

Утвержден  
ЛМАП.402131.059-ЛУ

МОДУЛЬ ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ

ГКВ-4

Руководство по эксплуатации

ЛМАП.402131.059РЭ

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



## ВВЕДЕНИЕ

Руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с техническими характеристиками, условиями эксплуатации ГКВ-4 (далее – изделие или ГКВ), а также для их настройки, транспортирования и хранения.

ГКВ состоит из триады МЭМС-датчиков угловой скорости, триады МЭМС-акселерометров, магнитометра, барометра, высокопроизводительного вычислителя и необходимой периферии.

ГКВ-4 – стабильный и точный инерциальный модуль, который подходит для задач, где важен баланс массогабаритных характеристик и стабильности.

К работе с ГКВ 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.

Условное обозначение изделия в конструкторской документации и при заказе:

Модуль инерциальный ГКВ-4-GAPRIA ЛМАП.402131.059ТУ,

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 может выйти из строя.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

3

# 1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

## 1.1 Назначение изделия

ГКВ – стабильный и точный инерциальный модуль, который предназначен для измерения инерциальных воздействий, а также вычисления ориентации и навигации с коррекцией от внешних источников, например, ГНСС-приёмников.

Напряжение питания, в зависимости от исполнения:

- 3,3 В;
- 5 В.

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

Масса не более 15 г.

Габаритные размеры не более 23,7 x 23,7 x 10 мм.

## 1.2 Технические характеристики

### 1.2 Технические характеристики

Список возможных интерфейсов представлен ниже:

UART (Serial port 0, 1);

CAN.

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

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

4

Технические характеристики изделия представлены в таблице 1.

Таблица 1 а – Метрологические характеристики канала угловой скорости

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения угловой скорости, °/с	±400
Смещение нуля в диапазоне рабочих температур не более, °/с	± 0,08
Нелинейность выходного сигнала не более, %	0,05
Нестабильность смещения нуля (по вариации Аллана) не более, °/ч	6
Случайное угловое блуждание (по вариации Аллана) не более, °/√ч	0,1

Таблица 1 б – Метрологические характеристики канала ускорения

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения ускорения, g	±10 <sup>1</sup>
Смещение нуля в диапазоне рабочих температур не более, mg	±5
Нелинейность выходного сигнала не более, %	0,1
Нестабильность смещения нуля (по вариации Аллана) не более, mg	0,025
Случайное блуждание скорости (по вариации Аллана) не более, (м/с)/√ч	0,04

Примечание:

1– диапазоны задаются программно из ряда ±10, ±40 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 ГКВ-4-GA4RIA ГКВ-4-GA5RIA	от 4,75 до 5,25 от 3,1 до 3,5
Номинальная потребляемая мощность, Вт	0,2
Скорость обмена по интерфейсам, не более, мбит/с	3
Масса, не более, кг	0,015

Таблица 1 г – Метрологические характеристики канала магнитометра

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

5

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения, мТл	$\pm 0,8$
Шум, не более, при рабочей полосе 100 Гц, мкТл	0,12

Таблица 1 д – Метрологические характеристики канала барометра

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения, кПа	26 – 126
Шум, Па	$\pm 0,7$

Таблица 1 е – Основные характеристики системы ориентации

Наименование характеристики	Значение
Погрешность тангажа и крена (абсолютная) не более:	
- с коррекцией по акселерометрам <sup>1</sup> , °	0,2
- с коррекцией по ГНСС, °	0,05
Погрешность курса с коррекцией по ГНСС не более <sup>2</sup> , °	0,15
Погрешность курса с коррекцией по ГНСС в RTK не более <sup>2</sup> , °	0,1
Погрешность магнитного курса не более	
- при предварительной калибровке по записи вращений	2
- при калибровке с ГНСС <sup>3</sup>	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 – калибровка в движении с полной коррекцией не менее 10 мин.	

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

6

По внешним воздействующим факторам ГКВ:

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

Таблица 1 ж – Параметры широкополосной вибрации

Оси	Диапазон частот, Гц	Среднеквадратическое значение суммарного ускорения, м/с <sup>2</sup> (g)
X, Y, Z	20-2000	100 (10)

– стойкий к воздействию механического удара однократного действия с пиковым ударным ускорением 1000 м/с<sup>2</sup> (200 g) и длительностью действия ударного ускорения от 0,5 – 2 мс;

– стойкий к воздействию механического удара многократного действия с пиковым ударным ускорением 500 м/с<sup>2</sup> (50 g) и длительностью ударного ускорения от 1 до 5 мс;

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

– стойкий к воздействию повышенной температуры окружающей среды плюс 70 °С;

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

– прочный к изменению температуры окружающей среды от минус 40 до плюс 70 °С.

Превышение заявленных значений ШСВ и ударов однократного действия могут привести к необратимой деградации передаточных характеристик модуля.

### 1.3 Состав изделия

Комплект поставки:

- 1) Модуль инерциальный ГКВ-4;
- 2) Упаковка;
- 3) Этикетка;
- 4) Разъем CLM-110-02-H-D, Samtec;
- 5) Флеш-накопитель<sup>1</sup> со всей необходимой для эксплуатации информацией.

**Примечание:**

- 1) Флеш-накопитель поставляется в количестве 1 шт. на партию.

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

7

2) По запросу для оперативного подключения модуля к ПК возможно доукомплектование партии оценочной платой (внешний вид согласно приложению В). За подробностями обращаться в отдел продаж ([sales@mp-lab.ru](mailto:sales@mp-lab.ru) или по телефону).

ГКВ поставляется в исполнениях согласно таблице 2.

Таблица 2 – Исполнения ГКВ

ГКВ-4	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		
	±400	±10	±40	3,1 – 3,5	4,75 – 5,25	Нет приемника	UART	IMU (Блок датчиков)	AHRS (Ориентация)	INS (Полная навигация)
Значения	4	1	2	5	4	0	2	1	2	3

Пример запроса: ГКВ-4-415022 означает следующее:

Диапазон угловой скорости по трем осям –  $\pm 400$  °/с;

Диапазон ускорения по трем осям –  $\pm 10$  g;

Диапазон входного напряжения – 3,1 – 3,5 В;

ГНСС-приёмник – Нет приёмника;

Интерфейс – UART;

Алгоритм – AHRS (Ориентация).

#### 1.4 Устройство и работа

ГКВ состоит из триады датчиков угловой скорости, трёхосевого акселерометра, магнитометра, а также барометра и вычислителя. Датчики угловой скорости и акселерометр каждого ГКВ индивидуально калибруются в диапазоне рабочих температур.

##### 1.4.1 Общие сведения о работе изделия

ГКВ предназначен для выдачи данных инерциальных датчиков. Данные от инерциальных датчиков выдаются в калиброванном виде (а также могут передаваться

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

в кодах АЦП, т.е. без калибровки). По умолчанию ГКВ настроен на выдачу калиброванных данных с датчиков (тип пакета 0x0B), если иное не обговорено с заказчиком. Набор выдаваемых данных устанавливается в «Наборном пакете» (тип 0x27).

#### 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.

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

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

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

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

9

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,  $\alpha$  и  $\beta$ . Вычисляются по данным линейного ускорения, согласно формулам 1.5.

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

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).

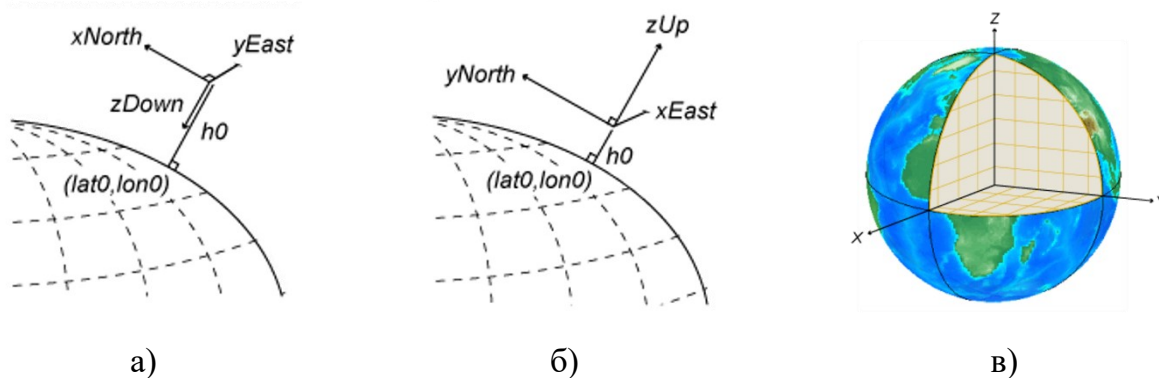
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

10



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.

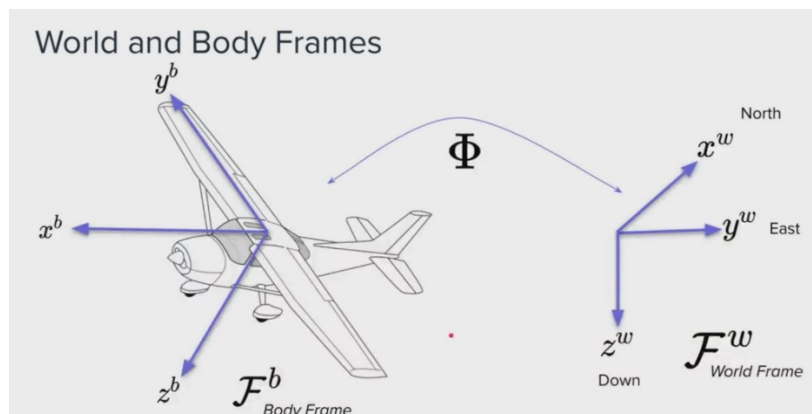


Рисунок 1.2 – Поворот СК

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

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

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

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 ( $\psi, \theta, \phi$ );
- 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 ( $\psi, \theta, \phi$ ), 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-Брайна
ZXZ	ZYX
XYX	XYZ
YZY	YZX
ZYZ	ZXY
XZX	XZY
YXY	YXZ

Последовательность вращения ZYX называют карданными или навигационными углами. Последовательность углов  $\psi, \theta, \phi$  называются курсом (yaw), тангажом (pitch), креном (roll).

### Кватернион

Кватернион — это система гиперкомплексных чисел, образующая векторное пространство размерностью четыре над полем вещественных чисел. Кватернион математически можно представить, как вектор (1.6).

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

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

### Работа алгоритма

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

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.

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

Для корректировки по акселерометрам есть два параметра: время усреднения  $\Delta t_{alg}$  (секунды), и СКО корректировки  $\sigma_{alg}$  (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 ( $\Delta t_{alg}$ ). Также на точность полученной ориентацией влияет то, как сильно мы доверяем вектору  $\tilde{a}$ . Для этого используется параметр, задающий СКО ошибки корректировки ( $\sigma_{alg}$ ). Примерный диапазон значений параметра  $\sigma_{alg}$ : 0.05 – 1 радиан. Оптимальное значение параметра подбирается эмпирически по проведённым экспериментам.

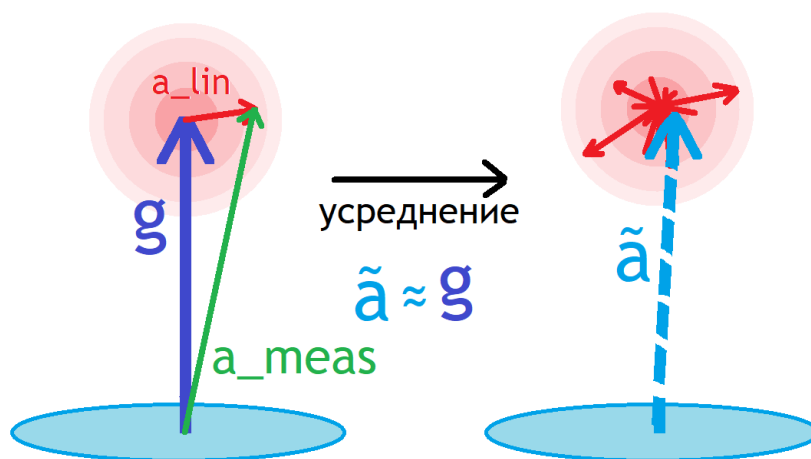


Рисунок 1.3 – Наглядное представление определения вектора  $\tilde{a}$

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

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



## 1.5 Назначение выводов

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

Таблица 3 – Назначение основных выводов разъема ГКВ

Конт.	Цепь	Назначение
3	GND	Общий питания
4	GND	Общий питания
8	GND	Общий питания
15	GND	Общий питания
10	Uvx	Напряжение питания 3,3 В <sup>1</sup>
11	Uvx	Напряжение питания 3,3 В <sup>1</sup>
12	Uvx	Напряжение питания 3,3 В <sup>1</sup>
7	UART0 TxD	Выход и вход интерфейса UART основного порта (Serial port 0)
9	UART0 RxD	
13	Sync_IN/1PPS	Вход сигнала синхронизации/Вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приемника
14	Sync OUT	Выход сигнала синхронизации
16	nRST <sup>3</sup>	Аппаратный сброс (активный уровень — лог. 0)
17	UART1 RxD	Выход и вход интерфейса UART дополнительного порта 1 (Serial port 1)
18	UART1 TxD	
19	CANH	Интерфейс CAN
20	CANL	

### Примечание

1 – исполнение ГКВ-4-GA5RIA, для исполнения ГКВ-4-GA4RIA напряжение 5 В;

2 – необходимо подключать все цепи питания;

3 – в модуль встроен супервизор с открытым стоком.

### 1.5.1 Цепи питания ГКВ

Контакты 10, 11, 12 (Напряжение питания) и контакты 3, 4, 8, 15 (Общий питания) предназначены для подключения внешнего напряжения питания.

**ВНИМАНИЕ:** Должны быть подключены все семь контактов питания.

### 1.5.2 Цифровые интерфейсы

Список возможных интерфейсов представлен ниже:

UART (Serial port 0, 1);

CAN.

В качестве основного (Serial port 0) интерфейса применяется UART (контакты 7 и 9). Через данный интерфейс осуществляется передача с частотой 1кГц вычисленных данных с момента включения и производится настройка и обновление ГКВ.

В качестве дополнительного интерфейса (Serial port 1) используется UART

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

15

(контакты 17 и 18).

Также в ГКВ реализован CAN-интерфейс.

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

### 1.5.3 Сигналы синхронизации

Контакт 13 – вход сигнала синхронизации/вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приемника и контакт 14 – выход сигнала синхронизации.

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

### 1.6 Маркировка и пломбирование

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

- 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 согласно таблице 2.

### 1.7 Упаковка

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

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

16

## 2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

### 2.1 Предельные и предельно-допустимые режимы работы

2.1.1 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				
- ГКВ-4-GA4RIA	4,75	5,25	4,75	5,25
- ГКВ-4-GA5RIA	3,1	3,5	3,1	3,5

Примечание – Присутствует защита от всплесков по всем цепям, кроме цепей CANH и CANL.

**ВНИМАНИЕ: НЕСОБЛЮЖДЕНИЕ 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 предъявляется.

#### 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).

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.

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

2) Подключение ГКВ

2.1) Рекомендуется подключить модуль с помощью оценочной платы

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

17

(Приложение В) к ПК. Установить модуль согласно рисунку 1.



Рисунок 1 – Установка модуля в оценочную плату

Подключить плату через кабель USB-C к ПК.

2.2) 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  $\pm 0,08$  °/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  $(1 \pm 0,005)$  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 (путём изменения высоты, например).

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

18

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

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

#### **2.2.4 Указание об ориентировании изделия**

Ориентация осей ГКВ 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**

2.2.5.1 Допустимая плоскостность установки ГКВ не более 0,03 мм на площадь 0,35 см<sup>2</sup>. Шероховатость установочной поверхности не должна быть более  $\sqrt{Ra}2.5$ .

2.2.5.2 Заземление изделия ГКВ не требуется.

#### **2.2.6 Указания о взаимосвязи (соединении) ГКВ с другими изделиями**

ГКВ подключается к другим изделиям согласно таблице 3.

#### **2.2.7 Протокол информационного взаимодействия**

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

#### **2.2.8 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 приводит к перезаписи флеш-памяти. В момент записи настроек питание ГКВ должно быть стабильно. Если в момент изменения настроек происходит сброс питания, то данные с флеш-памяти могут быть

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

19

потеряны, в том числе калибровочные коэффициенты. При ошибке во флеш-памяти ГКВ необходимо заново обновить калибровочные коэффициенты через демонстрационное ПО (калибровочные коэффициенты лежат на флеш-накопителе в составе комплекта, а также они сохранены в базе данных производителя).

2) отказ канала угловой скорости и/или ускорения:

В параметр «Статус» выставлены значения (таблица 5).

Таблица 5 – «Статус» ГКВ

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

При возникновении отказа каналов, необходимо вернуть изделие производителю.

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

Если необходим диапазон измерения ускорения не по умолчанию, необходима перекалибровка у производителя (для этого необходимо отправить датчик в офис ООО ЛМП).

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

20

### 3 ХРАНЕНИЕ

3.1 До установки в основное изделие ГКВ позволяет хранение в собственной упаковке в течение полугода в отапливаемых складских условиях при НКУ.

3.2 Требования к условиям хранения устанавливаются с учётом ГОСТ 9.014.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛМАП.402131.059РЭ	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Приложение А  
 (справочное)  
 Внешний вид ГКВ

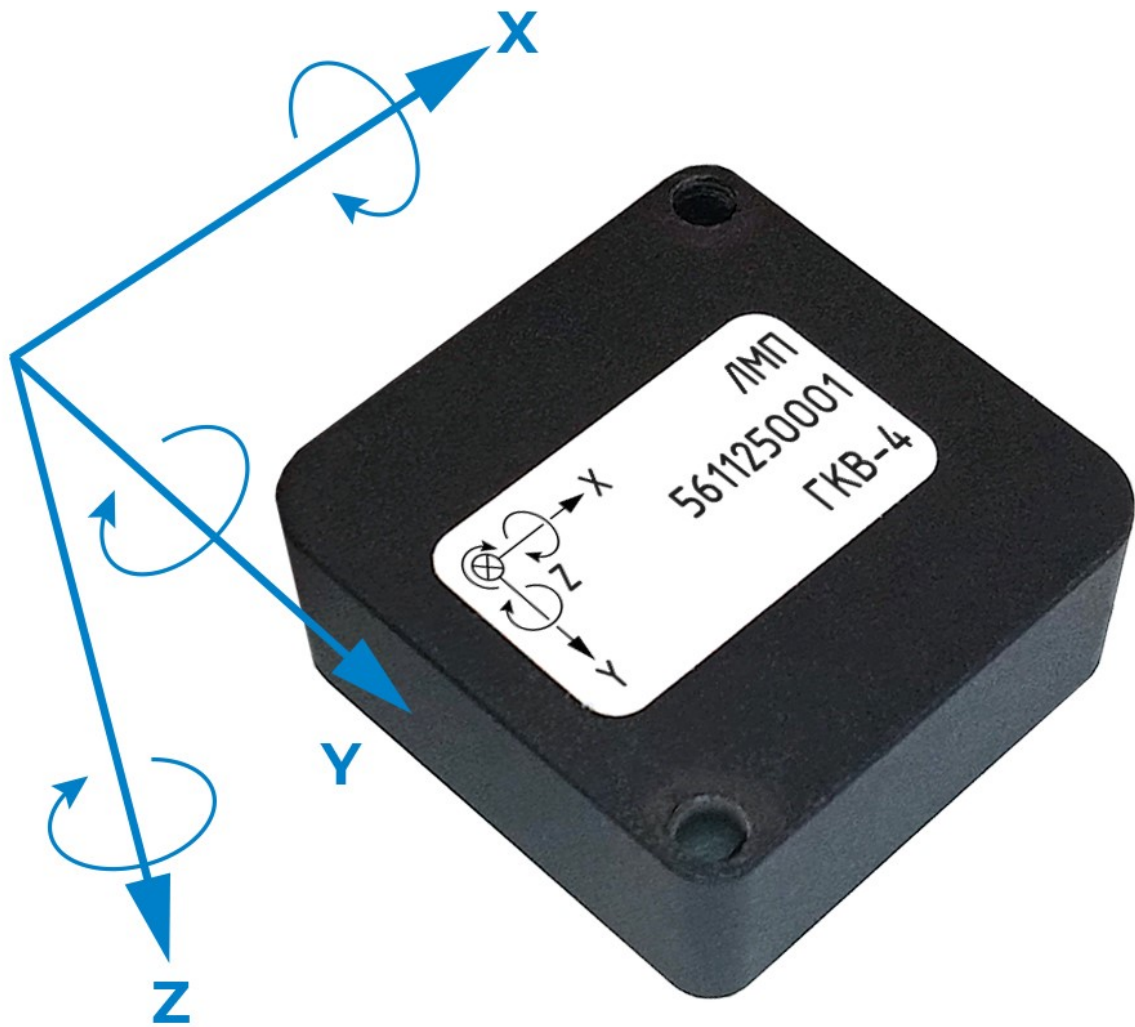


Рисунок А.1 – Общий вид ГКВ-4 и ориентация осей

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

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

ЛМАП.402131.059РЭ

Лист

23

Приложение Б

(справочное)

Габаритные, установочные и присоединительные размеры

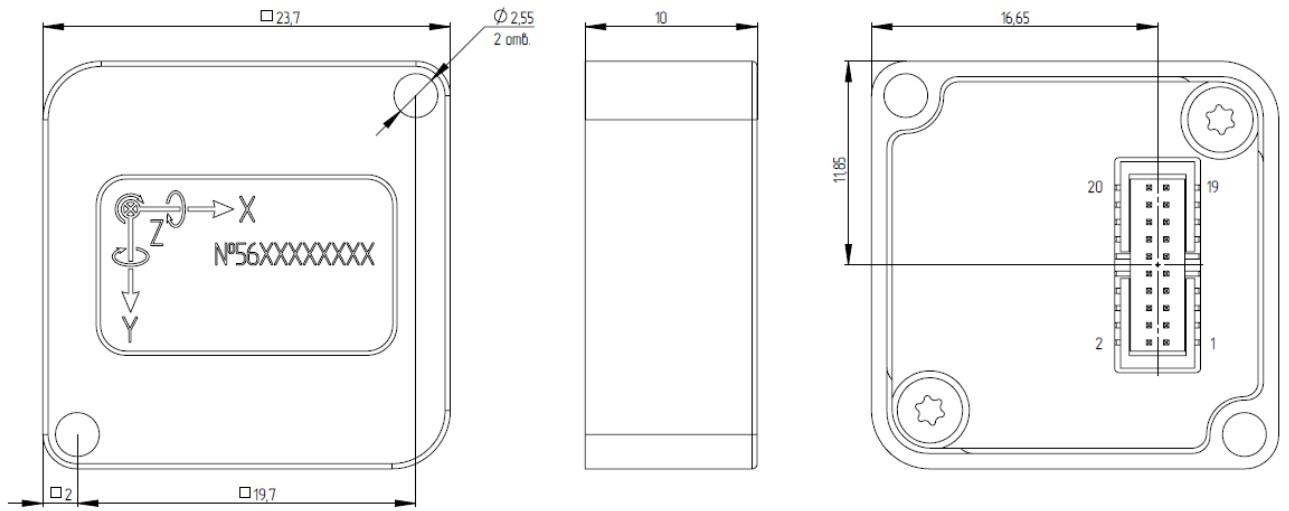


Рисунок Б.1 – Габаритный чертёж ГКВ-4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛМАП.402131.059РЭ					Лист
										24
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Приложение В

(справочное)

Внешний вид оценочной платы

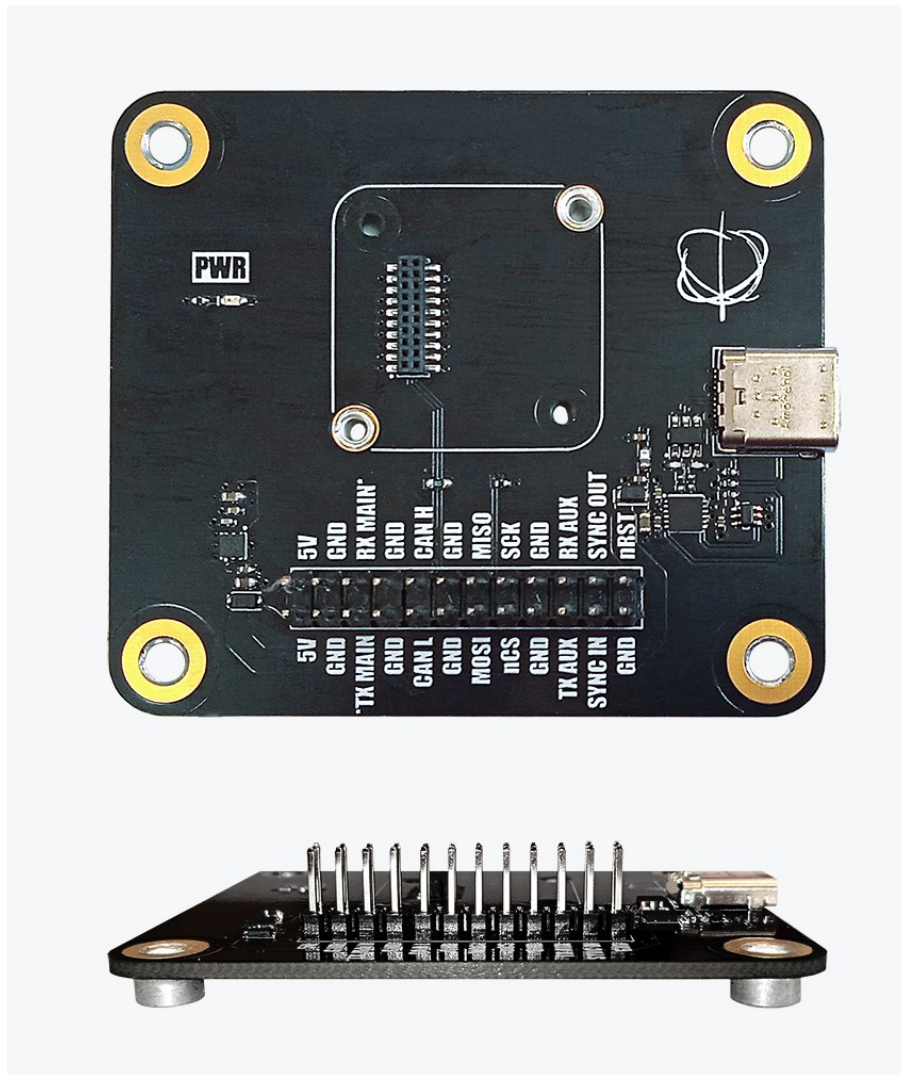


Рисунок В.1 – Внешний вид оценочной платы

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Изм	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	

