



# YKSA-469010

Версия C0 – 10.05.2023



Последняя версия этого документа:  
[docs.yktaero.space/docs/YKSA-469010](https://docs.yktaero.space/docs/YKSA-469010)

## Руководство по интеграции

Модуль полезной нагрузки  
YKTS-PL-EDU16-SPTX рев. B1

Платформа МКА: СПУТНИКС SXC1

## Hardware Installation Manual

YKTS-PL-EDU16-SPTX rev. B1  
CubeSat Payload Module

Applicable bus: SPUTNIX SXC1

---

Подготовлено:  
Петров А.Н.

---

Согласовано:

---

Утверждено:  
Илларионов Т.А.

*This page is intentionally left blank.*

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>4</b>
1.1	Наименование и обозначение изделия	4
1.2	Назначение и состав руководства	4
1.3	Область применения руководства	4
1.4	Требуемый уровень специальной подготовки обслуживающего персонала	4
1.5	Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению	4
<b>2</b>	<b>Описание изделия</b>	<b>5</b>
2.1	Назначение изделия	5
2.2	Технические характеристики	5
2.3	Состав изделия	7
2.4	Устройство изделия	8
2.4.1	Расположение разъемов	8
2.4.2	Назначение выводов разъемов	10
2.4.2.1	Разъем J1 (DEBUG_PWR)	10
2.4.2.2	Разъем J3 (разъем платы-расширителя)	10
2.4.2.3	Разъем J4 (разъем PC/104)	11
2.4.2.4	Разъем J5 (разъем доп. устройств TWI_EXT)	11
2.4.2.5	Разъемы J6 и J7 (JTAG0 и JTAG1)	11
2.4.2.6	Разъемы J8 и J9 (UART0 и UART1)	12
2.4.2.7	Разъемы датчиков освещенности LSENSE	12
2.4.3	Датчики освещенности	12
<b>3</b>	<b>Подготовка изделия к монтажу</b>	<b>15</b>
3.1	Меры предосторожности	15
3.2	Проверка комплектности	15
3.3	Внешний осмотр изделия	15
3.4	Проверка работоспособности изделия	15
<b>4</b>	<b>Монтаж изделия</b>	<b>16</b>
4.1	Расположение датчиков освещенности	16
4.2	Подключение датчиков освещенности	16
4.3	Стыковка изделия с платформой МКА	16
4.4	Прокладка кабельной сети	16
4.5	Монтаж датчиков освещенности	22
4.6	Пайка кабелей датчиков освещенности	22
4.7	Проверка работоспособности собранного изделия	23
<b>5</b>	<b>Хранение и транспортировка</b>	<b>24</b>
5.1	Хранение	24
5.2	Транспортировка	24
	<b>История изменений</b>	<b>25</b>
	<b>Приложение А. Глоссарий</b>	<b>26</b>

# 1 Введение



**Внимание!** Перед началом работы рекомендуется загрузить [последнюю версию документа](#).

## 1.1 Наименование и обозначение изделия

**Наименование изделия:** Модуль полезной нагрузки с микроконтроллерным кластером

**Обозначение изделия:** YKTS-PL-EDU16-SPTX

## 1.2 Назначение и состав руководства

Руководство по интеграции содержит необходимую информацию для интеграции изделия с платформой МКА: описание изделия, технические характеристики, процедуры по сборке и установке, требования к условиям транспортировки, хранения изделия.

## 1.3 Область применения руководства

Настоящее руководство применимо к изделию YKTS-PL-EDU16-SPTX при интеграции с платформой МКА SXC1 от ООО «СПУТНИКС».

## 1.4 Требуемый уровень специальной подготовки обслуживающего персонала

Настоящее руководство предполагает наличие у обслуживающего персонала знаний по сборке и эксплуатации платформы МКА SXC1. Перед началом работы рекомендуется ознакомиться с документацией платформы МКА SXC1.



**Внимание!** Изделие содержит компоненты, чувствительные к электростатическим разрядам. Обслуживающий персонал должен быть ознакомлен с рекомендациями по защите электронных устройств от электростатических разрядов.

## 1.5 Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению

1. [Интерфейсный контрольный документ для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC ICD\);](#)
2. [Руководство по эксплуатации для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC РЭ\);](#)
3. [Интерактивный сборочный чертеж модуля ПН YKTS-PL-EDU16-SPTX \(YKSA-469001\);](#)
4. [Электрическая схема модуля ПН YKTS-PL-EDU16-SPTX \(YKSA-469002\).](#)



Документ содержит интерактивные возможности. Ссылки на разделы и внешние источники отмечены синим цветом. Ссылки в содержании интерактивны. Для быстрого перехода к содержанию нажмите на название документа или название раздела в верхнем колонтитуле.

## 2 Описание изделия

### 2.1 Назначение изделия

Изделие предназначено для использования в качестве полезной нагрузки МКА на платформе SXC1 от ООО «СПУТНИКС».

Изделие предоставляет пользователям возможность загрузки и выполнения экспериментальных микропрограмм на кластере микроконтроллеров с доступом к устройствам полезной нагрузки и бортовой шине данных МКА. Результаты выполнения микропрограмм сохраняются во флеш-памяти ПН и могут быть прочитаны через бортовую шину данных МКА. Изделие может применяться для обучения студентов и школьников основам программирования в космических системах.

### 2.2 Технические характеристики

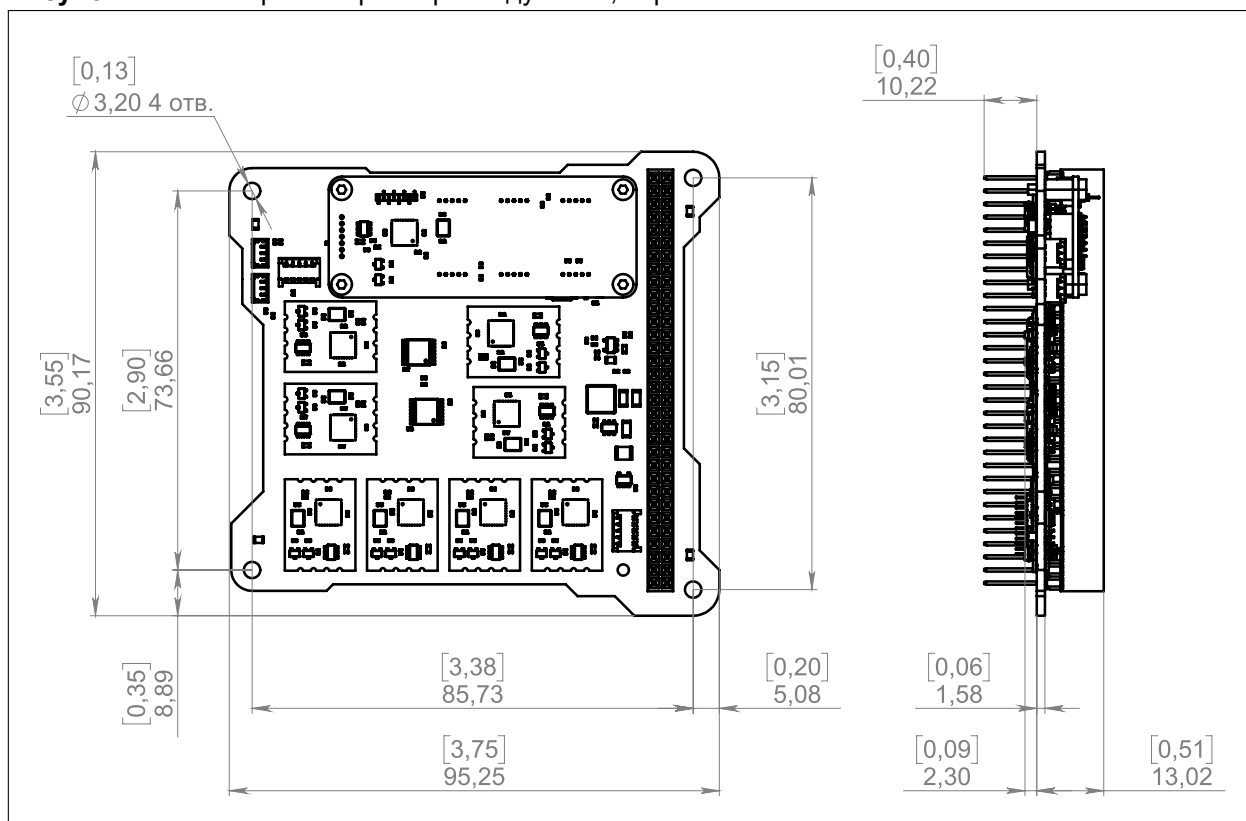
Изделие выполнено в соответствии с требованиями интерфейсного контрольного документа SXC ICD и представляет собой набор печатных плат с разъемами для подключения внешних устройств и разъемом для подключения к платформе МКА SXC1.

На [рисунке 2.1](#) (с. 5) приведены габаритные размеры изделия.

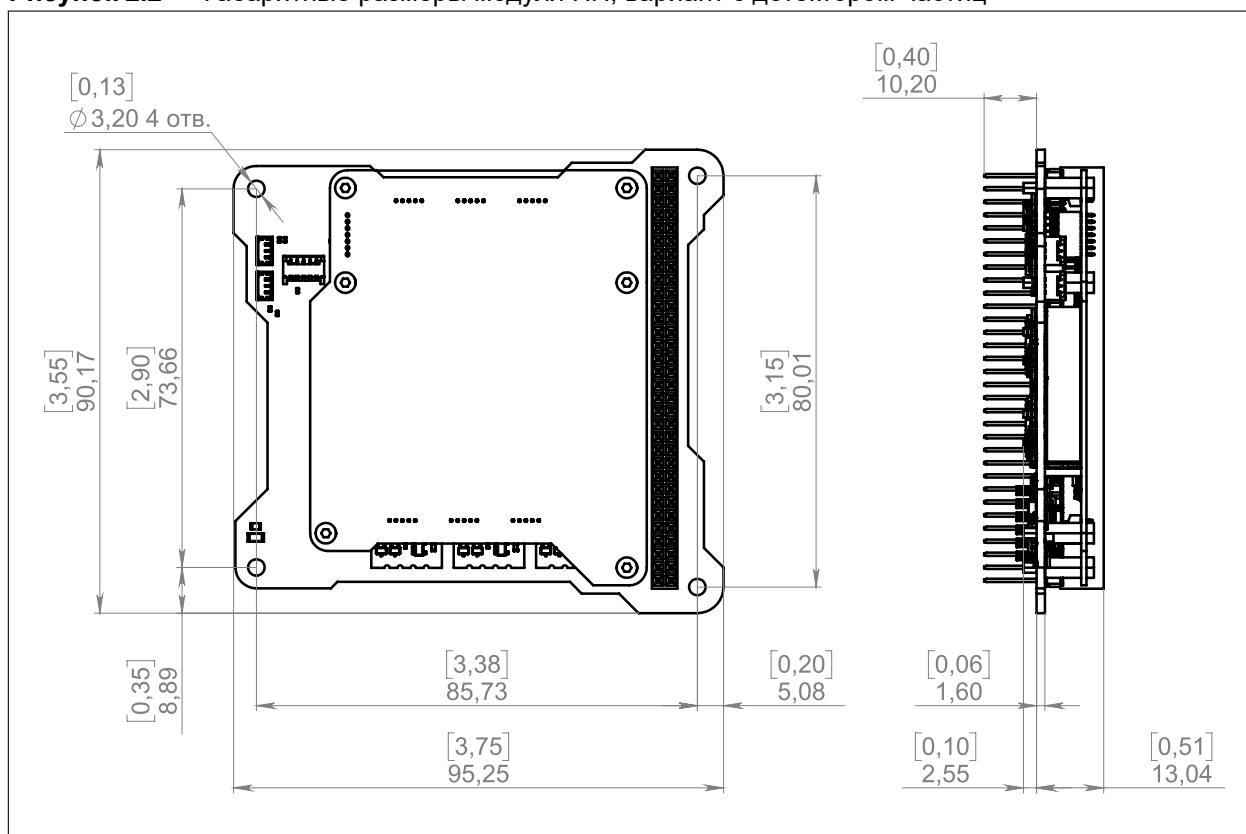
На [таблице 2.1](#) (с. 6) приведены технические характеристики изделия.

На [таблице 2.2](#) (с. 7) приведены предельные эксплуатационные характеристики.

**Рисунок 2.1** — Габаритные размеры модуля ПН, вариант с платой LSENSE



**Рисунок 2.2** — Габаритные размеры модуля ПН, вариант с детектором частиц



### Таблица 2.1 — Технические характеристики изделия

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ			ПРИМЕЧАНИЕ
	МИН.	ТИП.	МАКС.	
Напряжение питания, В	3.8		24	
Габаритные размеры, мм		95.3		Длина
		90.2		Ширина
		13.7		Высота
Масса, г		66		
Потребляемая мощность, Вт	0.1	0.3	1	
Рабочий диапазон температур, °С	-40		85	
Стабильность частоты тактирования, ppm	10	20	50	
Объем флеш-памяти, Мб		4		
Внешние интерфейсы	CAN 2.0B, I2C, UART			
Внешние разъемы	PC/104			Соединение с платформой МКА, питание
	Molex 53048-0510 6 шт.			Датчики освещенности

**Таблица 2.2** — Предельные эксплуатационные характеристики изделия

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ			ПРИМЕЧАНИЕ
	МИН.	ТИП.	МАКС.	
Напряжение питания, В	-0.5		30	
Напряжение на выводах шины CAN, В	-6		12	
Напряжение прочих выводов, В	-0.5		3.6	
Статический разряд, кВ			2	
Рабочий диапазон температур, °С	-40		85	
Линейное квазистатическое ускорение, g	10	20	50	
Широкополосные случайные вибрации, RMS, g				По запросу
Ударные нагрузки, g				По запросу
Синусоидальная вибрация в диапазоне частот 1-5 Гц, g				По запросу
Синусоидальная вибрация в диапазоне частот 5-30 Гц, g				По запросу
Синусоидальная вибрация в диапазоне частот 30-100 Гц, g				По запросу

## 2.3 Состав изделия

В [таблице 2.3](#) ([с. 7](#)) указана базовая комплектация изделия. Состав включенных плат можно изменять в соответствии с потребностями заказчика.

**Таблица 2.3** — Базовая комплектация изделия

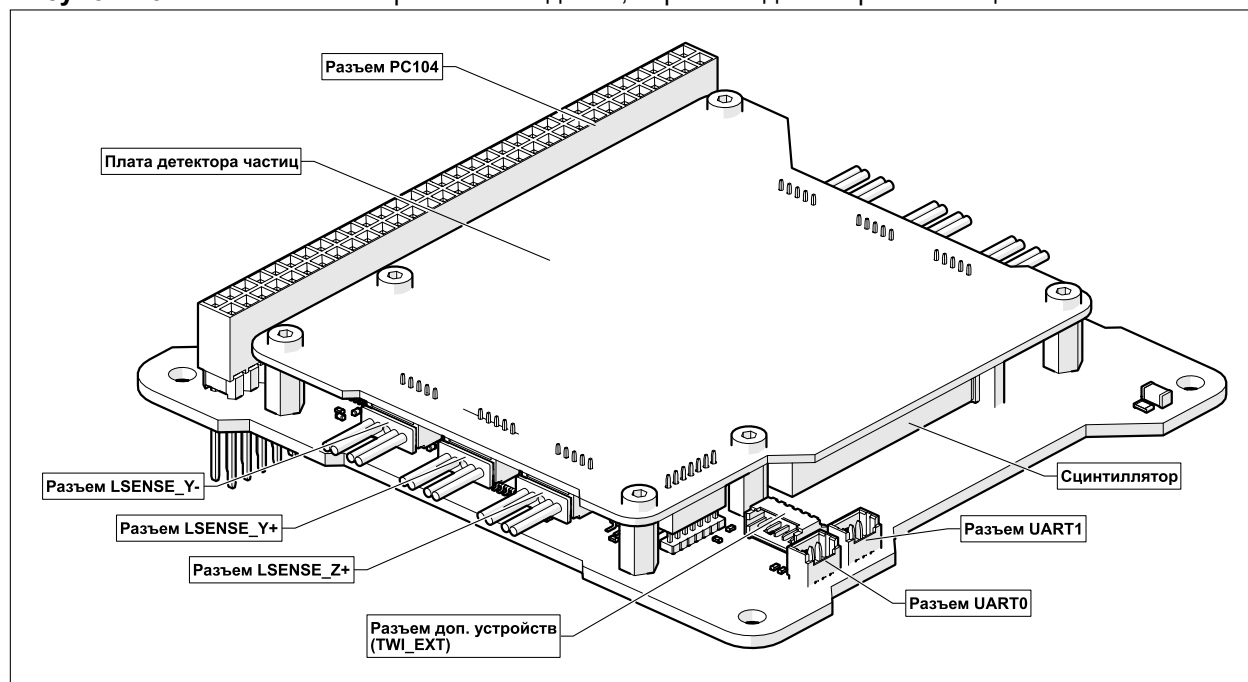
№	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ-ВО	ПРИМЕЧАНИЕ
1	Несущая плата PC/104	1	
2	Плата МК кластера	до 16	Припаяны на несущую плату
3	Плата-расширитель (плата LSENSE)	1	Разъемы для датчиков освещенности
4	Плата-расширитель (детектор частиц)	1	Опционально
5	Датчик освещенности по оси X+ (LSENSE_X+)	1	С кабелем, 2 варианта подключения
6	Датчик освещенности по оси X- (LSENSE_X-)	1	С кабелем, 2 варианта подключения
7	Датчик освещенности по оси Y+ (LSENSE_Y+)	1	С кабелем
8	Датчик освещенности по оси Y- (LSENSE_Y-)	1	С кабелем
9	Датчик освещенности по оси Z+ (LSENSE_Z+)	1	С кабелем
10	Датчик освещенности по оси Z- (LSENSE_Z-)	1	С кабелем
11	Крепеж и расходные материалы	1	
12	Отладочный адаптер	1	Опционально
13	Кабель отладочного питания	1	Опционально
14	Паспорт изделия	1	
15	Руководство по интеграции	1	

## 2.4 Устройство изделия

### 2.4.1 Расположение разъемов

На [рисунках 2.3 \(с. 8\)](#) и [2.5 \(с. 9\)](#) показано расположение разъемов на собранном изделии. Перечень используемых разъемов приведен в [таблице 2.4 \(с. 10\)](#).

**Рисунок 2.3** — Расположение разъемов изделия, вариант с детектором частиц



**Рисунок 2.4** — Расположение разъемов изделия, вариант с детектором частиц, обратная сторона

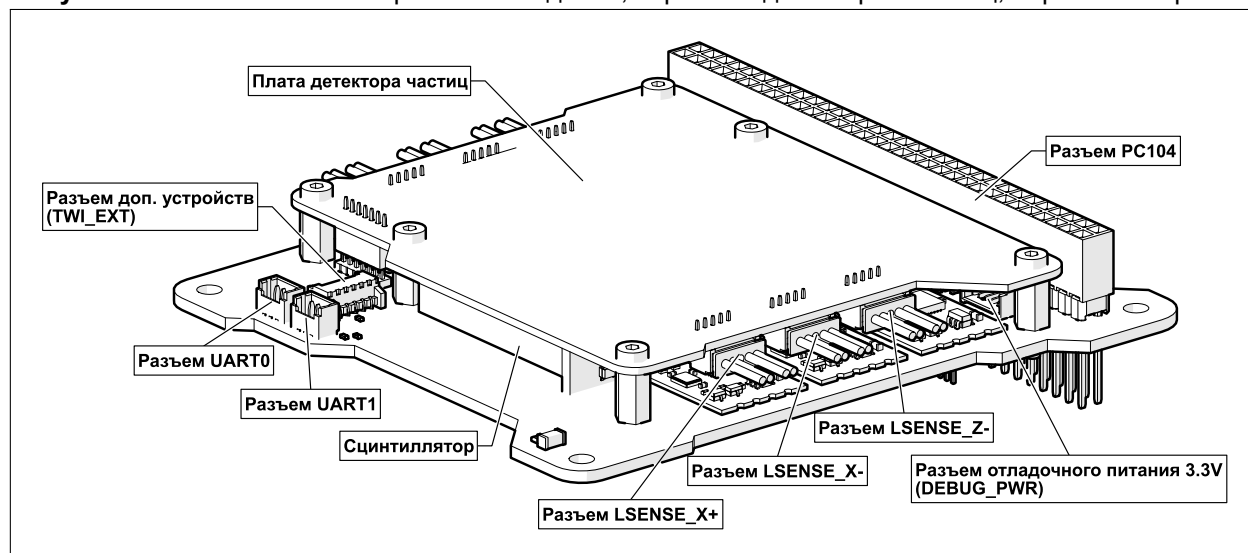




Рисунок 2.5 — Расположение разъемов изделия, вариант с платой LSENSE

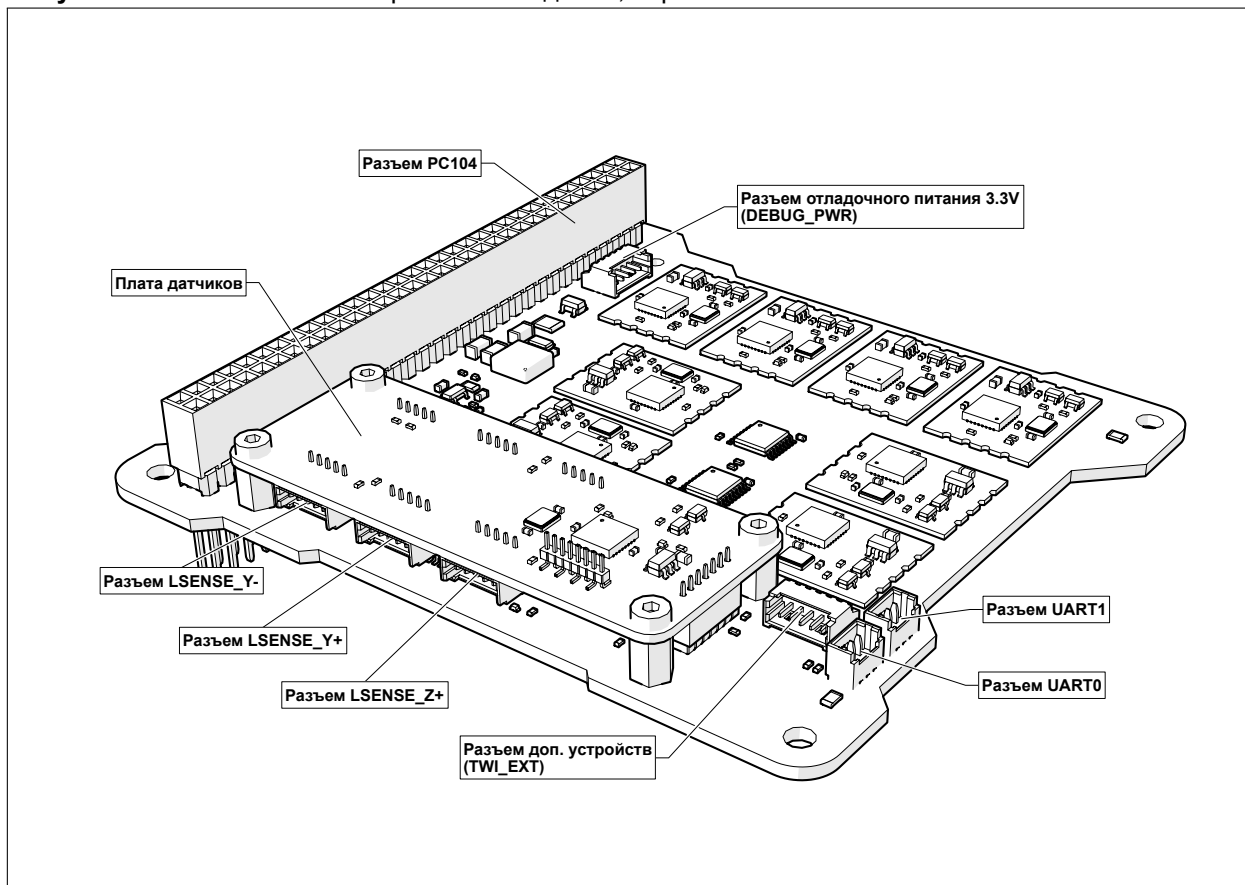
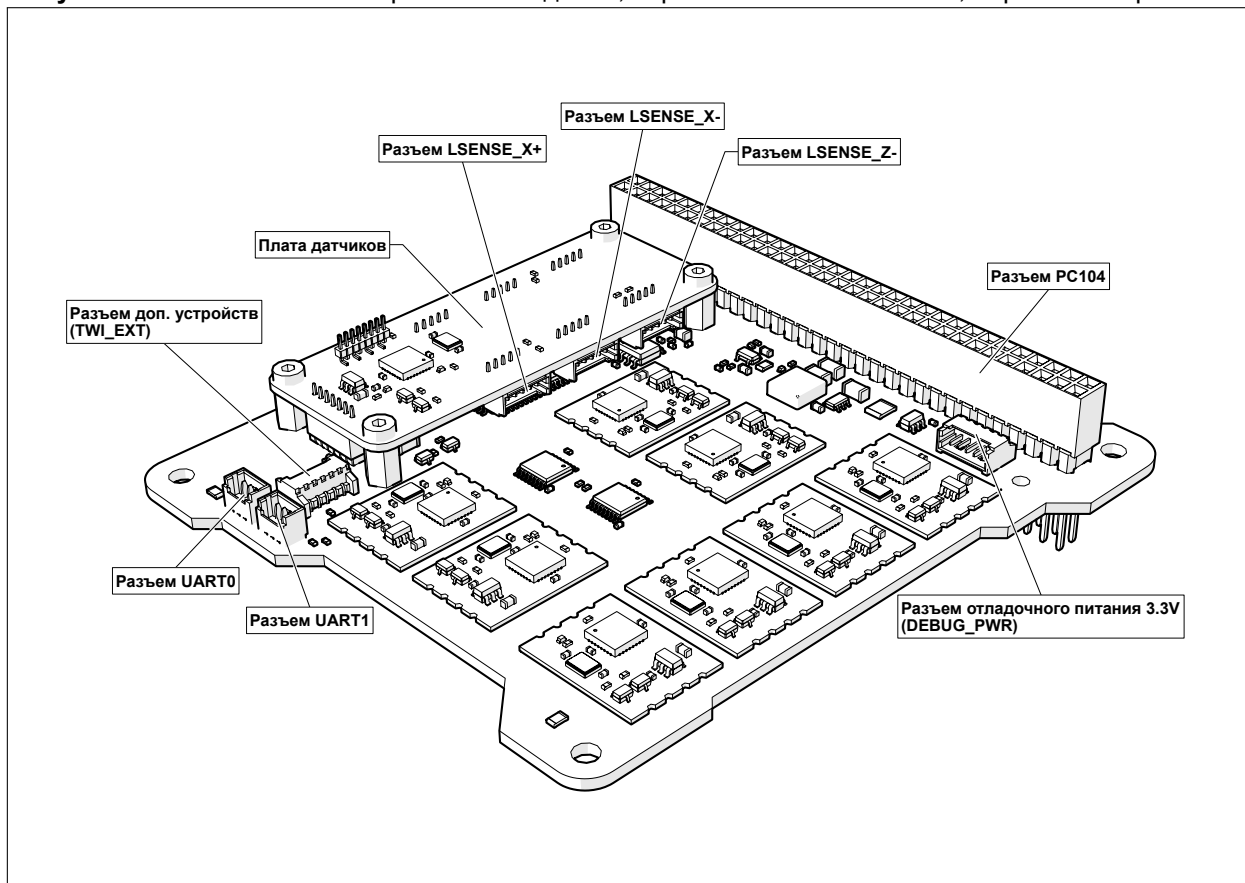


Рисунок 2.6 — Расположение разъемов изделия, вариант с платой LSENSE, обратная сторона



**Таблица 2.4** — Перечень разъемов изделия

ОБОЗНАЧЕНИЕ	МОДЕЛЬ	ПРИМЕЧАНИЕ
J1	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем отладочного питания 3.3 В (DEBUG_PWR)
J3	N/A	Разъем платы-расширителя
J4	Samtec ESQ-1-32-14-G-D	Разъем PC/104 для соединения с платформой
J5	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем дополнительных устройств (TWI_EXT)
J6 (JTAG0)	N/A	Отладочный разъем верхнего микроконтроллера несущей платы, не устанавливается
J7 (JTAG1)	N/A	Отладочный разъем нижнего микроконтроллера несущей платы, не устанавливается
J8 (UART0)	Molex PicoBlade 53047-03	Разъем UART верхнего микроконтроллера несущей платы
J9 (UART1)	Molex PicoBlade 53047-03	Разъем UART нижнего микроконтроллера несущей платы
LSENSE_X+	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси X+
LSENSE_X-	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси X-
LSENSE_Y+	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси Y+
LSENSE_Y-	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси Y-
LSENSE_Z+	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси Z+
LSENSE_Z-	Molex PicoBlade 53048-05	Разъем датчика освещенности оси Z-

## 2.4.2 Назначение выводов разъемов

### 2.4.2.1 Разъем J1 (DEBUG\_PWR)

Разъем J1 (DEBUG\_PWR) предназначен для подключения питания 3.3 В при отладке изделия. Назначение выводов разъема J1 приведено в [таблице 2.5 \(с. 10\)](#).

**Таблица 2.5** — Назначение выводов разъема J1

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	+3V3	Питание 3.3 В, 1 А макс.
2	+3V3	Питание 3.3 В, 1 А макс.
3	GND	
4	GND	
5	GND	

### 2.4.2.2 Разъем J3 (разъем платы-расширителя)

Разъем J3 предназначен для подключения платы-расширителя. Плата-расширитель устанавливается изготовителем изделия. Назначение выводов разъема J3 приведено в [таблице 2.6 \(с. 11\)](#).

**Таблица 2.6** — Назначение выводов разъема J3

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	GND	
2	SDA	Сигнал SDA общей шины I2C
3	Не подкл.	
4	+3V3	Питание 3.3 В, 0.25 А макс.
5	EN	Сигнал включения питания платы-расширителя
6	SCL	Сигнал SCL общей шины I2C
7	GND	

**2.4.2.3 Разъем J4 (разъем PC/104)**

Разъем J4 предназначен для соединения изделия с платформой МКА. Назначение выводов см. в [интерфейсном контрольном документе для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC ICD\)](#). В [таблице 2.7 \(с. 11\)](#) приведены только используемые изделием выводы. Отладочные выводы UART0 и UART1 опциональны и могут быть отсоединены перемычками.

**Таблица 2.7** — Назначение выводов разъема J4

ОПИСАНИЕ	СИГНАЛ	№ ВЫВОДА		СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
Канал 4 коммутатора питания	PCH4	B9	A9	PCH4	Канал 4 коммутатора питания
Общий провод	GND	B10	A10	GND	Общий провод
Бортовая сеть CAN – положит.	CAN1-H	B13	A13	CAN1-L	Бортовая сеть CAN – отриц.
Отладочный вывод UART0	TX0	B26	A26	RX0	Отладочный вывод UART0
Отладочный вывод UART1	TX1	B27	A27	RX1	Отладочный вывод UART1

**2.4.2.4 Разъем J5 (разъем доп. устройств TWI\_EXT)**

Разъем J5 предназначен для подключения дополнительных устройств по шине I2C. Назначение выводов разъема J5 приведено в [таблице 2.8 \(с. 11\)](#).

**Таблица 2.8** — Назначение выводов разъема J5

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	+3V3	Питание 3.3 В, 0.25 А макс.
2	SCL	Сигнал SCL общей шины I2C
3	SDA	Сигнал SDA общей шины I2C
4	1WIRE	Сигнал внешней шины 1WIRE
5	GND	

**2.4.2.5 Разъемы J6 и J7 (JTAG0 и JTAG1)**

Разъемы J6 и J7 предназначены для подключения отладчиков к микроконтроллерам несущей платы. Назначение выводов разъемов J6 и J7 приведено в [таблице 2.9 \(с. 12\)](#).

**Таблица 2.9** — Назначение выводов разъема J6/J7

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	DBG_RX	Сигнал RX отладочного интерфейса UART микроконтроллера
2	DBG_TX	Сигнал TX отладочного интерфейса UART микроконтроллера
3	GND	
4	VCC	Питание 3.3 В, 0.25 А макс., только для микроконтроллера
5	ISP_MOSI	Сигнал MOSI основной шины SPI микроконтроллера
6	ISP_SCK	Сигнал SCK основной шины SPI микроконтроллера
7	ISP_MISO	Сигнал MISO основной шины SPI микроконтроллера
8	RESET	Сигнал сброса микроконтроллера
9	JTAG_TDI	Сигнал TDI отладочного интерфейса JTAG
10	JTAG_TDO	Сигнал TDO отладочного интерфейса JTAG
11	JTAG_TMS	Сигнал TMS отладочного интерфейса JTAG
12	JTAG_TCK	Сигнал TCK отладочного интерфейса JTAG

#### 2.4.2.6 Разъемы J8 и J9 (UART0 и UART1)

Разъемы J8 и J9 предназначены для подключения отладочных интерфейсов UART к микроконтроллерам несущей платы. Назначение выводов разъемов J8 и J9 приведено в [таблице 2.10](#) (с. 12).

**Таблица 2.10** — Назначение выводов разъема J8/J9

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	DBG_TX	Сигнал TX отладочного интерфейса UART микроконтроллера
2	GND	
3	DBG_RX	Сигнал RX отладочного интерфейса UART микроконтроллера

#### 2.4.2.7 Разъемы датчиков освещенности LSENSE

Разъемы датчиков освещенности LSENSE предназначены для подключения датчиков освещенности к плате-расширителю. Назначение выводов разъемов LSENSE приведено в [таблице 2.11](#) (с. 12). Разъемы для всех датчиков освещенности одинаковы.

**Таблица 2.11** — Назначение выводов разъема LSENSE

№ ВЫВОДА	СИГНАЛ	ОПИСАНИЕ
1	+3V3	Питание 3.3 В, 0.1 А макс.
2	SDA	Сигнал SDA выделенной шины I2C соотв. оси
3	Не подкл.	
4	SCL	Сигнал SCL выделенной шины I2C соотв. оси
5	GND	

#### 2.4.3 Датчики освещенности

Датчики освещенности представляют собой печатные платы, на которых расположены фотодиоды. Датчики освещенности необходимо смонтировать на солнечные панели МКА.

Датчики освещенности подключаются к разъемам LSENSE\_X+, LSENSE\_X-, LSENSE\_Y+, LSENSE\_Y-, LSENSE\_Z+, LSENSE\_Z- соответственно. Кабели датчиков освещенности НЕ припаяны к контактным площадкам. На [рисунках 2.7](#) (с. 13), [2.8](#) (с. 13) и [2.9](#) (с. 13) изображены датчики освещенности с обозначениями вариантов.

Габаритные размеры датчиков освещенности приведены на [рисунках 2.10](#) (с. 14), [2.11](#) (с. 14) и [2.12](#) (с. 14).

В [таблице 2.12](#) (с. 14) приведены параметры кабелей датчиков освещенности.

Рисунок 2.7 — Датчики освещенности оси X

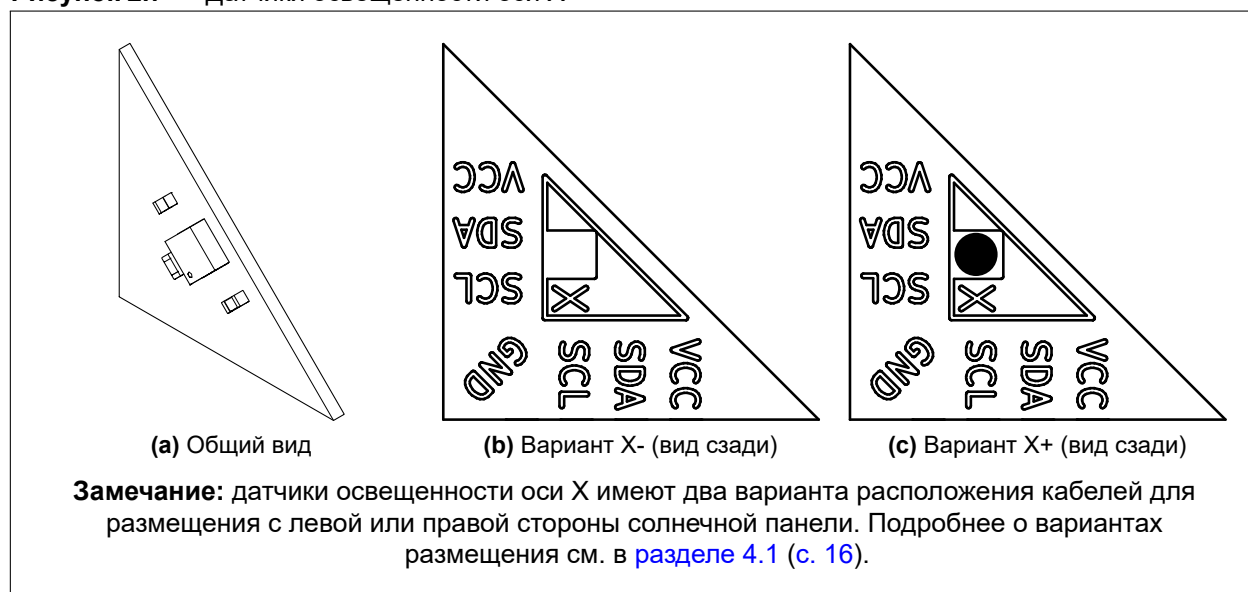


Рисунок 2.8 — Датчики освещенности оси Y

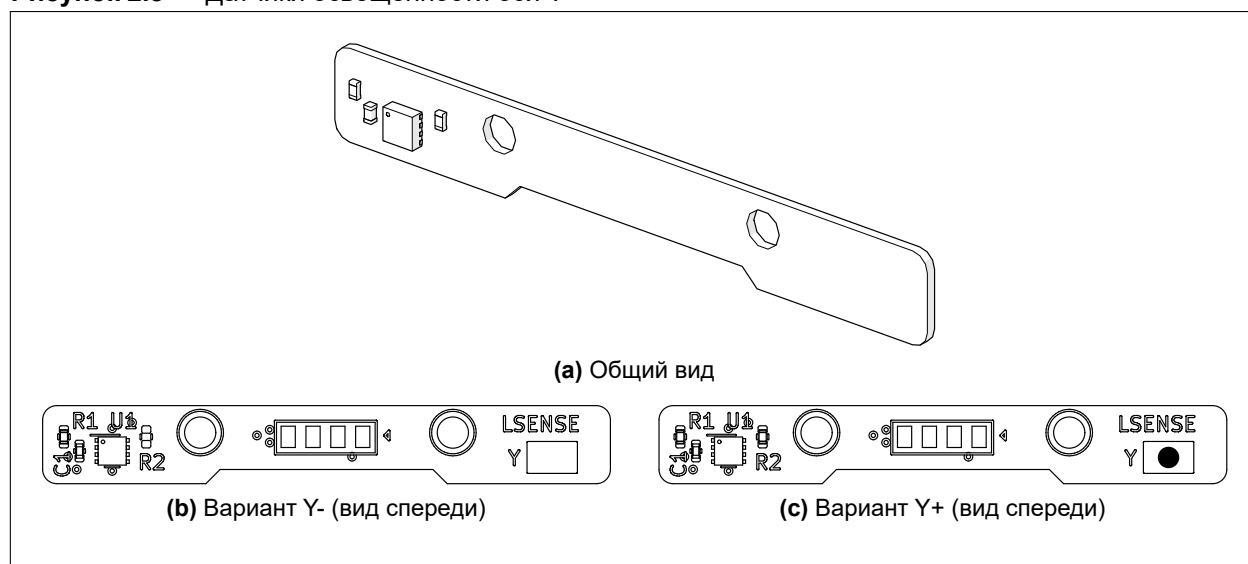
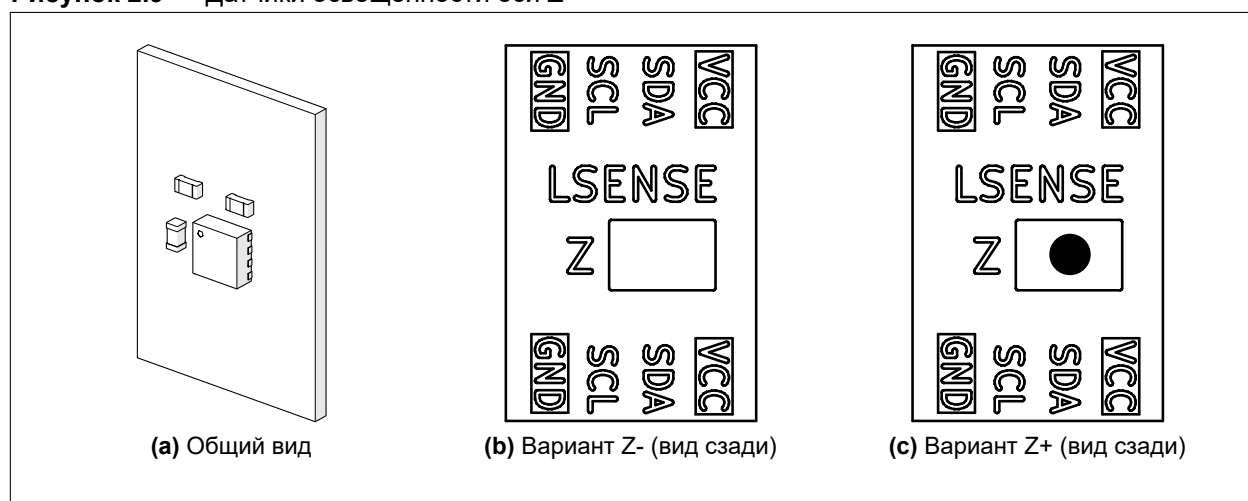
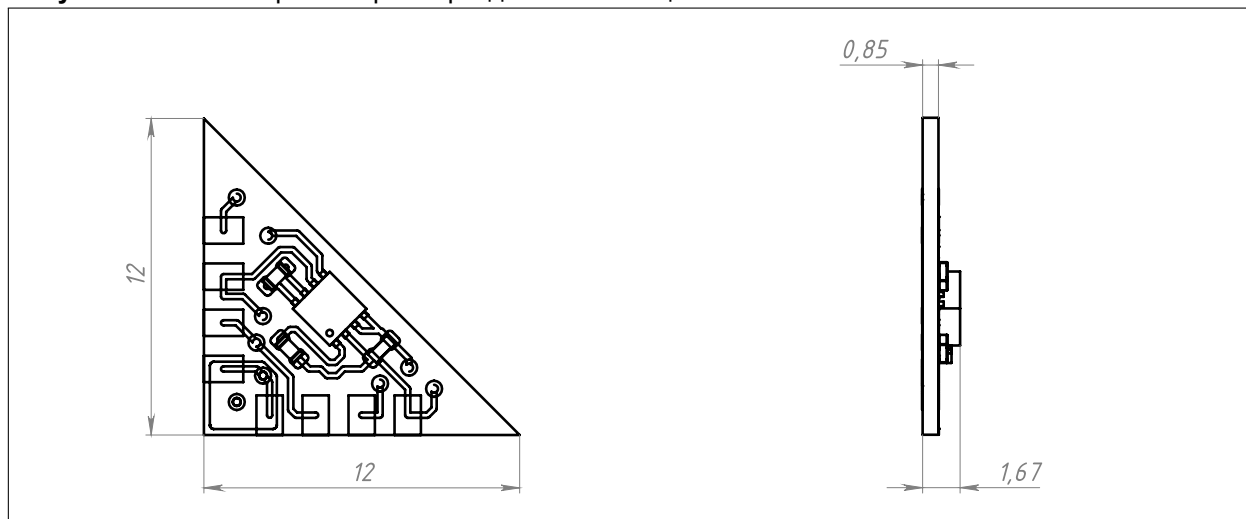
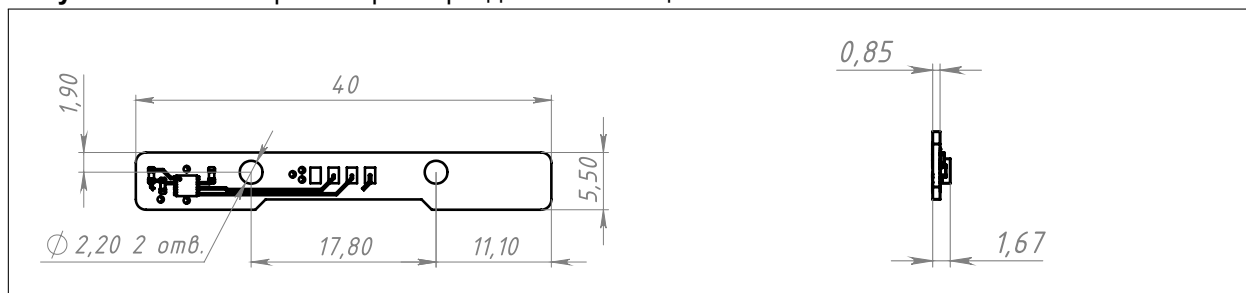
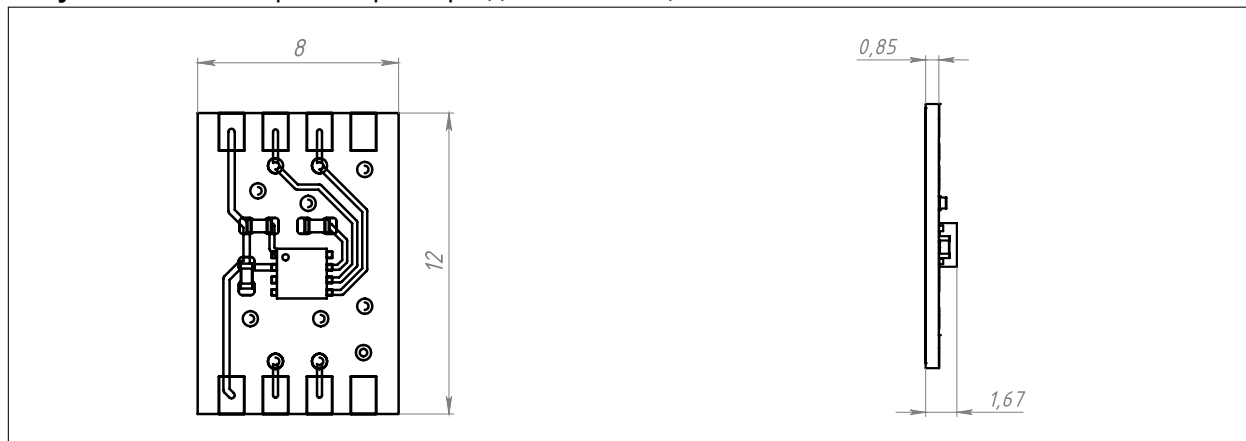


Рисунок 2.9 — Датчики освещенности оси Z



**Рисунок 2.10** — Габаритные размеры датчика освещенности оси X**Рисунок 2.11** — Габаритные размеры датчика освещенности оси Y**Рисунок 2.12** — Габаритные размеры датчика освещенности оси Z**Таблица 2.12** — Параметры кабелей датчиков освещенности

ОБОЗНАЧЕНИЕ	КАБЕЛЬ	ПРИМЕЧАНИЕ
LSENSE_X+ / WX+	20 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05
LSENSE_X- / WX-	20 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05, перевернут
LSENSE_Y+ / WY+	20 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05, жилы 2-3 перевернуты
LSENSE_Y- / WY-	20 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05, жилы 2-3 перевернуты
LSENSE_Z+ / WZ+	30 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05
LSENSE_Z- / WZ-	30 см, МГТФ 0.05 мм <sup>2</sup> (d=0.75 мм), 4 шт.	Molex 51021-05

## 3 Подготовка изделия к монтажу

### 3.1 Меры предосторожности

Перед началом работы изделие необходимо заземлить через монтажные отверстия несущей платы. Сетевые розетки, предназначенные для подключения источников питания, должны иметь заземляющие контакты. Рекомендуется наличие гальванической развязки между внешними устройствами и отладочными интерфейсами изделия.



**Внимание!** Все работы с изделием необходимо проводить в заземленном антистатическом браслете.

### 3.2 Проверка комплектности

Перед началом работы необходимо проверить комплектность изделия по [таблице 2.3 \(с. 7\)](#), а также по паспорту изделия, вложенному в комплект. Комплектация изделия может изменяться по согласованию с заказчиком.

### 3.3 Внешний осмотр изделия

Порядок проведения внешнего осмотра изделия:

- осмотреть посадочные поверхности и крепёжные элементы на предмет отсутствия следов ударов или заметных на глаз деформаций;
- осмотреть разъемы на предмет отсутствия следов ударов (деформация разъемов, повреждения изолятора, деформация контактов и т.д.) и мусора;
- осмотреть печатные платы на предмет отсутствия мусора на контактных площадках и выводах микросхем;
- проверить печатные платы на наличие поврежденных компонентов (сколы на керамических конденсаторах, деформация выводов микросхем и т.д.).

### 3.4 Проверка работоспособности изделия

1. Проверить комплектность изделия в соотв. с [разделом 3.2 \(с. 15\)](#).
2. Провести внешний осмотр изделия в соотв. с [разделом 3.3 \(с. 15\)](#).
3. Убедиться в отсутствии короткого замыкания (КЗ) по входным цепям питания на [разъеме J4](#).
4. Подключить к разъему PC/104 штатное бортовое питание 8.4 В.
5. На источнике питания установить ограничение тока 1 А и напряжение питания 8.4 В.
6. Подать питание на изделие и убедиться, что потребляемый ток не превышает заявленного в [таблице 2.1 \(с. 6\)](#) значения.
7. Убедиться в отсутствии индикации PF0 и PF1 (Power Fault) и наличии индикации PW\_OK.
8. Дождаться появления индикации STATUS0 и STATUS1 (готовность к работе).
9. В сервисном ПО Houston дождаться сообщения 0x0102 MSG\_MODE\_NORMAL (см. описание набора команд бортового загрузчика).

## 4 Монтаж изделия

### 4.1 Расположение датчиков освещенности



Не прикрепляйте датчики освещенности к МКА на данном этапе.

Перед началом монтажа изделия необходимо определить расположение датчиков освещенности. Датчики рекомендуется размещать на максимальном расстоянии друг от друга. На [рисунках 4.1 \(с. 17\) и 4.2 \(с. 17\)](#) представлен один из вариантов расположения датчиков освещенности.

От расположения датчиков освещенности зависит используемый вариант датчика по оси X. Вариант необходимо выбирать исходя из расположения: кабели неправильно выбранного датчика будут мешать установке МКА в пусковой контейнер.

### 4.2 Подключение датчиков освещенности

После определения места установки датчиков освещенности можно приступить к их подключению к плате-расширителю. Операцию необходимо проводить до стыковки изделия с платформой МКА и до прикрепления датчиков освещенности на выбранные посадочные места.

Датчики освещенности подключаются попарно по осям. Варианты датчиков для положительного (+) и отрицательного (-) направлений по оси отличаются маркировкой (см. [рисунок 2.7 \(с. 13\)](#)).

Допустимо подключать датчики с **разной** маркировкой на несовпадающие оси (например, датчики X+ и Y- на ось X), если это упростит прокладку кабелей. Назначение осей можно изменить в программном обеспечении.



**Внимание!** Установка двух датчиков с одинаковой маркировкой на одну ось может привести к некорректной работе изделия.

На [рисунке 4.3 \(с. 18\)](#) показан способ подключения датчиков освещенности к плате-расширителю.



Перед подключением кабелей рекомендуется нанести небольшое количество фиксирующего состава на края разъемов платы-расширителя.

По согласованию с поставщиком платформы МКА, кабели датчиков освещенности могут быть нераспаянными. В таком случае меняется порядок операций по монтажу изделия. В первую очередь необходимо произвести монтаж датчиков освещенности на солнечные панели в соотв. с [разделом 4.5 \(с. 22\)](#), а затем проложить кабельную сеть ([раздел 4.4 \(с. 16\)](#)).

Более подробно процесс пайки кабелей датчиков освещенности описан в [разделе 4.6 \(с. 22\)](#).

### 4.3 Стыковка изделия с платформой МКА

После подключения датчиков освещенности к плате-расширителю можно приступить к стыковке изделия с платформой МКА.

Стыковка изделия с платформой производится в соотв. с руководством по эксплуатации для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 (SXC PЭ).

### 4.4 Прокладка кабельной сети

После стыковки изделия с платформой МКА можно приступить к прокладке кабельной сети. При прокладке кабельной сети применяются следующие рекомендации:

1. Кабели прокладывать через щели между нижней (верхней) солнечной панелью и корпусом МКА.
2. При невозможности прокладки через щели, кабели допускается зажимать между солнечными панелями и корпусом МКА.
3. Для датчиков оси Z кабели прокладывать через отверстие в подложке солнечной панели.
4. Для датчиков оси Y может потребоваться доработка корпуса платформы МКА.
5. Допускается закреплять кабели на корпусе МКА с помощью клея или каптоновой ленты.

На [рисунках 4.5 \(с. 19\), 4.6 \(с. 19\), 4.7 \(с. 20\), 4.8 \(с. 20\), 4.9 \(с. 21\) и 4.10 \(с. 21\)](#) показаны примеры маршрутов кабельной сети.



Рисунок 4.1 — Расположение датчиков освещенности

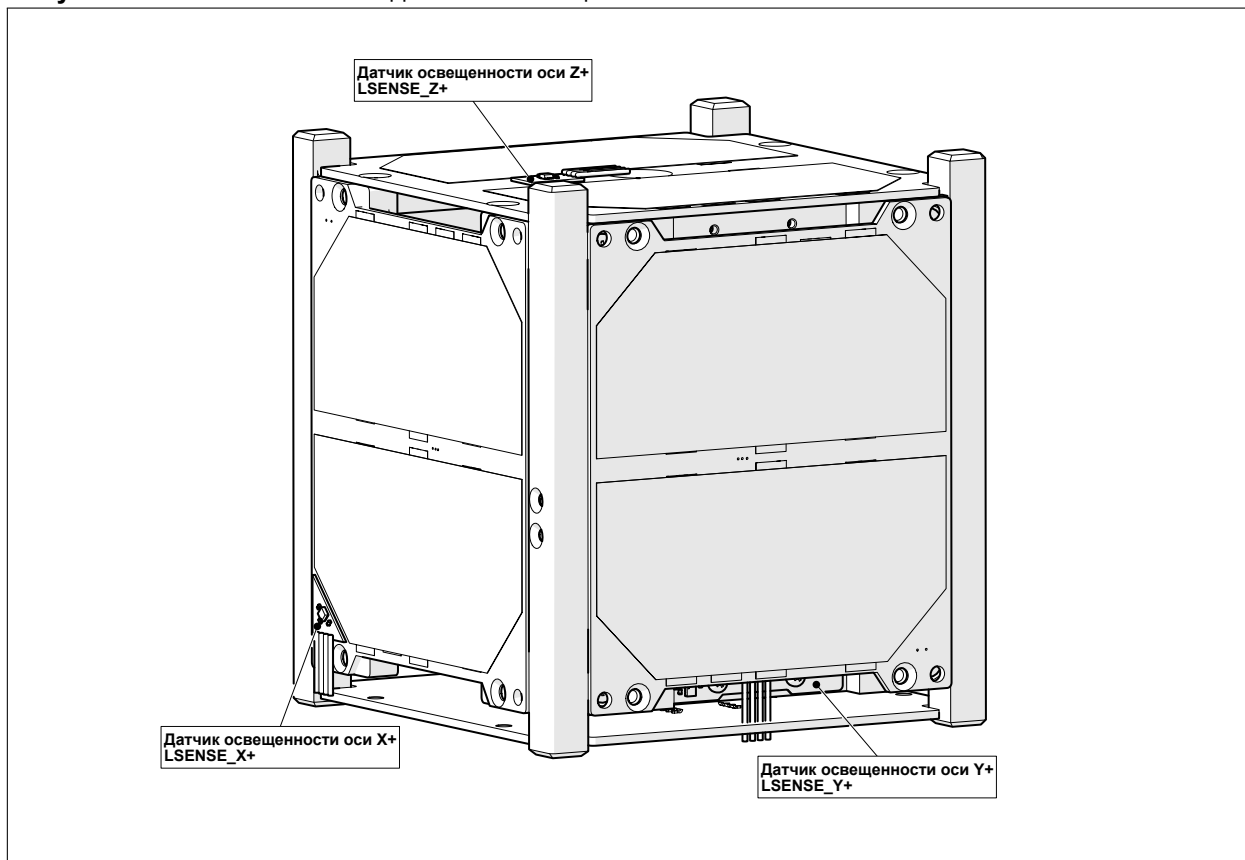
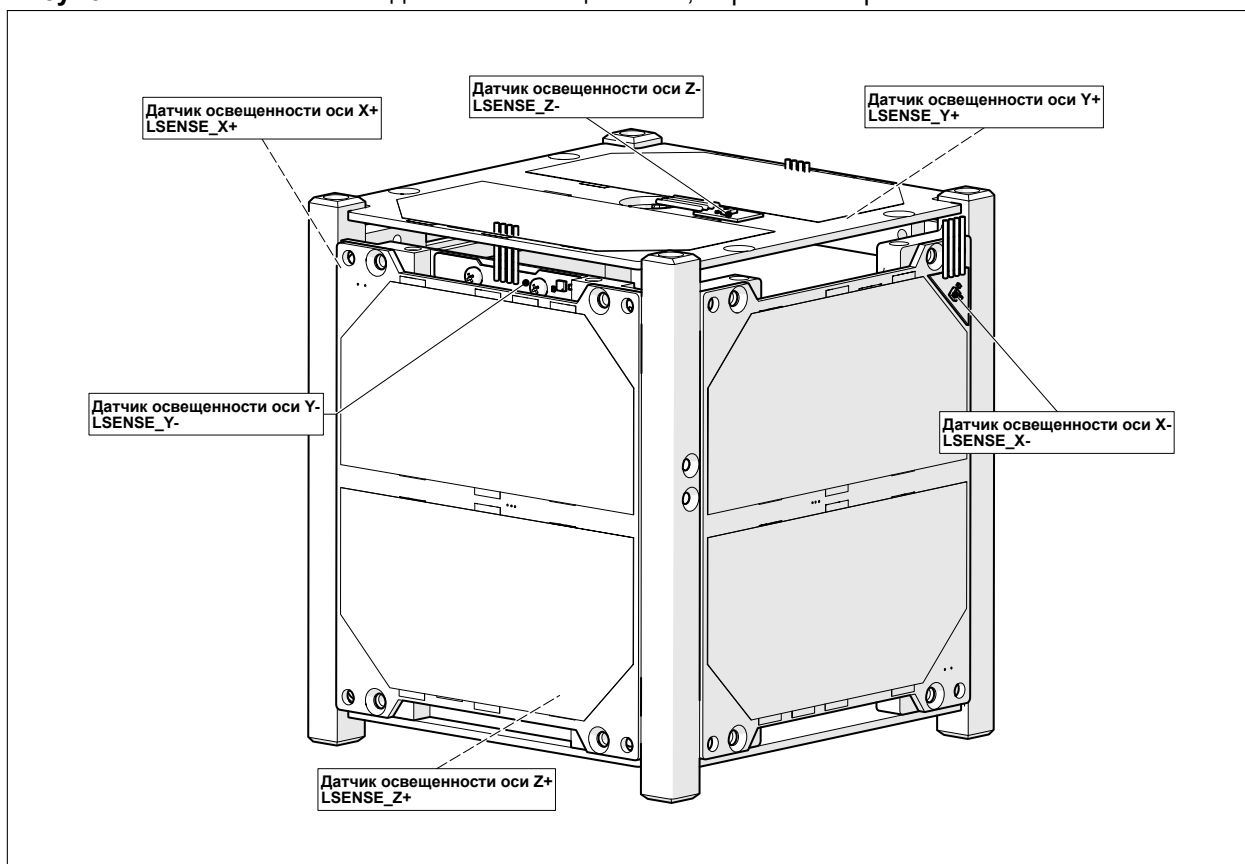
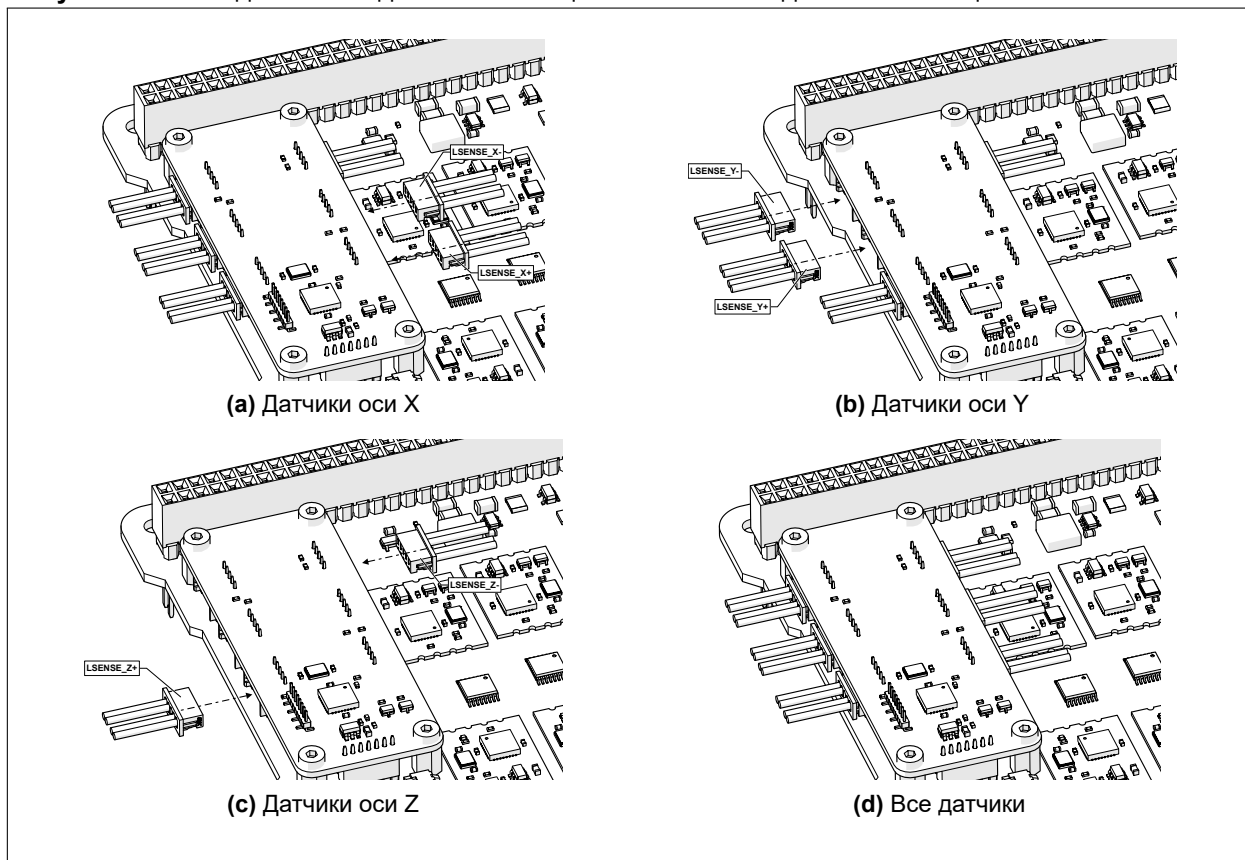


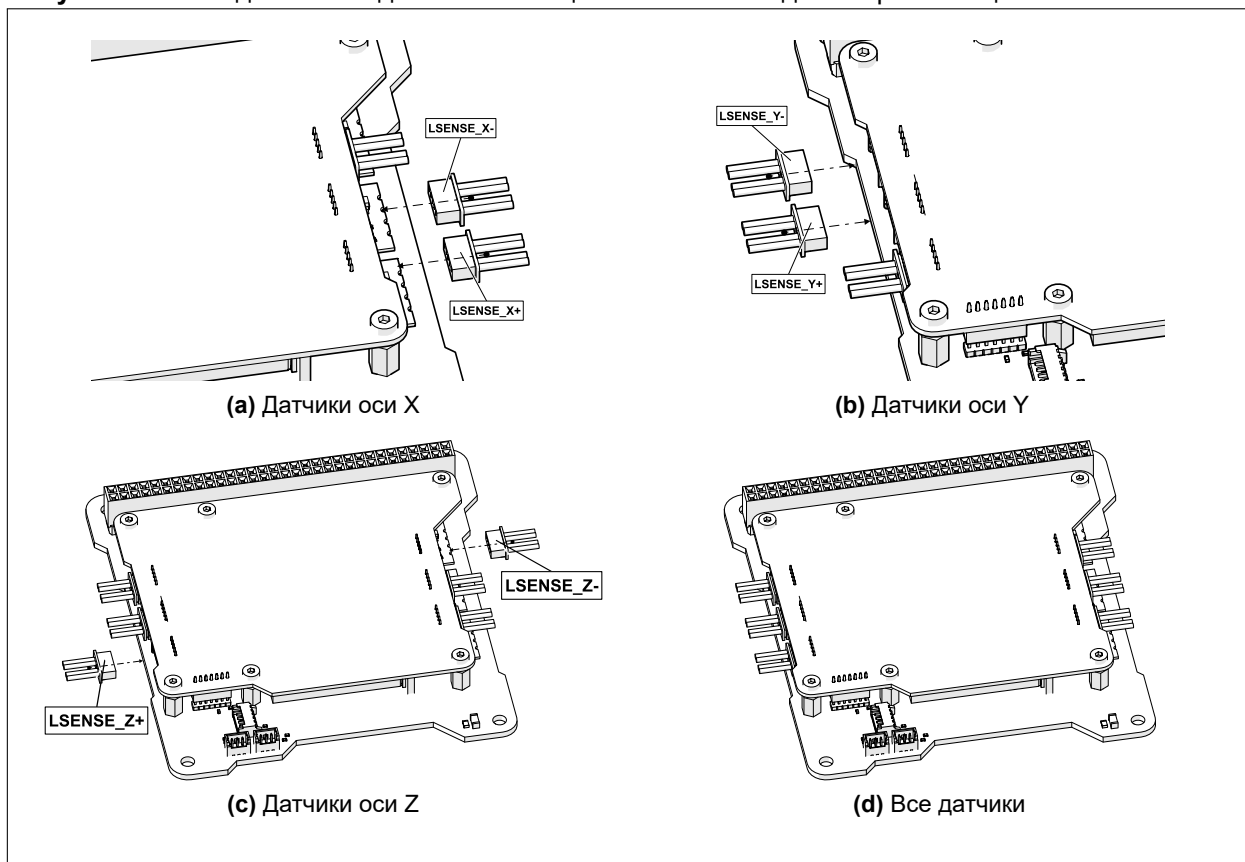
Рисунок 4.2 — Расположение датчиков освещенности, обратная сторона

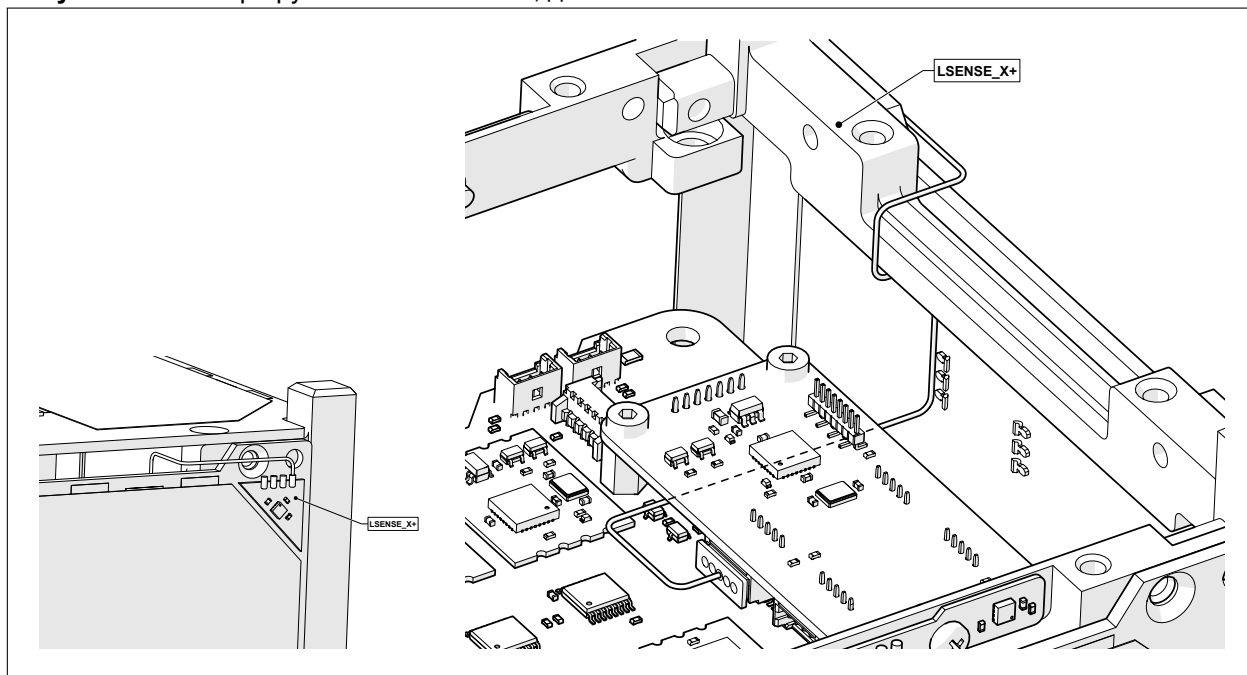
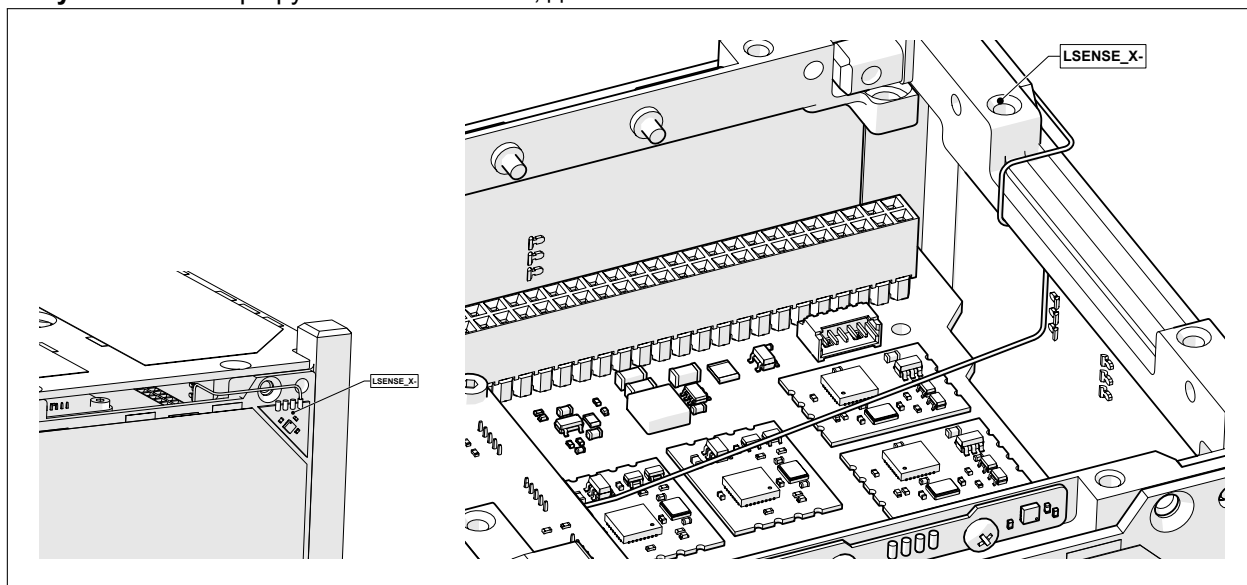


**Рисунок 4.3** — Подключение датчиков освещенности – плата датчиков освещенности



**Рисунок 4.4** — Подключение датчиков освещенности – плата детектора частиц

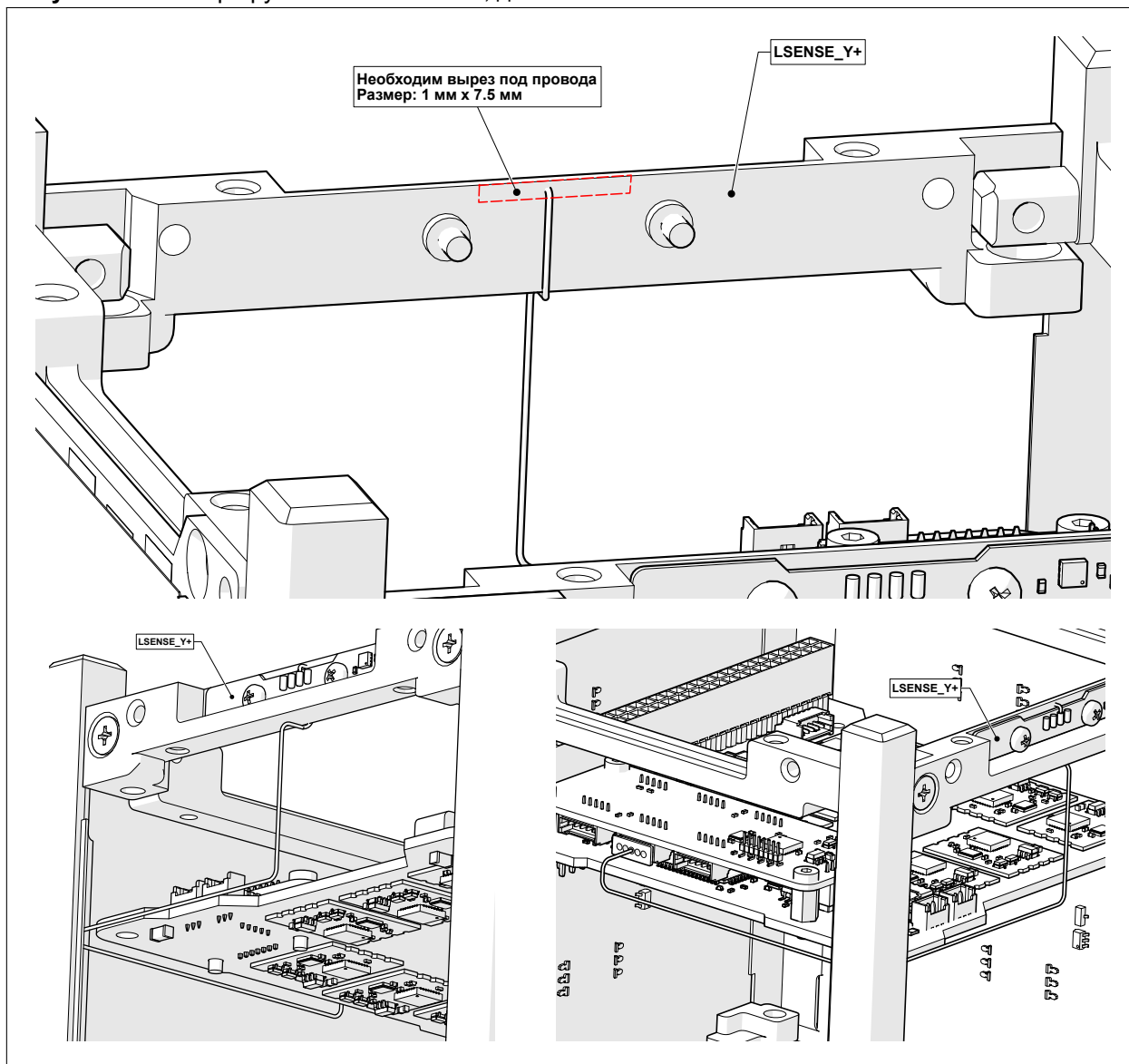


**Рисунок 4.5** — Маршруты кабельной сети, датчики оси X+**Рисунок 4.6** — Маршруты кабельной сети, датчики оси X-



Для установки датчиков оси Y необходимо сделать пропилы размером 7.5 мм × 1 мм. Расположение пропилов показано на рисунках ниже.

**Рисунок 4.7** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Y+



**Рисунок 4.8** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Y-

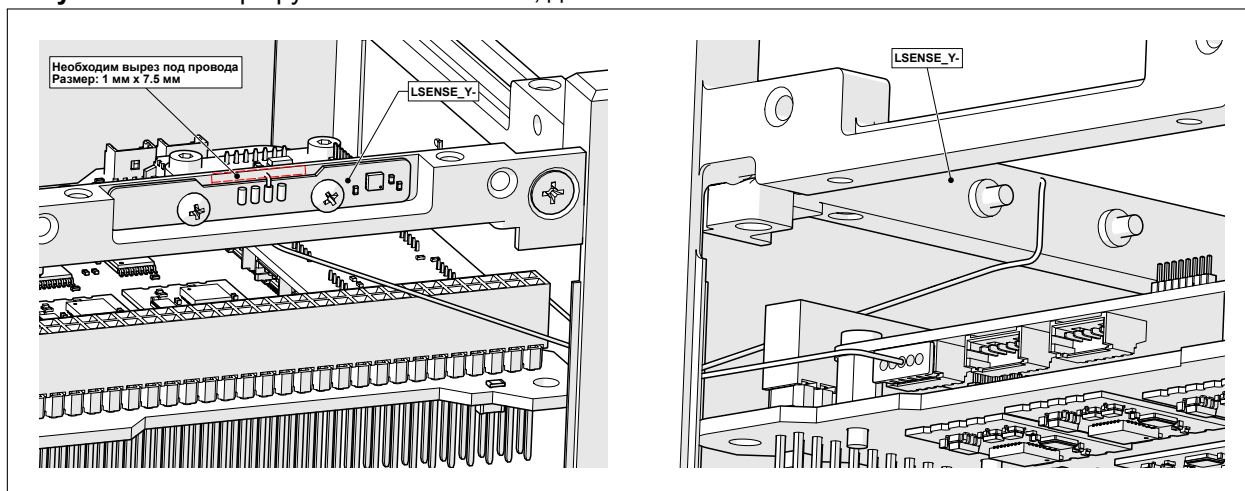


Рисунок 4.9 — Маршруты кабельной сети, датчики оси Z+

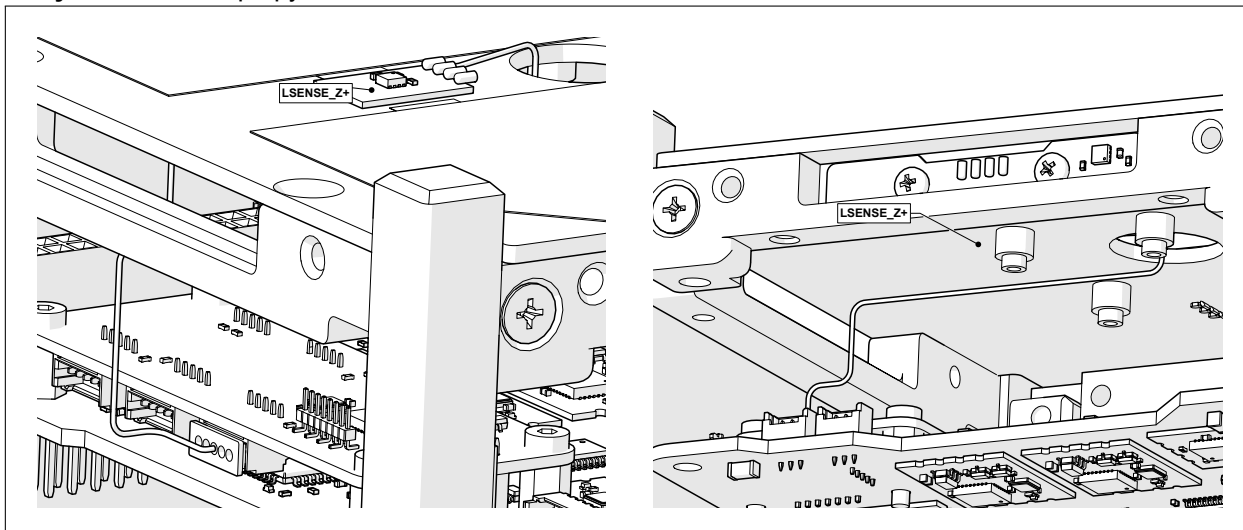
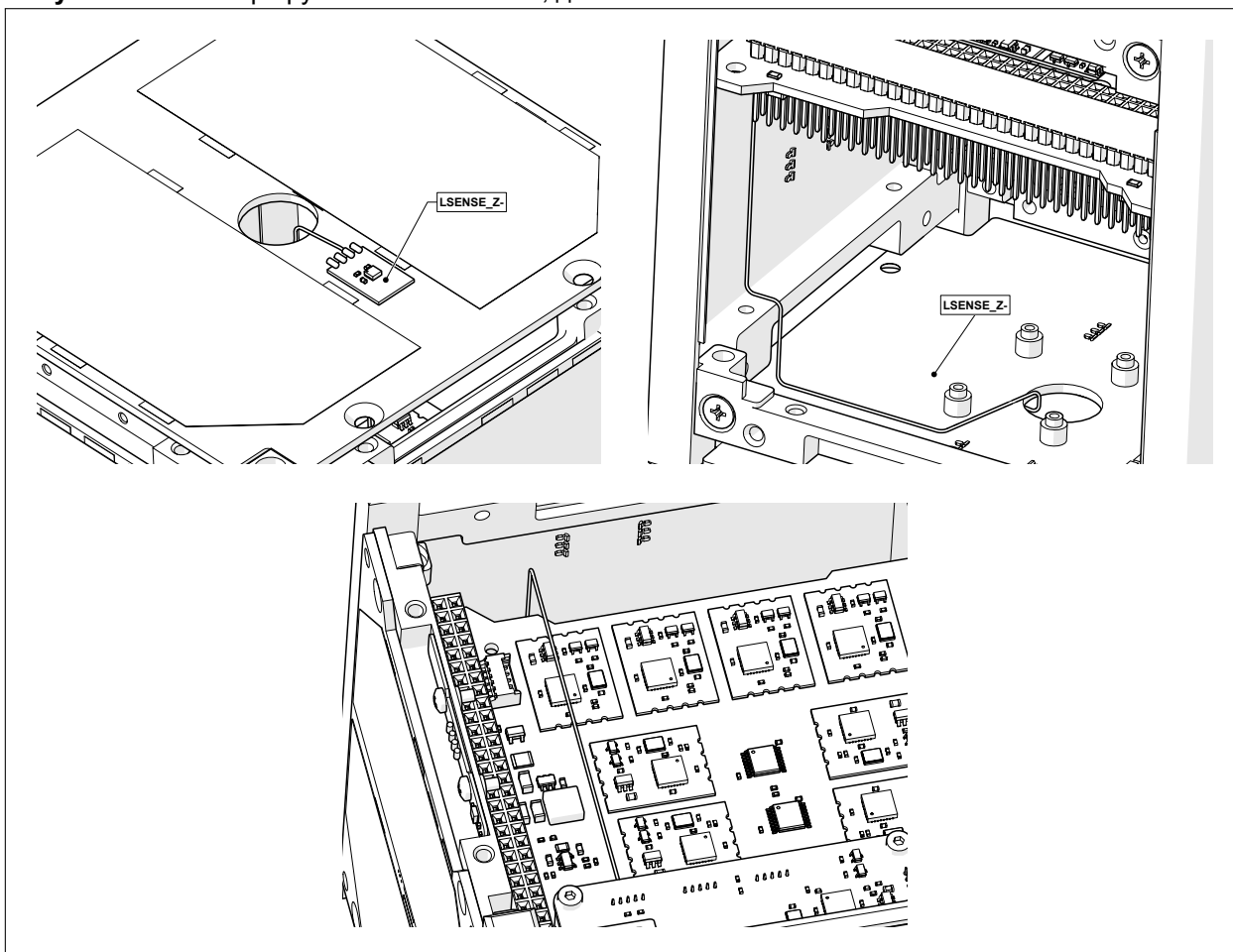


Рисунок 4.10 — Маршруты кабельной сети, датчики оси Z-



## 4.5 Монтаж датчиков освещенности

При монтаже датчиков освещенности применяются следующие рекомендации:

1. Датчики освещенности по осям X и Z закреплять на посадочных местах эпоксидным клеем. Клей наносить равномерно на нижнюю поверхность датчика. Не допускается попадание клея на верхнюю поверхность датчика.
2. Датчик освещенности по оси Y закреплять на посадочном месте с помощью двух винтов M2.
3. На места соединения кабелей и датчиков освещенности нанести небольшое количество фиксирующего состава.

На [рисунке 4.11](#) (с. 22) показан способ монтажа датчиков освещенности.

## 4.6 Пайка кабелей датчиков освещенности

При пайке кабелей датчиков освещенности применяются следующие рекомендации:

1. Использовать припои ПОС-60, ПОС-61 или ПОС-63. Использование бессвинцовых припоев не допускается.
2. Пайку производить при температуре не выше 300°C.
3. Использовать неактивные безотмывочные флюсы. Не допускается использование флюсов на основе ортофосфорной кислоты.
4. Перед пайкой закрывать компоненты платы полиамидной лентой.
5. После пайки протереть датчики освещенности изопропиловым спиртом.

На [рисунке 4.12](#) (с. 23) приведена маркировка контактов датчиков освещенности. Провода в составе кабелей датчиков освещенности должны быть припаяны к контактам в соотв. с маркировкой.

**Рисунок 4.11** — Монтаж датчиков освещенности

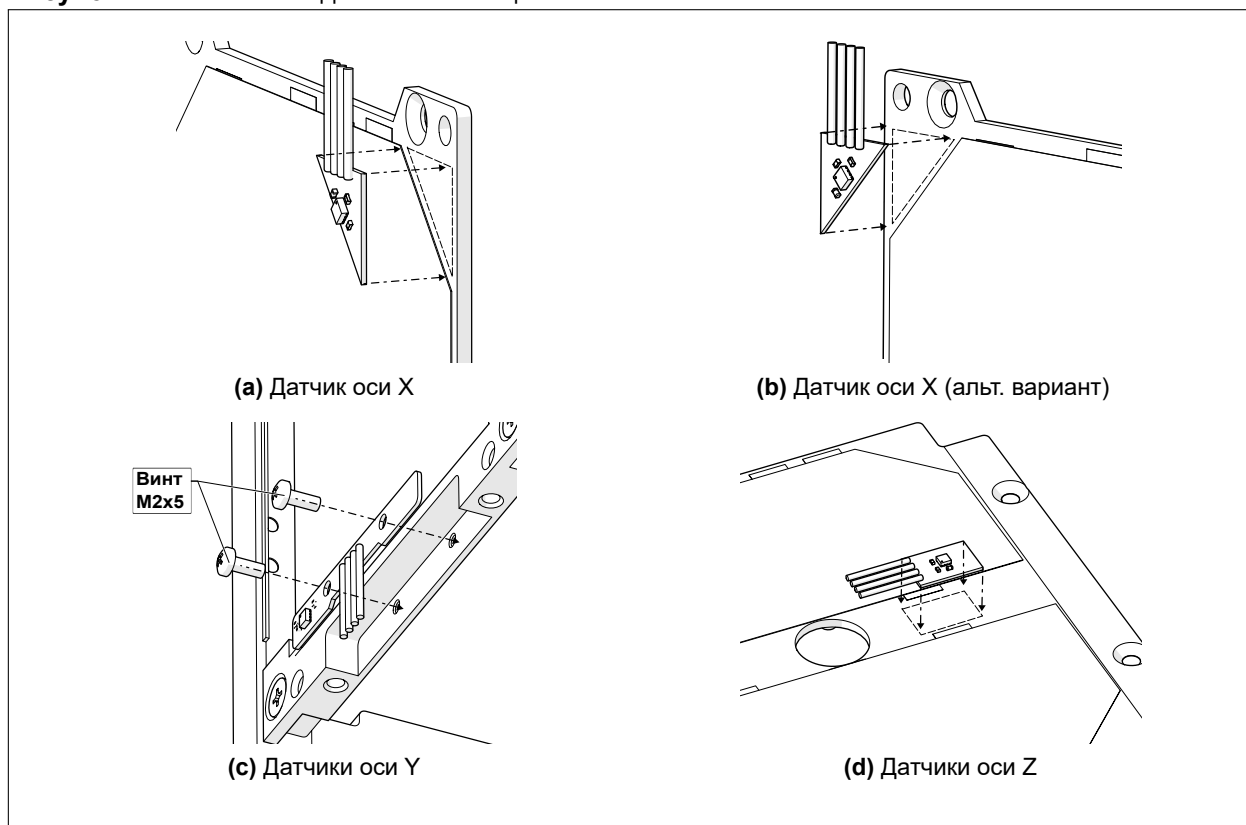
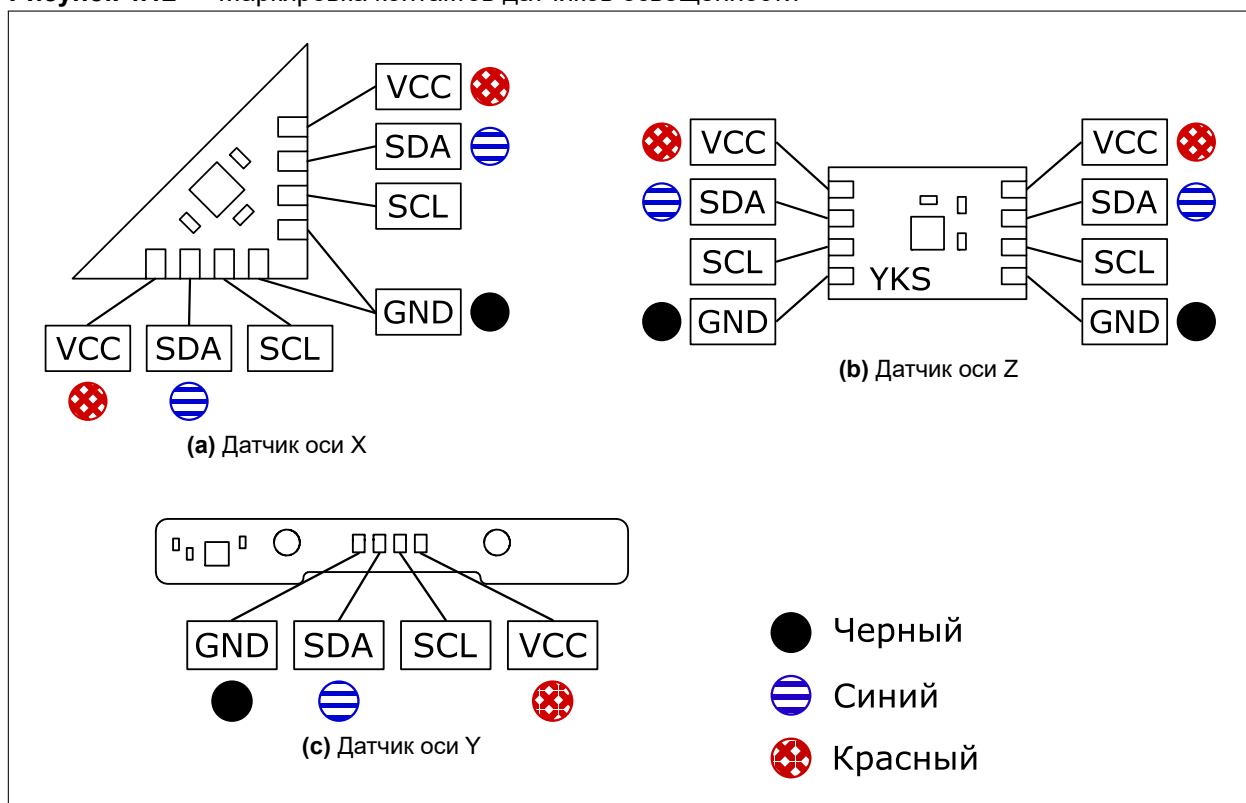


Рисунок 4.12 — Маркировка контактов датчиков освещенности



## 4.7 Проверка работоспособности собранного изделия

После завершения интеграции изделия с платформой необходимо провести проверку работоспособности. Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. Подайте питание на платформу МКА в соотв. с руководством по эксплуатации для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 (SXC РЭ).
2. Дождитесь завершения инициализации платформы МКА.
3. Подайте питание на изделие, включив 4 канал коммутатора питания СЭП платформы МКА.
4. Дождитесь включения светодиодов индикации STATUS0 и STATUS1.
5. Дождитесь появления сообщения 0x0102 MSG\_MODE\_NORMAL в ПО Houston.
6. Загрузите на изделие диагностическую микропрограмму по инструкциям из РЭ Houston Firmware Manager на адреса 0x1C и 0x1D.
7. Проконтролируйте выполнение следующих команд:
  - 7.1. Отправить из Houston Control Center команду FFE0 (запрос версии микропрограммы) на адрес 0x1C, ответом должен быть пакет с кодом FFE1.
  - 7.2. Проверить поля пакета FFE1 на соотв. с паспортом изделия.
  - 7.3. Повторить операции для адреса 0x1D.
  - 7.4. Отправить из Houston Control Center команду 0804 (самодиагностика) на адрес 0x1C, изделие должно вернуть ответ ACK и начать самодиагностику.
  - 7.5. Дождаться пакета 0884 с результатами самодиагностики. Проверить, что:
    - поле STATUS равно 0x00;
    - поле NODES\_DETECTED равно 6;
    - поле DET\_I2C\_ADDR равно 0x2A;
  - 7.6. Повторить операции для адреса 0x1D. Проверить, что:
    - поле STATUS равно 0x00;
    - поле NODES\_DETECTED равно 7;
    - поле DET\_I2C\_ADDR равно 0x2A;
8. Отключите питание.

## **5 Хранение и транспортировка**

### **5.1 Хранение**

В упаковке изготовителя в вакуумном пакете при соблюдении соответствующего температурного диапазона (от -40 до +60°C) хранение допускается без дополнительных ограничений в течение гарантийного периода.

В упаковке изготовителя вне вакуумного пакета хранение допускается в течение гарантийного периода при условии соблюдения температурного режима хранения и при относительной влажности воздуха в диапазоне 20–60%.

Вне упаковки изготовителя изделие должно храниться в жёсткой упаковке, исключающей любые механические повреждения, попадание влаги и мусора.

### **5.2 Транспортировка**

Транспортировку изделия производят в упаковке изготовителя или в составе изделия, в котором прибор установлен, при температуре окружающей среды от -40 до +60°C автомобильным, железнодорожным, воздушным или водным транспортом без ограничения скоростей, расстояний и высоты полёта.

В упаковке изготовителя вне вакуумного пакета транспортировка изделия допускается любым видом транспорта на неограниченное расстояние с соблюдением температурного диапазона хранения при относительной влажности воздуха 20-60%. Образование конденсата не допускается!

Вне упаковки изготовителя вне зависимости от наличия вакуумного пакета транспортировка должна проводиться в жёсткой упаковке, исключающей механические повреждения. Упаковка должна содержать ударопоглощающие наполнители.



## История изменений

ВЕРСИЯ	ДАТА	АВТОР	СПИСОК ИЗМЕНЕНИЙ
A0	06.08.2023	Петров А. Н.	Начальная версия.
B0	14.08.2023	Петров А. Н. Илларионов Т. А.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Добавлен диаметр проводов в <a href="#">таблицу 2.12 (с. 14)</a>.</li> <li>– Добавлен <a href="#">раздел «Прокладка кабельной сети»</a>, номера следующих разделов изменены.</li> <li>– Добавлены <a href="#">рисунки 4.5 (с. 19)</a>, <a href="#">4.6 (с. 19)</a>, <a href="#">4.7 (с. 20)</a>, <a href="#">4.8 (с. 20)</a>, <a href="#">4.9 (с. 21)</a> и <a href="#">4.10 (с. 21)</a>.</li> <li>– Мелкие исправления.</li> </ul>
B1	20.08.2023	Петров А. Н. Журавлева А. А.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Исправлено оформление таблиц <a href="#">2.1</a>, <a href="#">2.3</a>, <a href="#">2.6</a>.</li> <li>– Доработано оформление заголовков.</li> <li>– Мелкие исправления.</li> </ul>
C0	10.05.2024	Петров А. Н. Илларионов Т. А.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Добавлена информация по варианту изделия с детектором частиц.</li> <li>– Добавлены рекомендации по пайке датчиков освещенности.</li> <li>– Добавлено описание маркировки контактов датчиков освещенности.</li> <li>– Мелкие исправления.</li> </ul>

## Приложение А. Глоссарий

<b>МКА</b>	<i>Синонимы: КА, спутник.</i> Малый космический аппарат.
<b>Платформа МКА</b>	<i>Синонимы: платформа.</i> Комплект вспомогательных систем (система электропитания, радиосвязи, ориентации и т.п.) от стороннего поставщика, обеспечивающий все необходимые средства для функционирования ПН.
<b>ПН</b>	<i>Синонимы: полезная нагрузка, модуль ПН.</i> Устройство или набор устройств КА, обеспечивающий выполнение задач миссии КА. Устанавливается на борт КА и интегрируется с платформой.
<b>РЭ</b>	Руководство по эксплуатации.
<b>МК</b>	<i>Синонимы: MCU.</i> Микроконтроллер.
<b>СЭП</b>	Система энергопитания.
<b>ICD</b>	Interface Control Document (Интерфейсный Контрольный Документ).
<b>CAN</b>	(Controller Area Network – сеть контроллеров) – стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть исполнительных устройств и датчиков.
<b>I2C</b>	<i>Синонимы: TWI, Two-Wire Interface.</i> Inter-Integrated Circuit – последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов.
<b>SPI</b>	Интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами.
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – Универсальный асинхронный приёмопередатчик, узел вычислительных устройств.
<b>1WIRE</b>	Однопроводной интерфейс для двухсторонней передачи данных, разработанный компанией Dallas Semiconductor.
<b>JTAG</b>	(Joint Test Action Group) – отладочный интерфейс на базе стандарта IEEE 1149.1.
<b>ISP</b>	In-System Programming – процесс обновления микропрограммы в микроконтроллере, не требующий его извлечения из платы, и одноименный интерфейс.

*This page is intentionally left blank.*



ООО «ЯКС»  
677009, Россия, г. Якутск, ул. Дзержинского, 76, блок С, офис 203  
Тел.: [+7\(914\)228-06-39](tel:+7(914)228-06-39), E-mail: [contact@yktaero.space](mailto:contact@yktaero.space)

Распространяется по лицензии [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Сборка: -/-, номер CI: -/-, коммит: 1dffb723  
YKSA-469010 C0 10.05.2023 – <https://docs.yktaero.space/docs/YKSA-469010>