

Утвержден
ЛМАП.402131.057-ЛУ

МОДУЛЬ ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ

ГКВ-0

Руководство по эксплуатации

ЛМАП.402131.057РЭ

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

Перв. примен.	ЛМАП.402131.057	СОДЕРЖАНИЕ	
		ВВЕДЕНИЕ	3
Справ. №		1 Описание и работа	4
		1.1 Назначение изделия	4
Подп. и дата		1.2 Технические характеристики.....	4
		1.3 Состав изделия	7
Изм. № дубл.		1.4 Устройство и работа	9
		1.5 Назначение выводов	15
Взам. инв. №		1.6 Маркировка и пломбирование.....	16
		1.7 Упаковка	16
Подп. и дата		2 Использование по назначению	17
		2.1 Предельные и предельно-допустимые режимы работы	17
Инд. № подл.		2.2 Подготовка изделия к использованию.....	17
		2.2.1 Меры безопасности при подготовке изделия.....	17
Подп. и дата		2.2.2 Объем и последовательность внешнего осмотра изделия	17
		2.2.3 Проверка готовности изделия к использованию	17
Изм. № дубл.		2.2.4 Указание об ориентировании изделия	19
		2.2.5 Указание об установке ГКВ.....	19
Взам. инв. №		2.2.6 Указания о взаимосвязи (соединении) ГКВ с другими изделиями.....	20
		2.2.7 Протокол информационного взаимодействия	20
Подп. и дата		2.2.8 Перечень возможных неисправностей изделия в процессе его подготовки и рекомендации по действиям при их возникновении.....	20
		3 Хранение.....	22
Инд. № подл.		4 Транспортирование.....	23
		Приложение А Внешний вид ГКВ	24
Подп. и дата		Приложение Б Габаритные, установочные и присоединительные размеры.....	25
		Приложение В Внешний вид оценочной платы	26

ЛМАП.402131.057РЭ

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Захаров			Модуль инерциальный ГКВ-0	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Каменский					2	27
Н.отд								
Н.контр.		Петрова						
Утв.								

Руководство по эксплуатации

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с техническими характеристиками, условиями эксплуатации ГКВ-0 (далее – изделие или ГКВ), а также содержит указания по его настройке, транспортированию и хранению.

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

ГКВ-0 – 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-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057-XX
ЛМАП.402131.057ТУ,

где G – диапазон измерения угловой скорости по осям чувствительности;

A – диапазон измерения ускорения.

P – напряжение питания;

R – ГНСС-приемник;

I – интерфейс;

A – алгоритм;

XX – номер исполнения.

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

Несоблюдение условий и требований, указанных в РЭ, может привести к выходу ГКВ из строя.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЛМАП.402131.057РЭ

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 3,3 В.

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

Масса не более 0,7 г.

Габаритные размеры не более 12,3 x 12,3 x 3,2 мм.

1.2 Технические характеристики

1.2 Технические характеристики

Информационный обмен производится по интерфейсу UART (Serial port 0, 1). 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.402131.057РЭ				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	± 0,2
Нелинейность выходного сигнала не более, %	0,05
Нестабильность смещения нуля (по вариации Аллана) не более, °/ч	8
Случайное угловое блуждание (по вариации Аллана) не более, °/√ч	0,25

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
Нелинейность выходного сигнала не более, %	0,1
Нестабильность смещения нуля (по вариации Аллана) не более, mg	0,05
Случайное блуждание скорости (по вариации Аллана) не более, (м/с)/√ч	0,055

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
Номинальная потребляемая мощность, Вт	0,05
Скорость обмена по интерфейсам не более, Мбит/с	3
Масса не более, кг	0,007
Габаритные размеры, мм	
ЛМАП.402131.057	12,1x12,1x2,3
ЛМАП.402131.057-01	12,1x12,1x2,6
ЛМАП.402131.057-02	12,1x12,1x3,1
ЛМАП.402131.057-03	12,1x12,1x3,1

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.402131.057РЭ

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 ¹ , °	0,8
- с коррекцией по ГНСС, °	0,5
Погрешность курса с коррекцией по ГНСС не более ² , °	1,5
Погрешность курса с коррекцией по ГНСС в RTK не более ² , °	1
Погрешность магнитного курса не более	
- при предварительной калибровке по записи вращений	2
- при калибровке с ГНСС ³	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.402131.057РЭ

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 ² (g)
X, Y, Z	20-2000	100 (10)

– 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;

– 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.

1.3 Состав изделия

Комплект поставки:

- 1) Модуль инерциальный ГКВ-0;
- 2) Упаковка;
- 3) Этикетка.

Условное обозначение изделия в конструкторской документации и при заказе:

Модуль инерциальный ГКВ-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057-XX
ЛМАП.402131.057ТУ,

где G – диапазон измерения угловой скорости по осям чувствительности;

A – диапазон измерения ускорения.

P – напряжение питания;

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

7

R – ГНСС-приемник;

I – интерфейс;

A – алгоритм;

XX – номер исполнения.

ГКВ поставляется в исполнениях согласно таблице 2 и 3.

Таблица 2 – Исполнения ГКВ

ГКВ-0	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							
Значения	5	6	1	5	0	2	1	2	3

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

8

Таблица 3 – Исполнения ГКВ по конструкторской документации

Обозначение	Примечание
ГКВ-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057	Магнитометр и барометр не установлены
ГКВ-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057-01	Магнитометр установлен
ГКВ-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057-02	Барометр установлен
ГКВ-0-GAPRIA ЛМАП.402131.057-03	Магнитометр и барометр установлены

Пример запроса: Модуль инерциальный ГКВ-0-515022 ЛМАП.402131.057-02 ЛМАП.402131.057ТУ означает следующее:

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

Диапазон ускорения по трём осям – ± 10 g;

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

ГНСС-приёмник – Нет приёмника;

Интерфейс – UART;

Алгоритм – AHRS (Ориентация);

Барометр установлен.

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 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

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

9

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 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.

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

10

Инклинометр

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

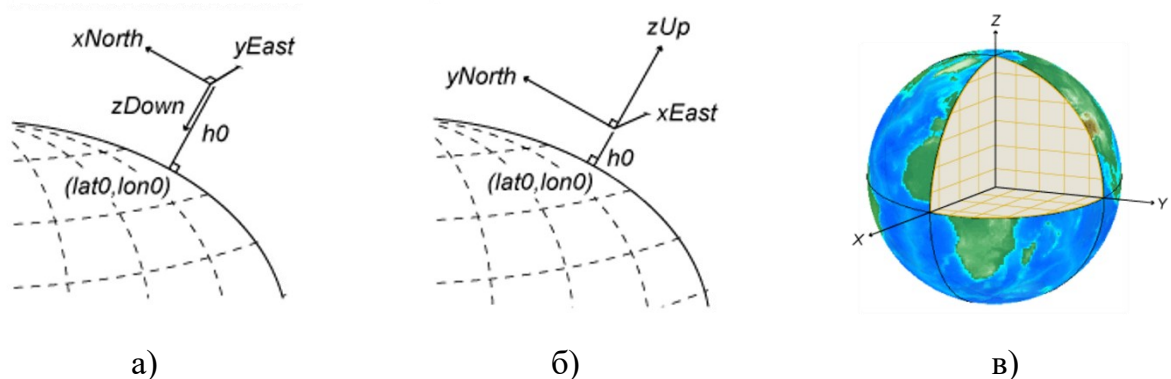
$$\alpha = \arctan\left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}\right)$$
$$\beta = \arctan\left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}\right)$$
(1.5)

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).



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.

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

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

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

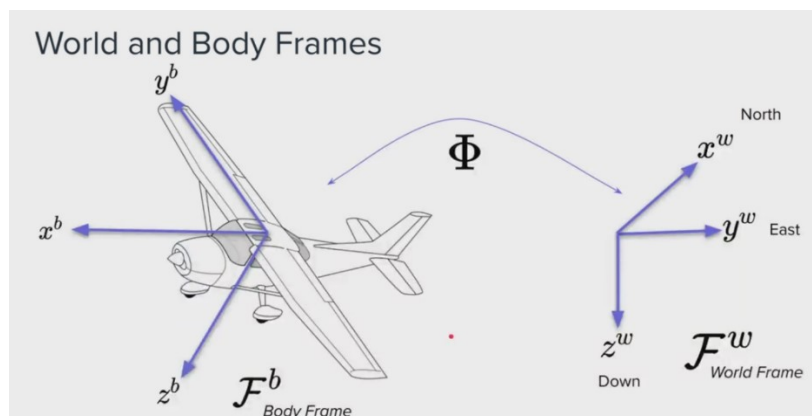


Рисунок 1.2 – Поворот СК

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 .

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.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<i>ЛМАП.402131.057РЭ</i>

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 4).

Таблица 4 – 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 ψ, θ, ϕ 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

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 deltaAlg (секунды), и СКО корректировки sigmaAlg (радианы).

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

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

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.

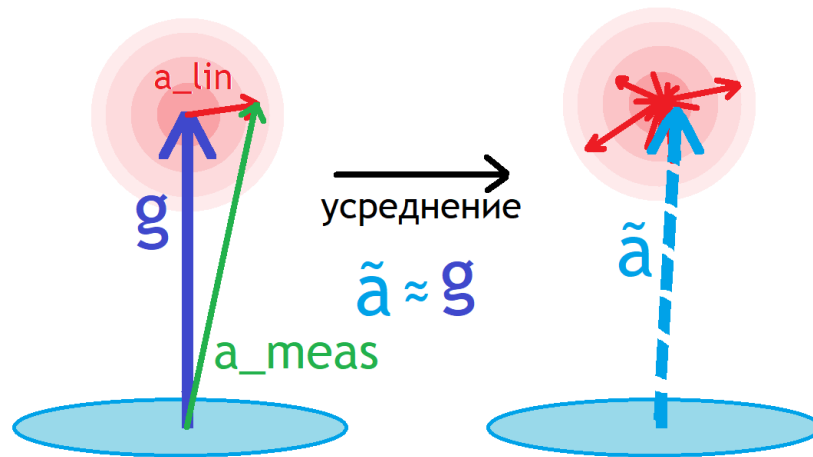


Рисунок 1.3 – Наглядное представление определения вектора \tilde{a}

После каждых Δt_{Alg} секунд накопления происходит корректировка ориентации по вектору \tilde{a} с сигмой σ_{Alg} .

Примечания

1 Рекомендуется использовать режим "Наборный пакет" для получения необходимых параметров. Настроить ГКВ 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 имеет возможность обновления внутреннего ПО. Обновление происходит через демонстрационное ПО.

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

1.5 Назначение выводов

Стандартное назначение выводов показано в таблице 5. Нумерация контактов указана в приложении Б.

Таблица 5 – Назначение основных выводов разъёма ГКВ

Конт.	Цепь	Назначение
4	GND ¹	Общий питания
5	VDDA ¹	Напряжение питания 3,3 В аналоговой части
6	nRST ²	Аппаратный сброс (активный уровень — лог. 0)
7	VDDIO ¹	Напряжение питания 3,3 В цифровой части и портов ввода-вывода
8	GND ¹	Общий питания
13	GND ¹	Общий питания
16	Sync_IN	Вход сигнала синхронизации
17	Sync_OUT	Выход сигнала синхронизации
18	UART1 RxD	Выход и вход интерфейса UART дополнительного порта 1 (Serial port 1)
19	UART1 TxD	
20	1PPS	Вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приёмника
23	UART0 RxD	Выход и вход интерфейса UART основного порта (Serial port 0)
24	UART0 TxD	
25	GND ¹	Общий питания

Примечание

1 – необходимо подключать все цепи питания

2 – встроен супервизор с открытым стоком

3 – контакты 1–3, 9–12, 14, 15, 21, 22, 26–28 не подключать

1.5.1 Цепи питания ГКВ

Контакты 5 и 7 (Напряжение питания) и контакты 4, 8, 13, 25 (Общий питания) предназначены для подключения внешнего напряжения питания.

ВНИМАНИЕ: Должны быть подключены все шесть контактов питания.

1.5.2 Цифровые интерфейсы

Информационный обмен производится по интерфейсу UART (Serial port 0, 1). В качестве основного (Serial port 0) интерфейса применяется UART (контакты 23 и 24). 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 (контакты 18 и 19).

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

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

15

1.5.3 Сигналы синхронизации

Контакт 16 – вход сигнала синхронизации и контакт 20 – вход сигнала синхронизации (1PPS) от ГНСС-приёмника, а также контакт 17 – выход сигнала синхронизации.

Значения входа (16) и выхода (17) синхронизации устанавливается согласно протоколу информационного взаимодействия.

1.6 Маркировка и пломбирование

Маркировка и пломбирование не производится.

1.7 Упаковка

Упаковка представляет собой картонную коробку с антистатическим пакетом. Размеры упаковки предусматривают размещение в ней остальных компонент изделия (см. состав изделия – 1.3).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛМАП.402131.057РЭ				Лист
									16
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Предельные и предельно-допустимые режимы работы

2.1.1 В таблице 6 указаны предельные и предельно-допустимые режимы работы по питанию. Длительность воздействия предельных режимов не должна превышать 0,1 с в течение 10 мин.

Таблица 6 – 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: 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).

2.2.3 Проверка готовности изделия к использованию

Проверка осуществляется один раз перед использованием.

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

2) Подключение ГКВ

2.1) Рекомендуются подключить модуль с помощью оценочной платы (приложение В) к ПК. Установить модуль согласно рисунку 1.

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

17

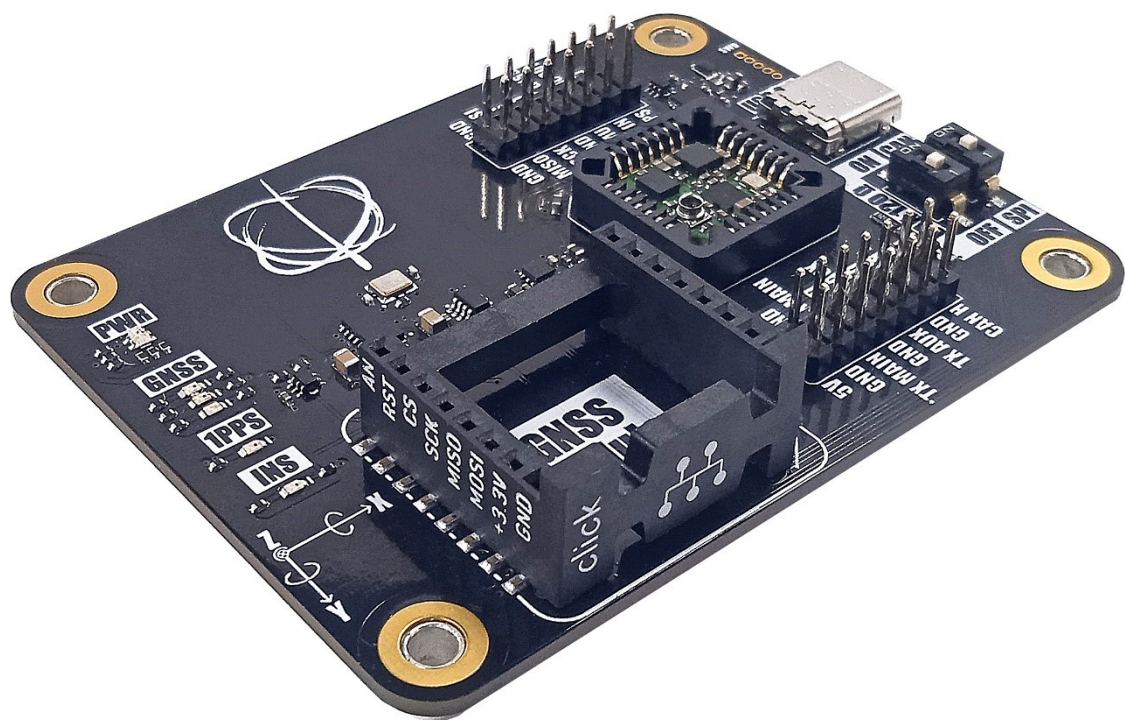


Рисунок 1 – Установка модуля в оценочную плату

Подключить плату через кабель USB-C к ПК.

2.2) Для проверки ГКВ рекомендуется запустить на ПК демонстрационное ПО. С его работой можно ознакомиться в руководстве оператора RU.ЛМАП.502900-01 34 01.

Подробное описание проверки технических характеристик изделия с использованием оборудования производителя указано в ЛМАП.402131.009ИС.

Далее описана последовательность действий для проверки с помощью демонстрационного ПО.

3) Убедиться в корректности выдаваемой информации:

- убедиться в установленном алгоритме выдачи данных «Данные с датчиков» во вкладке «Параметры» блока «Параметры устройства» вкладки «Настройки» окна демонстрационного ПО;

- с помощью кнопки «Начать запись» в блоке «Запись данных в файл» записать выходные данные ГКВ в покое за интервал не менее 10 с в файл с форматом .csv.

- рассчитать среднее арифметическое значение записанной угловой скорости по каждой оси. Полученные значения не должны превышать указанное смещение

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

18

нуля в диапазоне рабочих температур в таблице 1 а.

- рассчитать среднее арифметическое значение записанного ускорения по каждой оси и рассчитать среднее значение длины вектора линейного ускорения по формуле (2.1)

$$\sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2} \quad (2.1)$$

Полученное значение должно быть в пределах $(1 \pm \Delta)$ g. Полученное значение должно быть в пределах $(1 \pm \Delta)$ g. Величина Δ не должна превышать указанное смещение нуля в диапазоне рабочих температур в таблице 1 б.

- для исполнений ЛМАП.402131.057-01 и ЛМАП.402131.057-03 магнитометр должен выдавать изменяющиеся во времени сигналы, реагировать на вращения или на металлические предметы;

- для исполнений ЛМАП.402131.057-02 и ЛМАП.402131.057-03 барометр должен выдавать изменяющиеся во времени сигналы, реагировать на изменение давления (путём изменения высоты, например).

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

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

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

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

19

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

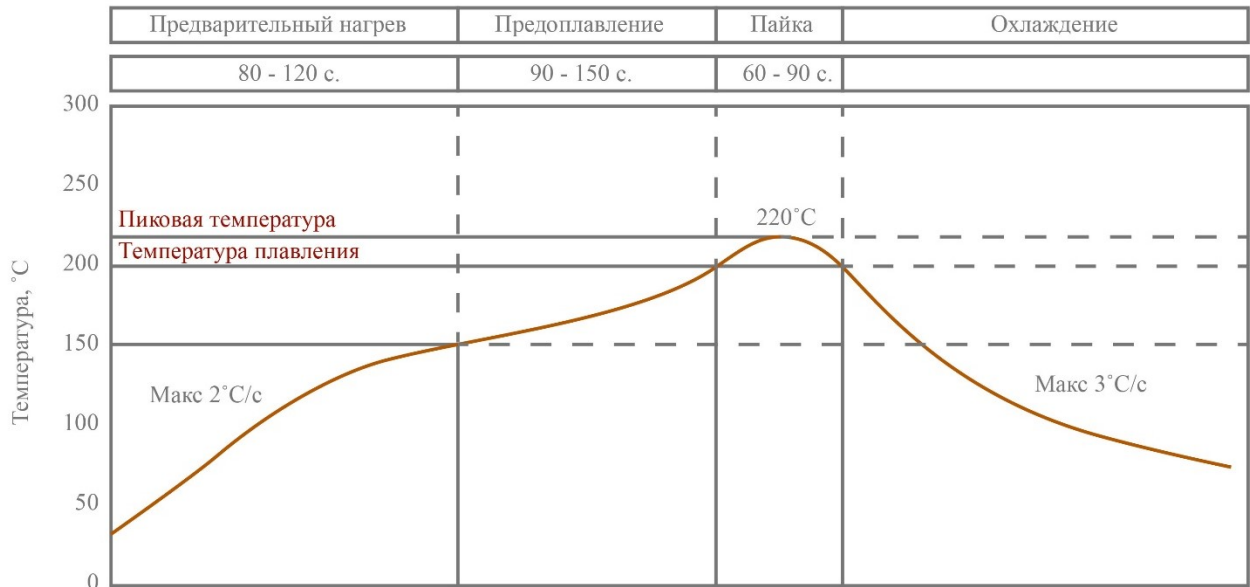


Рисунок 1 – Профиль пайки ГКВ

2.2.5.5 Отмывку ультразвуком не проводить.

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

2.2.6 Указания о взаимосвязи (соединении) ГКВ с другими изделиями

ГКВ подключается к другим изделиям согласно таблице 5.

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.

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

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 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 7).

Таблица 7 – «Статус» ГКВ

Биты	Обозначение
3	«1» – отказа АЦП. «0» – годность АЦП
4	«1» – отказ любой оси канала угловой скорости
5	«1» – отказ любой оси 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 или по телефону компании).

Если необходим диапазон измерения ускорения не по умолчанию, необходима перекалибровка у производителя по согласованию.

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

21

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.402131.057РЭ	Лист
						22
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение А
(справочное)
Внешний вид ГКВ

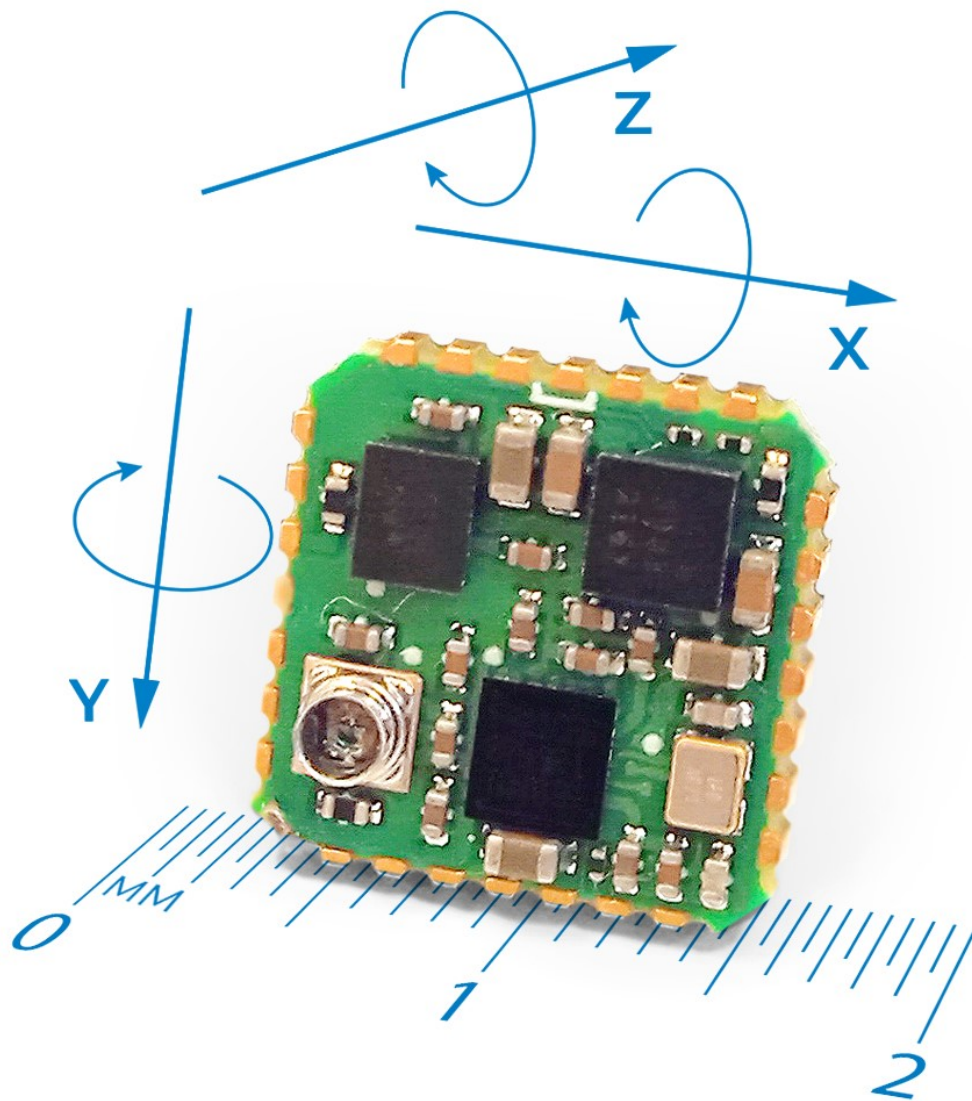


Рисунок А.1 – Общий вид ГКВ-0 и ориентация осей

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Лист

24

Приложение Б

(справочное)

Габаритные, установочные и присоединительные размеры

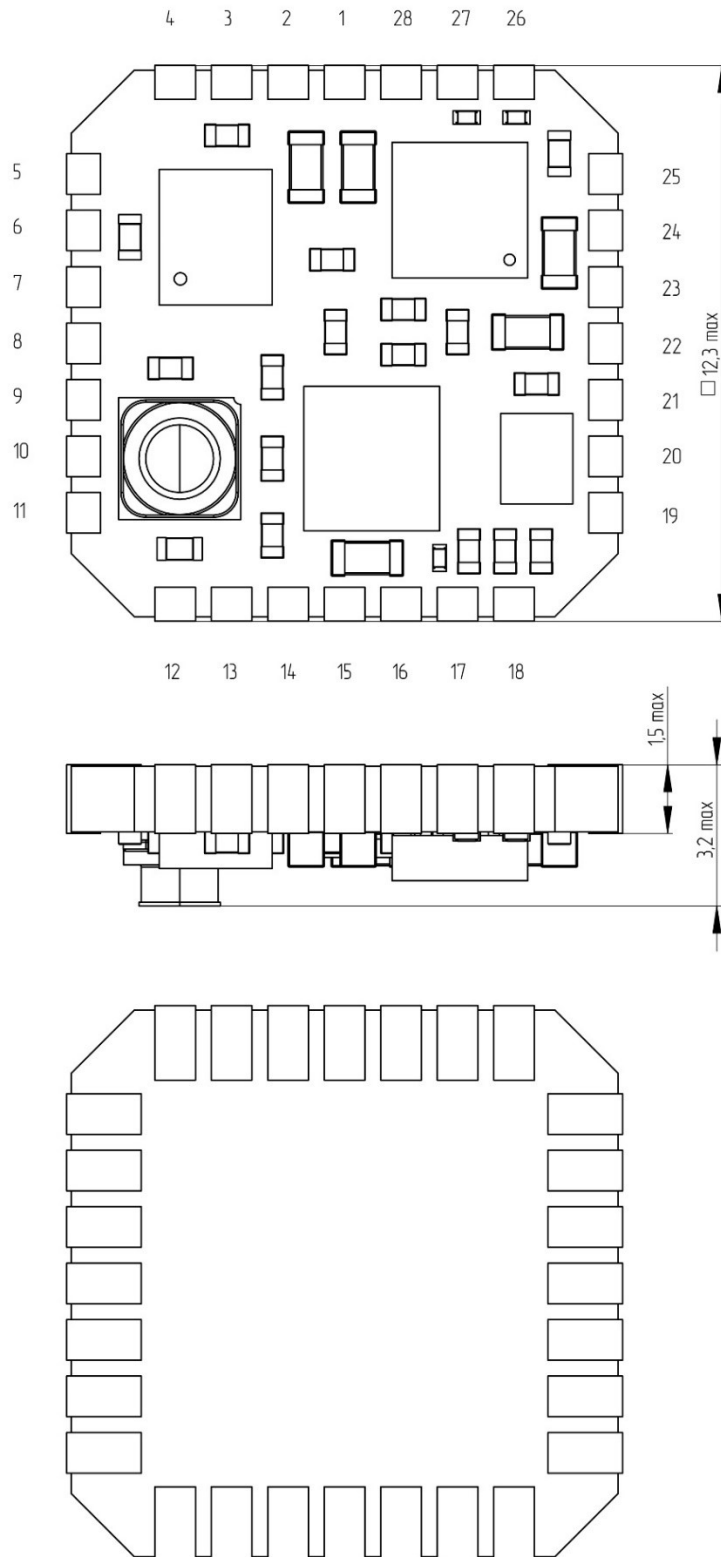


Рисунок Б.1 – Габаритный чертёж ГКВ-0

На рисунке Б.1 представлен чертёж для исполнения ЛМАП.402131.057-03.

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

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

ЛМАП.402131.057РЭ

Приложение В

(справочное)

Внешний вид оценочной платы

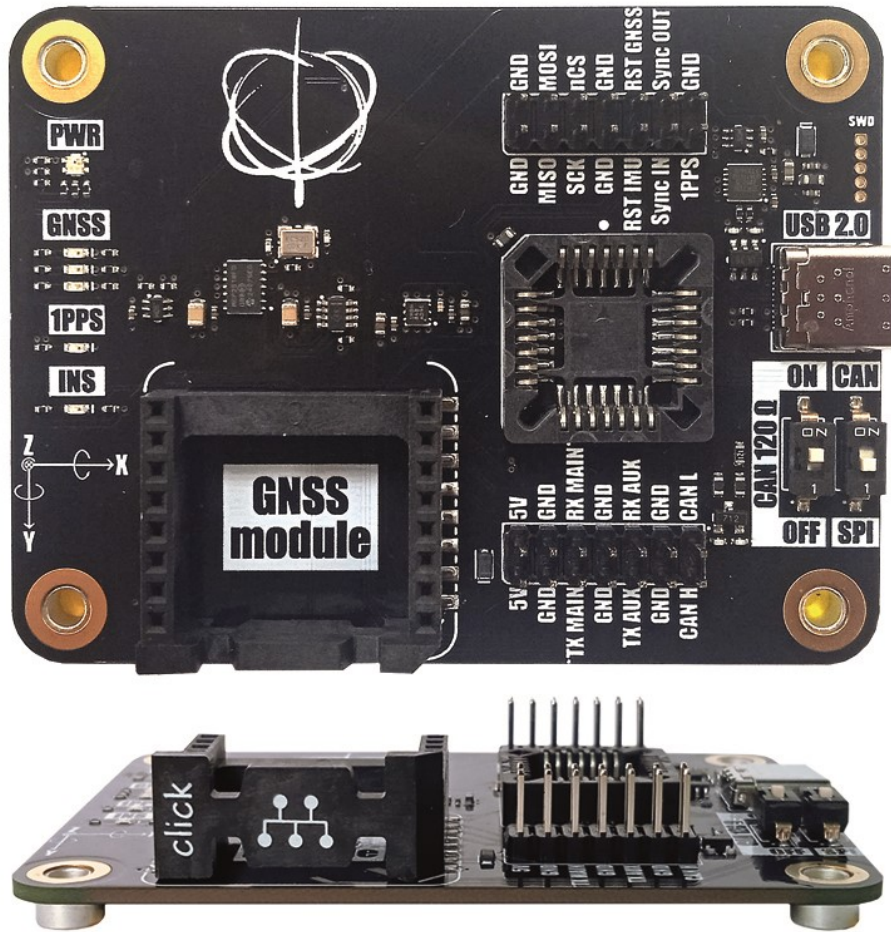


Рисунок В.1 – Внешний вид оценочной платы

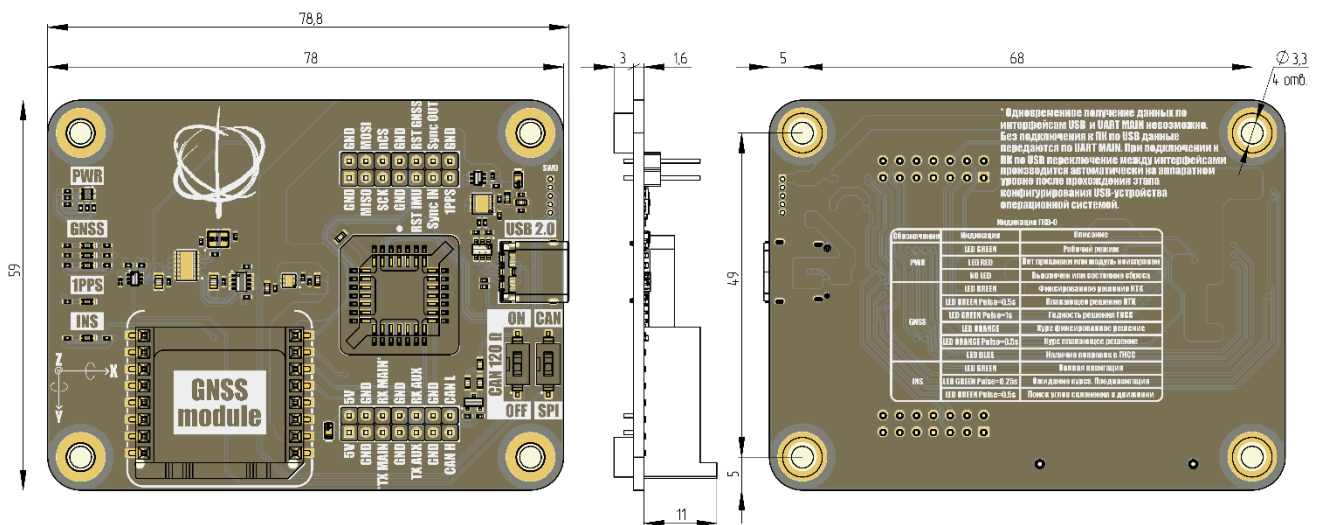


Рисунок В.2 – габаритный чертёж оценочной платы

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

