2) связанной СК относительно навигационной СК. Именно такое правило используется в ГКВ.

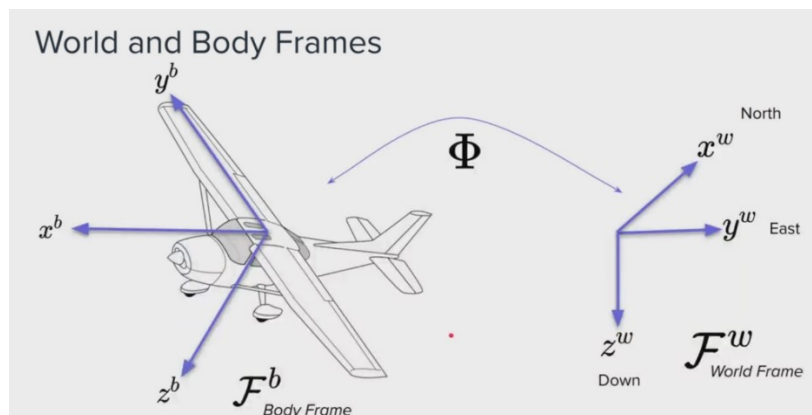


Рисунок 1.2 – Поворот СК

Вращения можно представить (именно визуализировать), как последовательность элементарных поворотов осей вращающейся системы координат (внутреннее или собственное, на англ. Intrinsic), или последовательность элементарных вращений,

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

которые происходят вокруг осей фиксированной системы координат (внешнее или статическое, на англ. Extrinsic).

При внутреннем вращении каждый элементарный поворот меняет ориентацию базиса относительно прошлого вращения. Первым вращением R_z поворачивает базис (x, y, z) вокруг оси Z, при этом ось Z не меняется, следующее вращение вокруг новой оси Y, а далее вокруг новой оси X.

При внешнем вращении каждый элементарный поворот вращает референсную систему. Первое вращение вокруг неподвижной оси Z, второе вокруг оси Y и третье вокруг оси X. Для СК NED положительное вращение вокруг оси Z есть угол курса, положительное вращение вокруг оси Y - угол тангажа, вокруг оси X – угол крена.

Ориентация математически может быть представлена через:

- Матрицу направляющих косинусов DCM;
- Углы Эйлера (ψ, θ, φ);
- Кватернион (q_0, q_1, q_2, q_3).

ГКВ выдает углы Эйлера и кватернион. Рассмотрим подробнее.

Углы Эйлера

Углы Эйлера описывают произвольное вращение абсолютно твердого тела в трехмерном евклидовом пространстве. Состоят из трех компонент (ψ, θ, φ), каждый угол – это внутреннее вращение вокруг одной оси.

Существует 12 допустимых последовательностей вращения, которыми можно описать «правильные» углы Эйлера (в которых повторяется ось вращения), и углы Тейта-Брайана (которые имеют 3 различные оси вращения) (таблица 3).

Таблица 3 – Углы Эйлера и Тейт-Брайана

| «Правильные» углы Эйлера | Углы Тейт-Брайана |
|--------------------------|-------------------|
| ZXZ | ZYX |
| XYX | XYZ |
| YZY | YZX |
| ZYZ | ZXY |
| XZX | XZY |
| YXY | YXZ |

Последовательность вращения ZYX называют карданными или навигационными углами. Последовательность углов ψ, θ, φ называются курсом (yaw), тангажом (pitch), креном (roll).

Кватернион

Подп. и дата
 Инв. № дубл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Кватернион — это система гиперкомплексных чисел, образующая векторное пространство размерностью четыре над полем вещественных чисел. Кватернион математически можно представить, как вектор (1.20).

$$q = [q_0 \ q_1 \ q_2 \ q_3]^T = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_{\{1..3\}} \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

где q_0 – вещественная часть скаляра, $q_{1..3}$ – вещественные составляющие вектора.

Работа алгоритма

$$\begin{aligned} pitch &= \arctan\left(\frac{A_X}{\sqrt{A_Y^2 + A_Z^2}}\right) \\ roll &= \arctan2(-A_Y, -A_X) \end{aligned} \quad (1.7)$$

В начале алгоритм определяет крен и тангаж согласно 1.7 по данным ускорения. Угол курса берётся из параметров (по умолчанию ноль), либо вычисляется из показаний магнитометра. Затем начинает работать фильтр Калмана, где постоянно происходит интегрирование показаний ДУС и корректирование ориентации по показаниям акселерометров и магнитометров, если коррекция по ним включена. Для магнитометров важно их откалибровать перед началом работы. Калибровка описана в разделе 5 RU.ЛМАП.502900-01 34-01РЭ

Для корректировки по акселерометрам есть два параметра: время усреднения Δt_{Alg} (секунды), и СКО корректировки σ_{Alg} (радианы).

В динамике акселерометры измеряют кажущееся ускорение a_{meas} , которое состоит из ускорения свободного падения g и линейного ускорения a_{lin} (рисунок 1.3). Если требуемые точности задачи не высоки, то можно усреднять a_{meas} в глобальной системе координат для получения вектора \tilde{a} , который дальше можно применять для корректировки ориентации. Схожесть вектор \tilde{a} и g зависит от характера движения и длительности усреднения (Δt_{Alg}). Также на точность полученной ориентацией влияет то, как сильно мы доверяем вектору \tilde{a} . Для этого используется параметр, задающий СКО ошибки корректировки (σ_{Alg}). Примерный диапазон значений параметра σ_{Alg} : 0.05 – 1 радиан. Оптимальное значение параметра подбирается эмпирически по проведённым экспериментам.

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

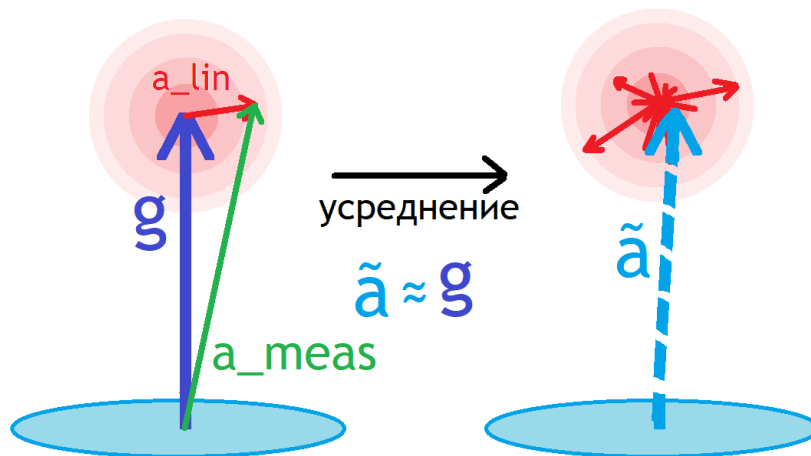


Рисунок 1.3 – Наглядное представление определения вектора \tilde{a}

После каждых Δt секунд накопления происходит корректировка ориентации по вектору \tilde{a} с сигмой σ .

1.4.3 Работа в составе оценочной платы

Предусмотрен комплект поставки ГКВ OEM, включающий ГКВ OEM и оценочную плату. Оценочная плата предназначена для быстрой настройки изделия, подключения плат расширения и удобной работы по отладке ГКВ OEM. Работа с ГКВ-1 OEM в составе оценочной платы описана в ЛМАП.468353.001РЭ.

Дополнительно оценочная плата предусматривает подключение внешних устройств, таких как ГНСС-приемники, 3G-модем для передачи поправок от базовой станции и др. В составе платы есть SD-карточка для записи и сохранения данных для работы с ними в дальнейшем (зарезервировано для будущего использования).

Примечания

1 Рекомендуется использовать режим "Наборный пакет" для получения необходимых параметров. Настроить ГКВ OEM можно согласно протоколу информационного взаимодействия ЛМАП.402131.009Д1 или использовать для настройки демонстрационное программное обеспечение (ПО), которое работает по этому же протоколу.

2 При выборе наборного пакета, необходимо следить за пропускной способностью выходного канала цифрового интерфейса.

3 ГКВ OEM имеет возможность обновления внутреннего ПО. Обновление происходит через демонстрационное ПО.

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

14

1.5 Назначение выводов

Стандартное назначение выводов показано в таблице 3. Нумерация контактов указана в приложении В.

Таблица 3 – Назначение основных выводов разъема ГКВ OEM

| Контакт | Цепь | Назначение |
|---|--------------------|---|
| 6 | UART MAIN TxD | Выход основного интерфейса UART |
| 7 | UART MAIN RxD | Вход основного интерфейса UART |
| 18 | UART AUX1 RxD | Вход дополнительного интерфейса UART |
| 19 | UART AUX1 TxD | Выход дополнительного интерфейса UART |
| 52 | UART AUX0 RxD | Вход дополнительного интерфейса UART |
| 53 | UART AUX0 TxD | Выход дополнительного интерфейса UART |
| 65 | UART AUX2 RxD | Вход дополнительного интерфейса UART |
| 66 | UART AUX2 TxD | Выход дополнительного интерфейса UART |
| 47 | CAN Rx | Цепи интерфейса CAN |
| 48 | CAN Tx | |
| 64 | 1PPS | Вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приемника |
| 16,33,50,67 | Напряжение питания | Положительный потенциал напряжения питания |
| 17,34,51,68 | Общий питания | Нулевой потенциал напряжения питания |
| Примечание – Контакты 11 и 12 не подключать ГНСС-приемники подключать к UART AUX1 (master) и UART AUX2 (rover) | | |

1.5.1 Цепи питания ГКВ OEM

Контакты 16,33,50,67 (Напряжение питания) и 17,34,51,68 (Общий питания) предназначены для подключения внешнего напряжения питания.

Внимание! Должны быть подключены все восемь контактов питания.

1.5.2 Цифровые интерфейсы

В качестве основного интерфейса применяется UART MAIN (контакты 6 и 7). Через данные интерфейсы осуществляется передача с частотой 1кГц вычисленных данных с момента включения и производится настройка и обновление ГКВ OEM.

В качестве дополнительных интерфейсов используются три порта UART

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

15

(контакты 52 и 53 – AUX0, 18 и 19 – AUX1, 65 и 66 – AUX2) и CAN (47 и 48). Данные интерфейсы настраиваются программно согласно протоколу информационного взаимодействия ЛМАП.402131.009Д1 и ЛМАП.402131.009Д2.

Подключение дополнительных внешних приборов и их протоколы взаимодействия согласовываются с производителем.

1.5.3 Сигналы синхронизации

Контакт 64 – вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приемника.

Значение входа синхронизации устанавливается в параметре «Статус» бит 0.

В приложении В можно ознакомиться со всеми контактами Таймер (32 bit).

1.6 Маркировка и пломбирование

Маркировка наносится на корпусе ГКВ в соответствии со сборочным чертежом. Маркировка должна содержать:

- Ключ/обозначение первого контакта;
- заводской номер;
- обозначение осей чувствительности.

Маркировка может содержать:

- обозначение изделия;
- товарный знак изготовителя.

Размеры маркировочных знаков и их цвет должны обеспечивать возможность чтения маркировки без применения увеличительных приборов.

Кодирование при маркировке изделия: ГКВ-1 OEM.

1.7 Упаковка

Упаковка представляет собой пластиковый кейс с легкой поролоновой вставкой и антистатический пакет. Размеры упаковки предусматривают размещение в ней остальных компонент изделия (см. состав изделия – 1.3).

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

16

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Предельные и предельно-допустимые режимы работы

2.1.1 Т.к. порты ГКВ OEM дублируют порты вычислителя, то предельные и предельно-допустимые режимы работы портов можно смотреть в документации на вычислитель STM32F765VGH6. Наименования портов ГКВ-1 OEM полностью соответствуют наименованию портов вычислителя.

В таблице 4 указаны предельные и предельно-допустимые режимы работы по питанию. Длительность воздействия предельных режимов не должна превышать 0,1 с в течение 10 мин.

Таблица 4 – Предельные и предельно-допустимые режимы работы

| Наименование характеристики | Предельно-допустимые | | Предельные | |
|------------------------------|----------------------|-------|------------|-------|
| | Мин. | Макс. | Мин. | Макс. |
| Напряжение в цепи питания, В | 3,1 | 3,5 | 3,1 | 3,5 |

Внимание! Несоблюдение данных условий эксплуатации может привести к выходу изделия из строя.

2.2 Подготовка изделия к использованию

2.2.1 Меры безопасности при подготовке изделия

Специальных мер безопасности при подготовке изделия не предьявляется.

2.2.2 Объем и последовательность внешнего осмотра изделия

Перед использованием необходимо выполнить внешний осмотр изделия и его составных частей.

На изделии не должно быть механических повреждений, следов коррозии и нарушений целостности пломбирования (при наличии). Допускается наличие небольших царапин и потертостей.

Маркировка изделия и его составных частей должна быть читаема и соответствовать прилагаемой эксплуатационной и сопроводительной документации.

2.2.3 Проверка готовности изделия к использованию

Проверка осуществляется один раз при первом включении изделия.

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

17

1) Выполнить внешний осмотр изделия в соответствии с п. 2.2.2.

2) Мы рекомендуем проводить проверку готовности изделия с помощью оценочной платы. Иначе потребитель может использовать свою оснастку с контактирующим устройством для тестирования.

2.1) Установить модуль на оценочную плату в КУ согласно схеме установки (ЛМАП.468353.001РЭ раздел 2.2.3).

2.2) Подключить питание согласно разделу 2.2.3 ЛМАП.468353.001РЭ. Подключить к ПК порт UART MAIN с помощью аппаратуры сопряжения.

2.3) Для проведения входного контроля модуля рекомендуется запустить на ПК демонстрационное ПО. С его работой можно ознакомиться в руководстве оператора RU.ЛМАП.502900-01 34 01.

Подробное описание входного контроля технических характеристик изделия с использованием оборудования производителя указано в RU.ЛМАП.502900-01 34 01.

3) Убедиться в корректности выдаваемой информации:

- убедиться в установленном алгоритме выдачи данных «данные с датчиков» во вкладке настройки в группе параметры;

- записать значение угловой скорости в покое, среднее значение угловой скорости за интервал не менее 10 с должно быть не более $\pm 0,25$ °/с;

- записать значение ускорения в покое, среднее значение длины вектора ускорения за интервал не менее 10 с ($\sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$) должно быть в пределах $(1 \pm 0,01)$ g.

- магнитометр должен выдавать изменяющиеся во времени сигналы, реагировать на вращения или на металлические предметы;

- барометр должен выдавать изменяющиеся во времени сигналы, реагировать на изменение давления (путем изменения высоты, например);

- подключить к ГКВ OEM навигационный приемник (один из вариантов подключения – с помощью оценочного комплекта и плат расширения) и установить антенну под открытым небом или в помещении с симулятором ГНСС сигналов (**Внимание! В зоне проверки должны отсутствовать помехи ГНСС**). Спустя 50 с после включения ГКВ OEM записать данные от ГНСС приемника. Координаты, выдаваемые ГКВ OEM должны соответствовать координатам проведения проверки или заданным на симуляторе.

В случае несоответствия выдаваемой информации запустить режим

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

18

самотестирования и считать показания статуса. Если в параметре «Статус» присутствуют отказы каналов угловой скорости или ускорения, то ГКВ OEM признается не прошедшим проверку, и в этом случае следует обратиться к производителю.

Примечание – следует иметь в виду, что при угловых скоростях, превышающих 2000 °/с статусы отказов также могут быть сформированы.

Примечание 2 – ГКВ OEM имеет возможность обновления внутреннего ПО. Обновление происходит через демонстрационное ПО.

2.2.4 Указание об ориентировании изделия

Ориентация осей ГКВ OEM указана в Приложении А и образует правую тройку. Положительным вращением считается вращение по часовой стрелке по направлению оси.

2.2.5 Указание об установке ГКВ OEM

2.2.5.1 Монтаж ГКВ OEM в устройство назначения рекомендуется производить в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61192-2–2010.

2.2.5.2 При установке ГКВ OEM необходимо совмещать контактные площадки ГКВ OEM и контактные площадки устройства назначения с точностью $\pm 0,1$ мм.

2.2.5.3 Монтаж ГКВ OEM рекомендуется вести припоями с низкой температурой плавления с соблюдением следующих условий:

- температура пайки не выше 220 °С по профилю согласно рис. 1;
- применяемый флюс – спирто-канифольный или аналогичный согласно

технологии изготовителя.

| | |
|--------------|--|
| Инд. № подл. | |
| Подп. и дата | |
| Взам. инв. № | |
| Инд. № дубл. | |
| Подп. и дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

19

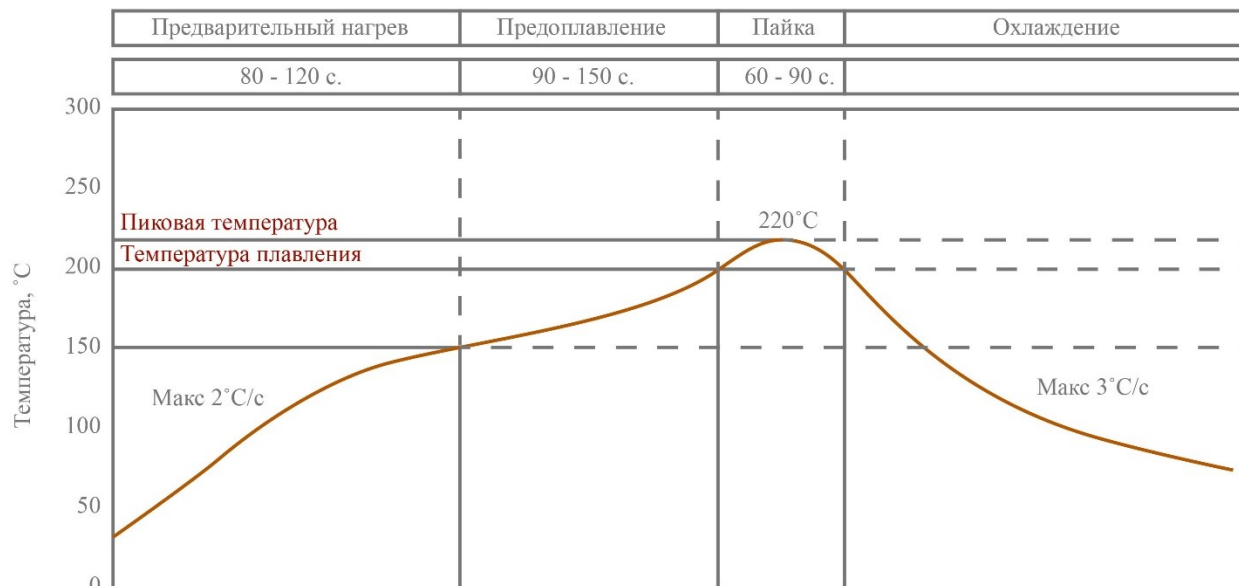


Рисунок 1 – Профиль пайки ГКВ OEM

2.2.5.5 Отмывку ультразвуком не проводить.

2.2.5.6 При работе с ГКВ OEM соблюдать требования по защите от статического электричества по ОСТ92-1615-2013.

2.2.6 Указания о взаимосвязи (соединении) ГКВ OEM с другими изделиями

ГКВ OEM подключается к другим изделиям согласно схеме назначения контактов (Приложение В). Для оперативного соединения ГКВ-1 OEM можно использовать отладочный комплект ЛМАП.468353.001.

2.2.7 Протокол информационного взаимодействия

Протокол информационного взаимодействия с изделием описан в ЛМАП.402131.009Д1.

2.2.8 Работа алгоритма AHRS с магнитометром

Для того, чтобы работать с алгоритмом AHRS необходимо сначала калибровать магнитометры с помощью демо ПО согласно разделу 5, RU.ЛМАП.502900-01 34 01, а затем настроить параметры алгоритма согласно разделу 3.2.4, RU.ЛМАП.502900-01 34 01 и разделу 7.10.3, ЛМАП.402131.009Д1.

| | |
|--------------|--|
| Подп. и дата | |
| Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | |

ЛМАП.402131.046РЭ

2.2.9 Перечень возможных неисправностей изделия в процессе его подготовки и рекомендации по действиям при их возникновении

1) Сбилась калибровка сигналов угловой скорости и ускорения или сигналы модуля не соответствуют пункту 2.2.3:

а) калибровка может быть неверной при стирании энергонезависимой памяти внутри модуля, которая может быть вызвана сбросом питания во время записи.

Внимание! Изменение настроек ГКВ OEM приводит к перезаписи флеш-памяти. В момент записи настроек питание ГКВ OEM должно быть стабильно. Если в момент изменения настроек происходит сброс питания, то данные с флеш-памяти могут быть потеряны, в том числе калибровочные коэффициенты. При ошибке во флеш-памяти ГКВ OEM необходимо заново обновить калибровочные коэффициенты через демонстрационное программное обеспечение ГКВ OEM (калибровочные коэффициенты лежат на флеш-накопителе в составе комплекта, а также они сохранены в базе данных производителя).

б) выбран диапазон измерения угловой скорости без калибровки. Для модуля может быть выбран диапазон из ряда ± 125 , ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 °/с (см. таблицу 1 а).

2) отказ канала угловой скорости и/или ускорения:

В параметр «Статус» выставлены значения (таблица 5)

Таблица 5 – «Статус» ГКВ OEM

| Биты | Обозначение |
|------|---|
| 3 | «1» – отказа АЦП. «0» - годность АЦП |
| 4 | «1» – отказ оси X канала угловой скорости |
| 5 | «1» – отказ оси Y канала угловой скорости |
| 6 | «1» – отказ оси Z канала угловой скорости |
| 7 | «1» – отказ оси X канала ускорения |
| 8 | «1» – отказ оси Y канала ускорения |
| 9 | «1» – отказ оси Z канала ускорения |

Если сбилась калибровка, можно обновить калибровочные коэффициенты при помощи демо ПО и mat-файла, которые находятся на flash-накопителе согласно руководству оператора RU.ЛМАП.502900-01 34 01 (При возникновении трудностей при настройке, можно обращаться на support@mp-lab.ru или по телефону).

Если выбран диапазон измерения без калибровки, необходима перекалибровка

| |
|--------------|
| Подп. и дата |
| Инв. № дубл. |
| Взам. инв. № |
| Подп. и дата |
| Инв. № подл. |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

21

Приложение А
 Внешний вид ГКВ OEM
 (справочное)

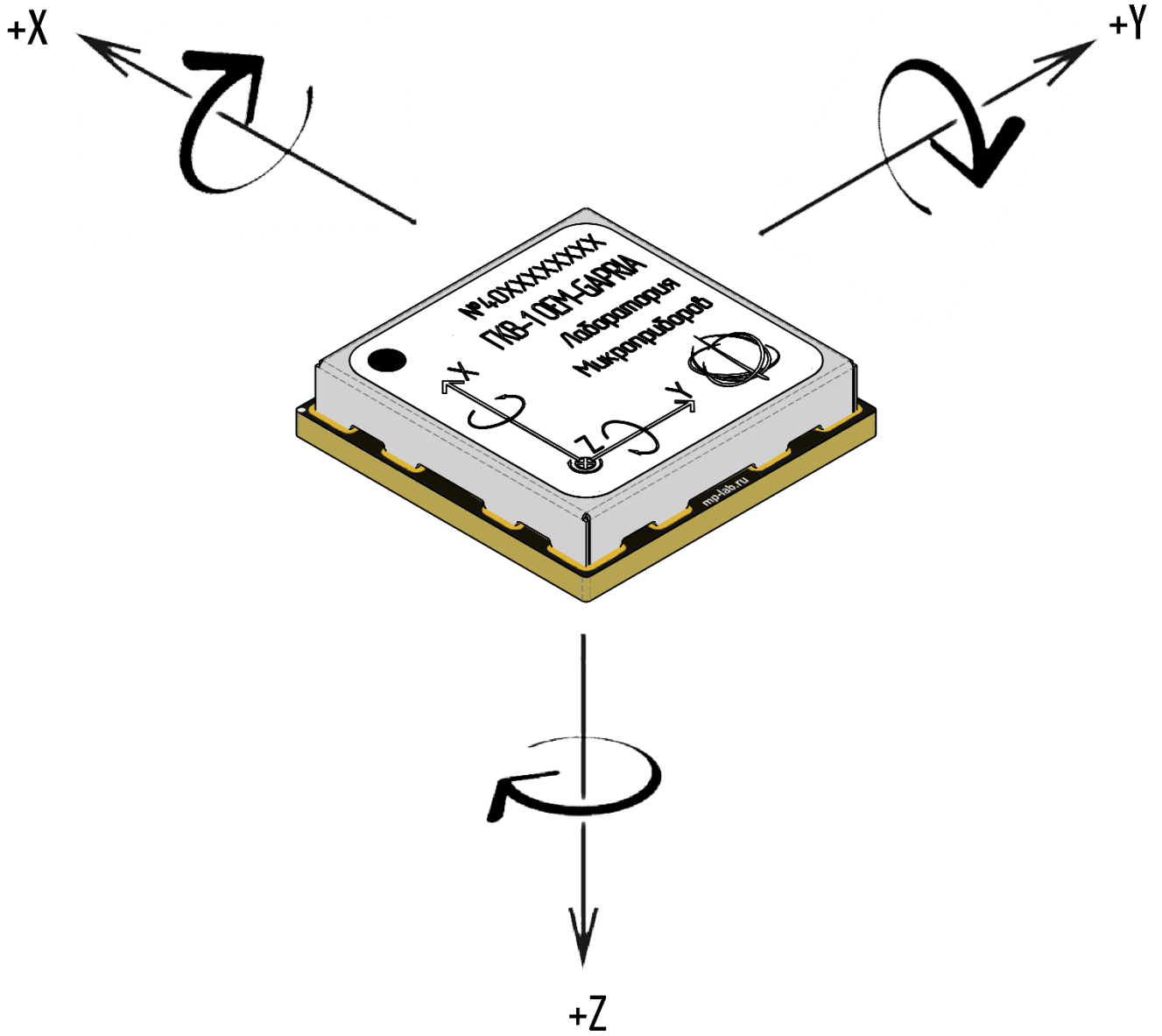


Рисунок А.1 – Общий вид ГКВ-1 OEM и ориентация осей

| | |
|---------------|---------------|
| Инов. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инов. № дубл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ

Приложение Б

Габаритные, установочные и присоединительные размеры

(справочное)

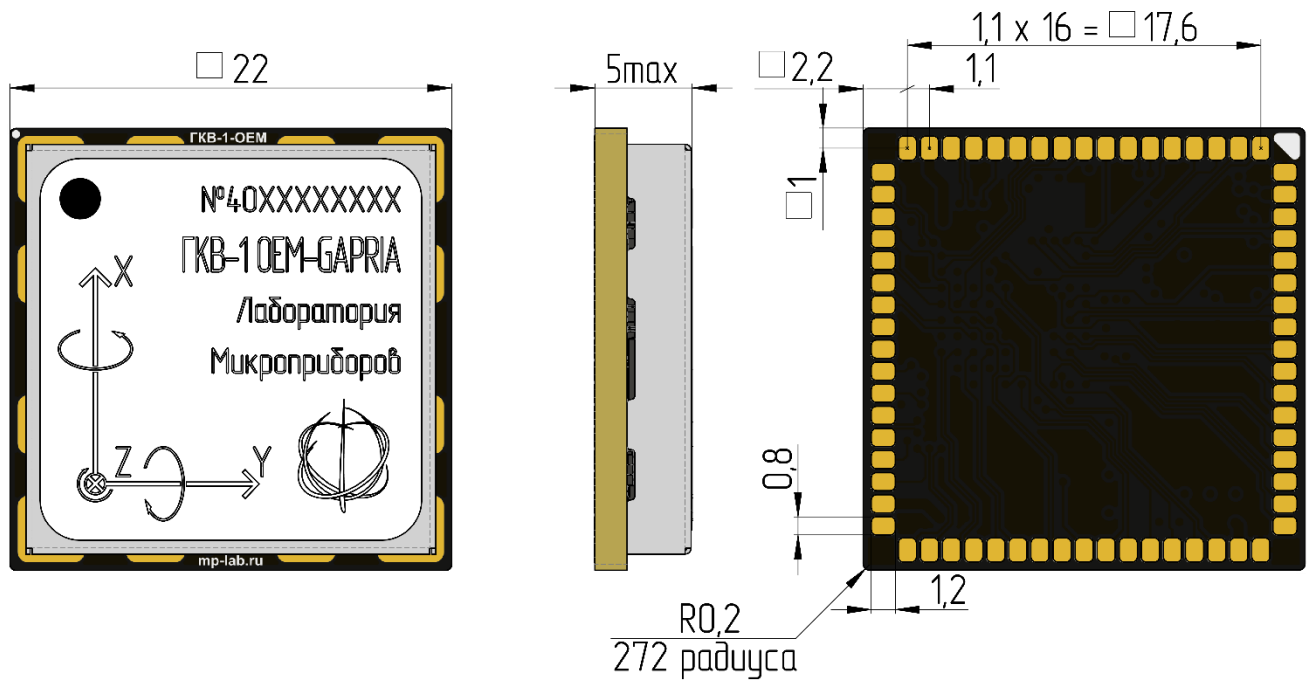


Рисунок Б.1 – Габаритный чертеж ГКВ-1 ОЕМ

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | ЛМАП.402131.046РЭ | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 26 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | |

Приложение В

Обозначение контактов

(справочное)

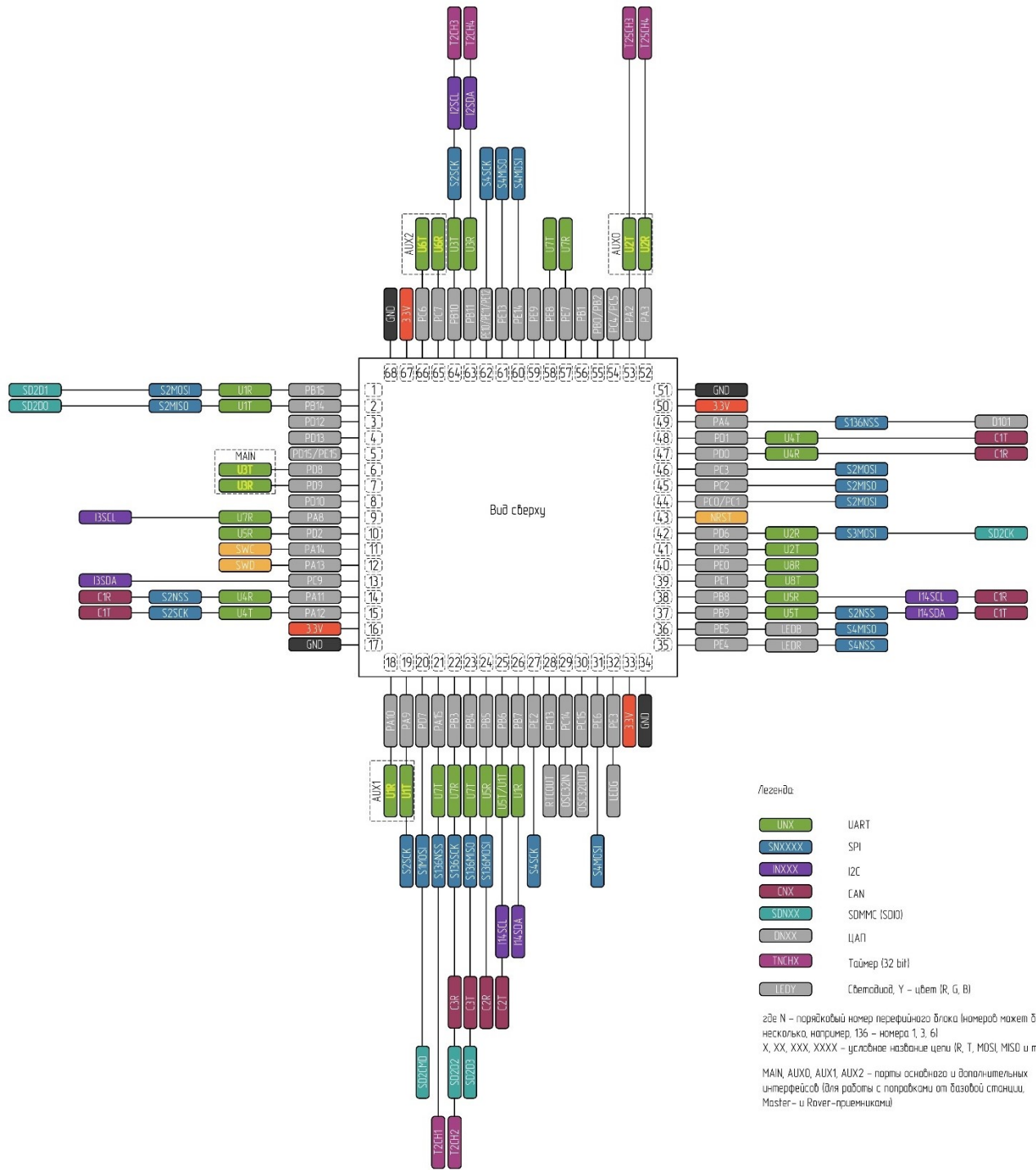


Рисунок В.1 – Полное назначение контактов ГКВ-1 OEM

| | | | | |
|------|------|----------|-------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | | | | |

Инд. № подл.

Взам. инв. №

Инд. № дубл.

Подп. и дата

Приложение Г
Внешний вид отладочного комплекта (ОК)
(справочное)

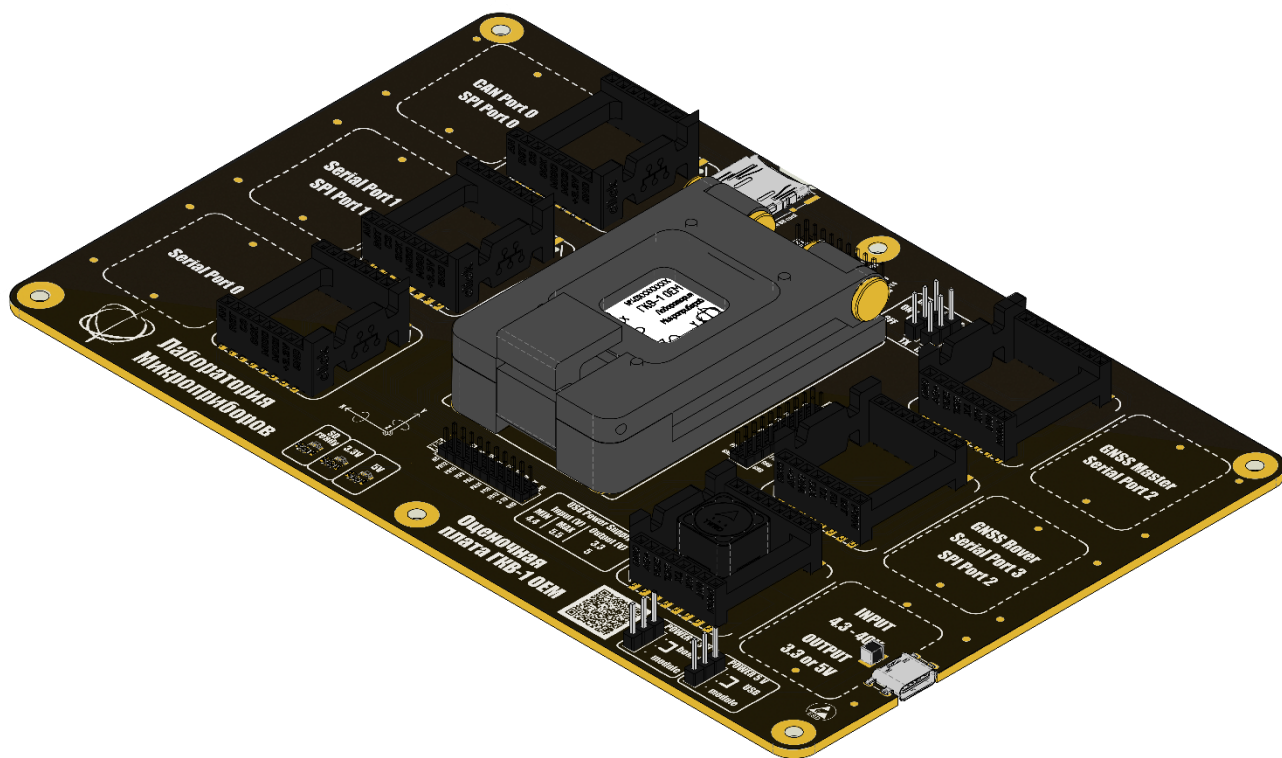


Рисунок Г.1 – Общий вид ОК

Комплект поставки:

- 1) Модуль инерциальный ГКВ-1 OEM;
- 2) Упаковка;
- 3) Этикетка;
- 4) Оценочная плата;
- 5) Флеш-накопитель;
- 6) Кабель USB-C;
- 7) Модули расширения (по требованию/по назначению);
- 8) Антенны ГНСС (если предусмотрены модули с ГНСС);
- 9) Антенны 3G (если предусмотрены модули NTRIP модема);
- 10) Крепеж.

Модули расширения, возможные для поставки согласно Таблице Г.1.

| | | | |
|--------------|--|--------------|--|
| Подп. и дата | | Инв. № дубл. | |
| Взам. инв. № | | Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | | Изм | |

| | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | |

ЛМАП.402131.046РЭ

Лист

28

Таблица Г.1 – Модули расширения

| | |
|--|--|
|  <p>Модуль GNSS RTK ZED-F9P</p> | <p>Модуль GNSS RTK ZED-F9P предназначен для определения координат с сантиметровой точностью (технология RTK). Содержит двухчастотный GNSS-приемник ZED-F9P (производитель U-blox). Комплект из двух модулей позволяет вычислять курс в статике.</p> |
|  <p>Модуль GNSS RTK UM982</p> | <p>Модуль GNSS RTK UM982 предназначен для определения координат с сантиметровой точностью (технология RTK). Содержит многочастотный GNSS-приемник UM982, поддерживающий работу с двумя антеннами.</p> |
|  <p>Модуль питания DC/DC</p> | <p>Модуль питания DC/DC предназначен для получения выходного напряжения величиной 3,3 В или 5 В за счет понижающего стабилизатора напряжения с широким диапазоном входных напряжений.</p> |
|  <p>Модуль Ethernet-UART</p> | <p>Модуль Ethernet-UART предназначен для организации моста между последовательным интерфейсом UART и сетью Ethernet.</p> |

| | |
|---------------|---------------|
| Инва. № подл. | Подп. и дата |
| Взам. инв. № | Инва. № дубл. |
| Подп. и дата | |

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

ЛМАП.402131.046РЭ



Модуль RS422/485-UART

Модуль RS422/485-UART предназначен для организации моста между UART интерфейсом и коммуникационной шиной RS422 или RS485 (в 4-х проводном или 2-х проводном режимах), что обеспечивает возможность использовать полнодуплексную или полудуплексную связь.



Модуль RS232-UART

Модуль RS232-UART предназначен для организации моста между UART и коммуникационной шиной RS232, что обеспечивает возможность использовать проводной дуплексный интерфейс.



Модуль CAN

Модуль CAN предназначен для взаимодействия по CAN интерфейсу, совместимого с требованиями физического уровня CAN ISO 11898.



Модуль USB-UART

Модуль USB-UART предназначен для организации моста между USB и UART интерфейсами, что позволяет ГКВ-1 OEM и другим внешним устройствам на базе микроконтроллеров взаимодействовать с ПК. Подключение к ПК производится посредством разъема USB-C.

Инва. № подл. Подп. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| | | | | |

ЛМАП.402131.046РЭ



Модуль NTRIP GSM

Модуль NTRIP GSM предназначен для передачи поправок от ГНСС базовых станций через сеть 3G от кластера или напрямую, а также передачи поправок от базовой станции в кластер или напрямую (клиент-сервер).



Модуль Terminal

Модуль Terminal предназначен для простого и элегантного внешнего проводного подключения к оценочной плате ГКВ-1 OEM и другим внешним устройствам за счет расширения сокетa mikroBUS.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | ЛМАП.402131.046РЭ | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 31 |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | |

Лист регистрации изменений

| <i>Изм.</i> | <i>Номера листов (страниц)</i> | | | | <i>Всего листов (страниц) в докум.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Входящий № сопроводительного докум. и дата</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> |
|-------------|--------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|--|---------------------|---|--------------|-----------------|
| | <i>измененных</i> | <i>замененных</i> | <i>новых</i> | <i>аннулированных</i> | | | | | |
| <i>1</i> | | <i>Все</i> | | | <i>33</i> | <i>ЛМАП.14-2023</i> | | | <i>30.01.23</i> |
| <i>2</i> | | <i>Все</i> | | | <i>33</i> | <i>ЛМАП.1-2025</i> | | | <i>14.01.25</i> |
| <i>3</i> | | <i>Все</i> | | | <i>33</i> | <i>ЛМАП.9-2025</i> | | | <i>20.01.25</i> |