



ЯКУТСКИЕ  
АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ

# YKSA-469010

Версия B0 – 14.08.2023

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. B0

Платформа МКА: СПУТНИКС SXC1

## Hardware Installation Manual

YKTS-PL-EDU16-SPTX rev. B0  
CubeSat Payload Module

Applicable bus: SPUTNIX SXC1

---

Подготовлено:  
Петров А.Н.

—

---

Согласовано:

—

—

---

Утверждено:  
Илларионов Т.А.

—



# 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  | 6         |
| 2.4      | Устройство изделия  | 7         |
| 2.4.1    | Расположение разъемов   | 7         |
| 2.4.2    | Назначение выводов разъемов                                       | 9         |
| 2.4.2.1  | Разъем J1 (DEBUG_PWR)   | 9         |
| 2.4.2.2  | Разъем J3 (разъем платы-расширителя)                              | 9         |
| 2.4.2.3  | Разъем J4 (разъем PC/104)   | 10        |
| 2.4.2.4  | Разъем J5 (разъем доп. устройств TWI_EXT)                         | 10        |
| 2.4.2.5  | Разъемы J6 и J7 (JTAG0 и JTAG1)                                   | 10        |
| 2.4.2.6  | Разъемы J8 и J9 (UART0 и UART1)                                   | 11        |
| 2.4.2.7  | Разъемы датчиков освещенности LSENSE                              | 11        |
| 2.4.3    | Датчики освещенности  | 11        |
| <b>3</b> | <b>Подготовка изделия к монтажу</b>                               | <b>14</b> |
| 3.1      | Меры предосторожности   | 14        |
| 3.2      | Проверка комплектности  | 14        |
| 3.3      | Внешний осмотр изделия  | 14        |
| 3.4      | Проверка работоспособности изделия                                | 14        |
| <b>4</b> | <b>Монтаж изделия</b>   | <b>15</b> |
| 4.1      | Расположение датчиков освещенности                                | 15        |
| 4.2      | Подключение датчиков освещенности                                 | 15        |
| 4.3      | Стыковка изделия с платформой МКА                                 | 15        |
| 4.4      | Прокладка кабельной сети  | 15        |
| 4.5      | Монтаж датчиков освещенности                                      | 21        |
| 4.6      | Проверка работоспособности собранного изделия                     | 22        |
| <b>5</b> | <b>Хранение и транспортировка</b>                                 | <b>23</b> |
| 5.1      | Хранение  | 23        |
| 5.2      | Транспортировка   | 23        |
|          | <b>История изменений</b>  | <b>24</b> |
|          | <b>Список недоработок</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 на платформу 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

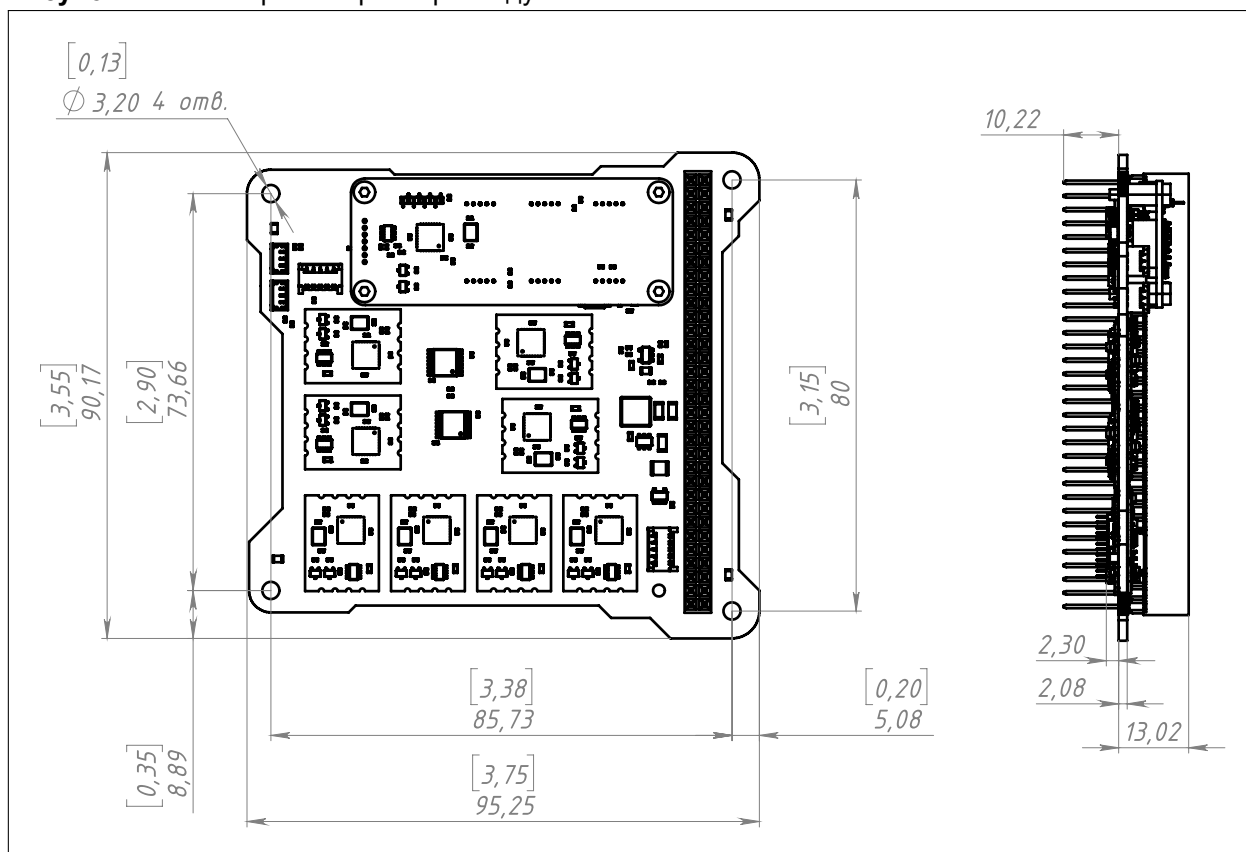
Изделие выполнено в соответствии с требованиями интерфейсного контрольного документа SXC ICD и представляет собой набор печатных плат с разъемами для подключения внешних устройств и разъемом для подключения к платформе МКА SXC1.

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

На [таблице 2.1](#) (с. 5) приведены технические характеристики изделия.

На [таблице 2.2](#) (с. 6) приведены предельные эксплуатационные характеристики.

**Рисунок 2.1** — Габаритные размеры модуля ПН



**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   |       | Высота     |

## Технические характеристики изделия (продолжено)

| ПАРАМЕТР                               | ЗНАЧЕНИЕ               |      |       | ПРИМЕЧАНИЕ                           |
|--|------------------------|------|-------|--------------------------------------|
|  | МИН.                   | ТИП. | МАКС. |                                      |
| Масса, г                               |                        | 66   |       |                                      |
| Потребляемая мощность, Вт              | 0.1                    | 1    | 2     |                                      |
| Рабочий диапазон температур, °C        | -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 выводах, В                                      | -0.5     |      | 3.6   |            |
| Статический разряд, кВ  |          |      | 2     |            |
| Рабочий диапазон температур, °C                                   | -40      |      | 85    |            |
| Линейное квазистатическое ускорение, g                            | 10       | 20   | 50    |            |
| Широкополосные случайные вибрации, среднеквадратичное значение, 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 состав изделия входят 16 плат кластера микроконтроллеров, несущая плата формата PC/104 с интерфейсами платформы и разъемами внешних устройств, плата-расширитель с комплектом внешних датчиков освещенности. Состав включенных плат можно изменять в соответствии с потребностями заказчика.

В [таблице 2.3 \(с. 6\)](#) указана базовая комплектация изделия.

Таблица 2.3 — Базовая комплектация изделия

| № | НАИМЕНОВАНИЕ         | КОЛ-ВО | ПРИМЕЧАНИЕ                |
|---|----------------------|--------|---------------------------|
| 1 | Несущая плата PC/104 | 1      |                           |
| 2 | Плата МК кластера    | 16     | Припаяны на несущую плату |

## Базовая комплектация изделия (продолжено)

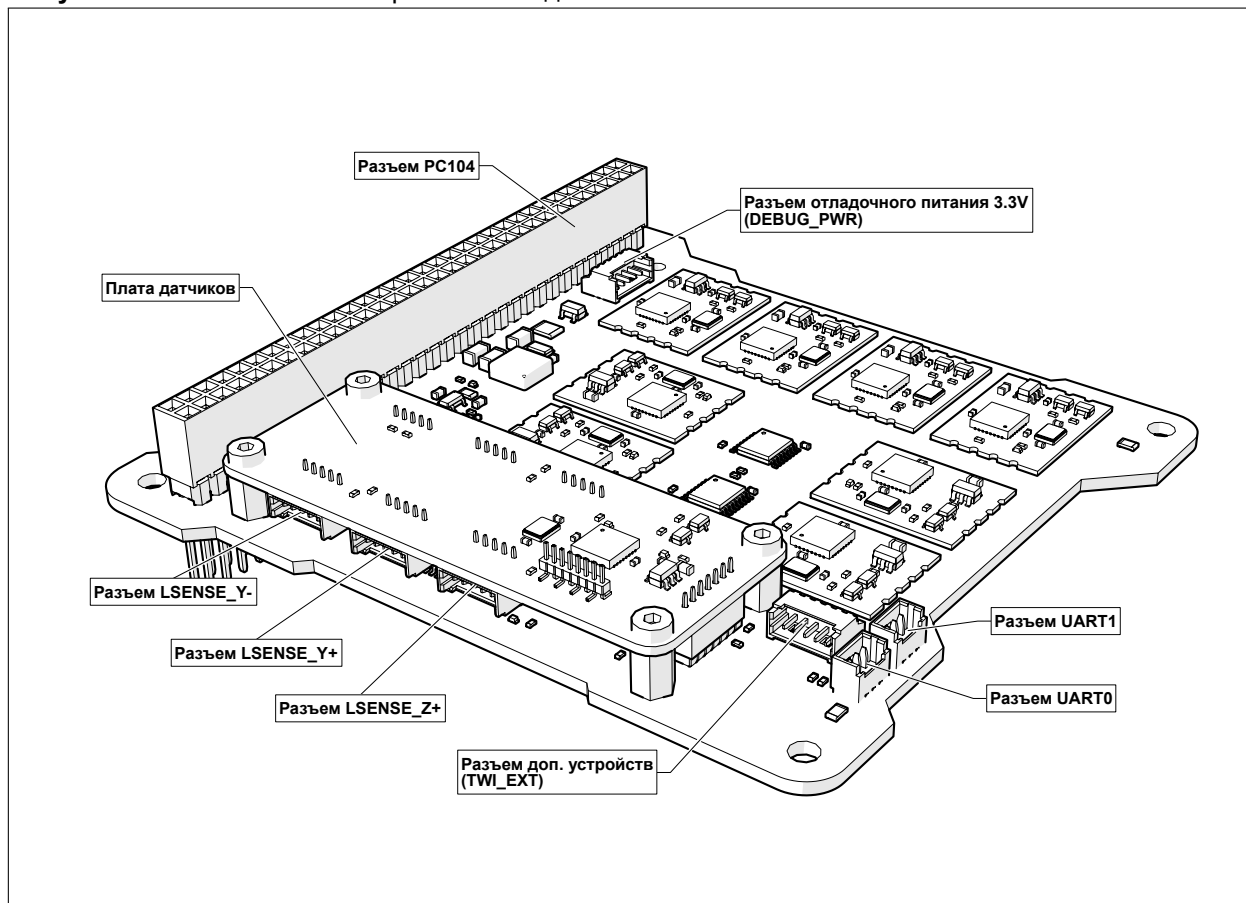
| №  | НАИМЕНОВАНИЕ                              | КОЛ-ВО | ПРИМЕЧАНИЕ                        |
|----|---|--------|-----------------------------------|
| 3  | Плата-расширитель (плата датчиков)        | 1      | Разъемы для датчиков освещенности |
| 4  | Датчик освещенности по оси X+ (LSENSE_X+) | 2      | С кабелем, 2 варианта подключения |
| 5  | Датчик освещенности по оси X- (LSENSE_X-) | 2      | С кабелем, 2 варианта подключения |
| 6  | Датчик освещенности по оси Y+ (LSENSE_Y+) | 1      | С кабелем                         |
| 7  | Датчик освещенности по оси Y- (LSENSE_Y-) | 1      | С кабелем                         |
| 8  | Датчик освещенности по оси Z+ (LSENSE_Z+) | 1      | С кабелем                         |
| 9  | Датчик освещенности по оси Z- (LSENSE_Z-) | 1      | С кабелем                         |
| 10 | Отладочный адаптер                        | 2      | Опционально                       |
| 11 | Кабель с конвертером UART-USB             | 2      | Опционально                       |
| 12 | Кабель отладочного питания                | 1      | Опционально                       |
| 13 | Паспорт изделия                           | 1      |                                   |
| 14 | Руководство по интеграции                 | 1      |                                   |

## 2.4 Устройство изделия

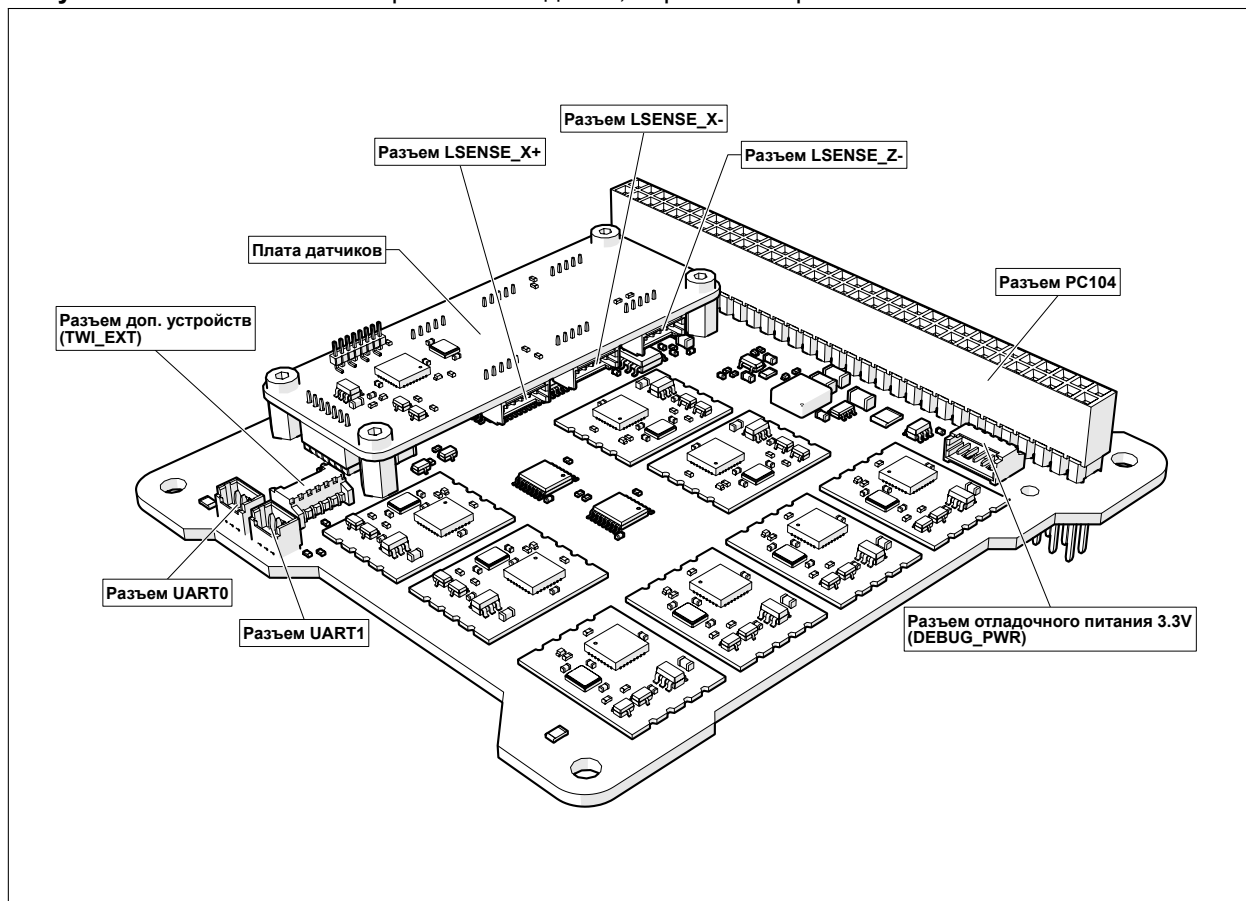
### 2.4.1 Расположение разъемов

На [рисунках 2.2 \(с. 8\)](#) и [2.3 \(с. 8\)](#) показано расположение разъемов на собранном изделии. Перечень используемых разъемов приведен в [таблице 2.4 \(с. 9\)](#).

**Рисунок 2.2** — Расположение разъемов изделия



**Рисунок 2.3** — Расположение разъемов изделия, 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. 9).

**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. 9).

**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. |

Назначение выводов разъема J3 (продолжено)

| № ВЫВОДА | СИГНАЛ | ОПИСАНИЕ                                   |
|----------|--------|--|
| 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 \(с. 10\)](#) приведены только используемые изделием выводы.

**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.  |

**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 \(с. 10\)](#).

**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 \(с. 10\)](#).

**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 \(с. 11\)](#).

**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 \(с. 11\)](#). 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 предназначены для монтажа на солнечные панели МКА. Датчики освещенности измеряют освещенность в трех ортогональных направлениях.

Датчики освещенности подключаются к разъемам LSENSE\_X+, LSENSE\_X-, LSENSE\_Y+, LSENSE\_Y-, LSENSE\_Z+, LSENSE\_Z- соответственно. Кабели датчиков освещенности припаяны к контактным площадкам. На [рисунках 2.4 \(с. 12\)](#), [2.5 \(с. 12\)](#) и [2.6 \(с. 12\)](#) изображены датчики освещенности с обозначениями вариантов.

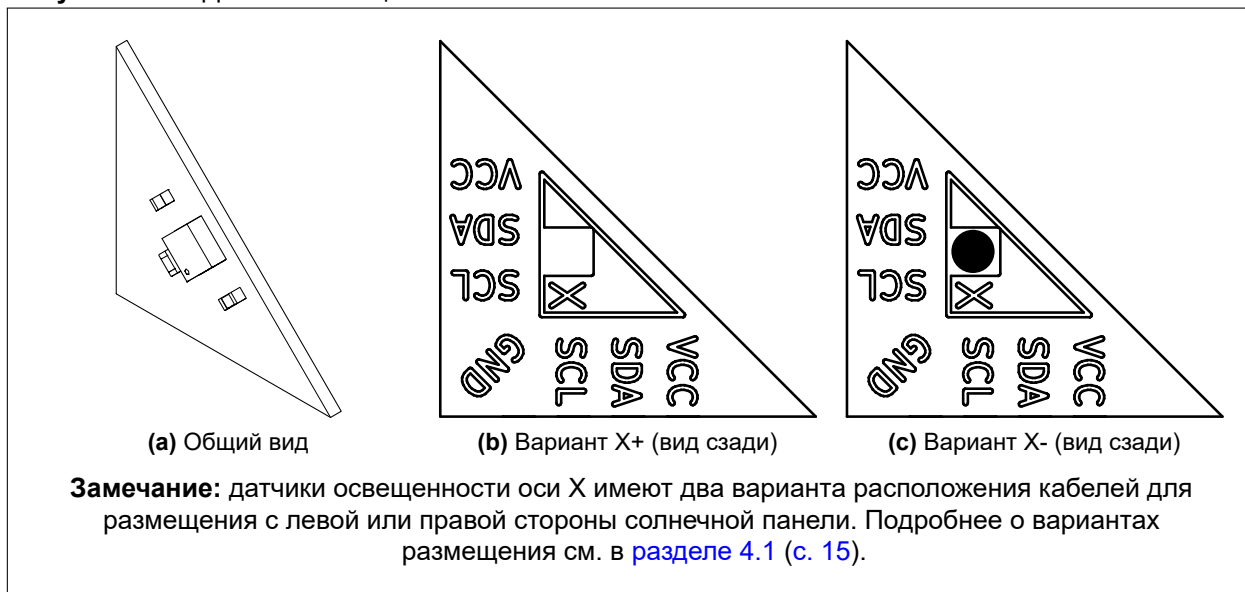
Габаритные размеры датчиков освещенности приведены на [рисунках 2.7 \(с. 13\)](#), [2.8 \(с. 13\)](#) и [2.9 \(с. 13\)](#).

В [таблице 2.12 \(с. 13\)](#) приведены параметры кабелей датчиков освещенности.

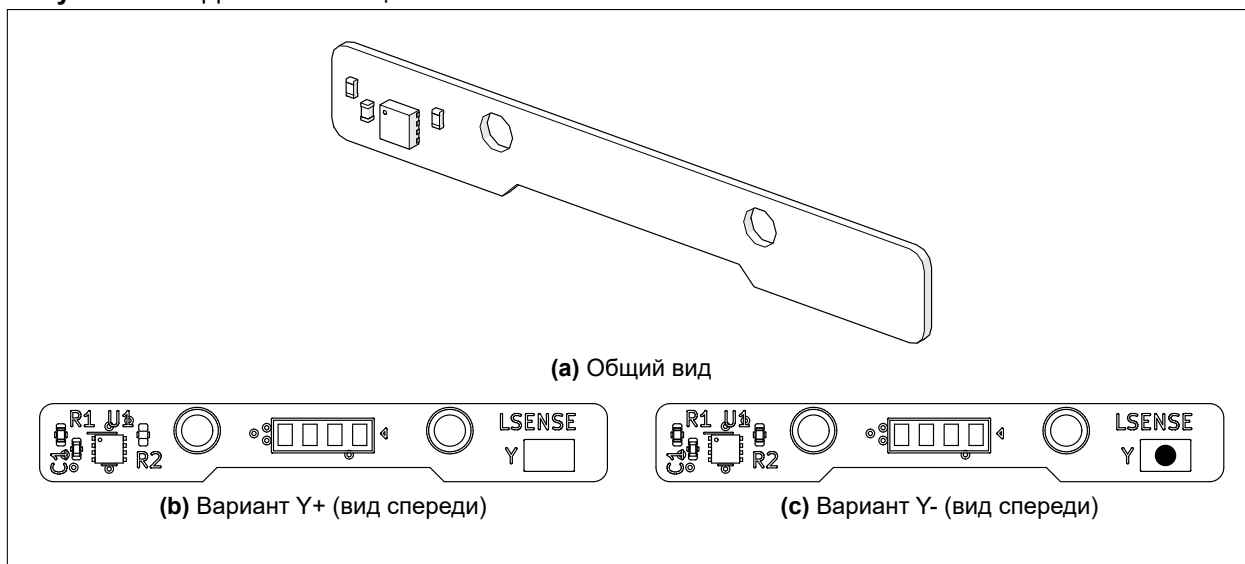


Названия осей датчиков освещенности могут не совпадать с осями космического аппарата. При необходимости оси датчиков освещенности можно поменять программно.

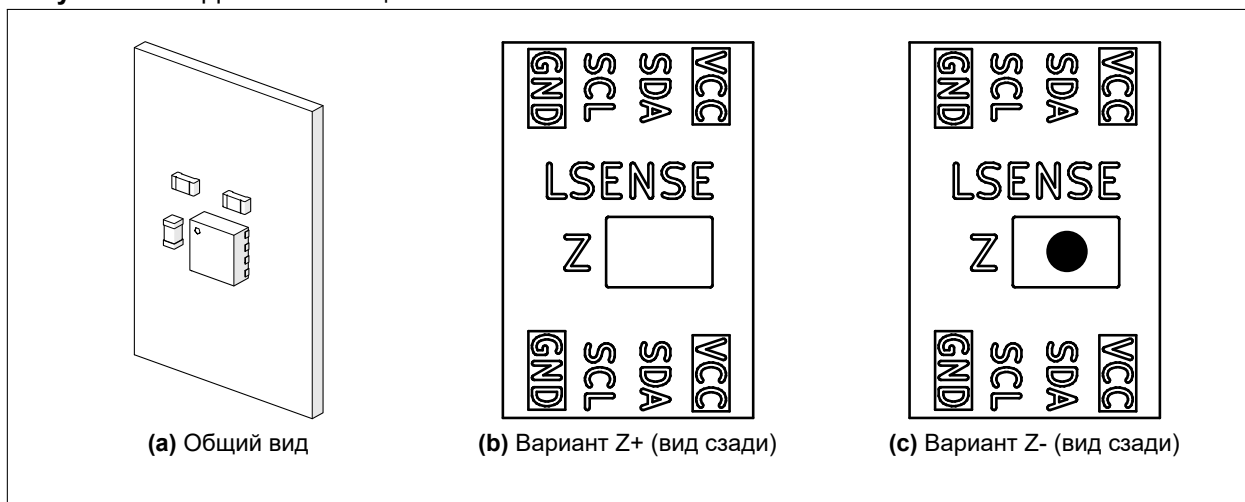
**Рисунок 2.4** — Датчики освещенности оси X

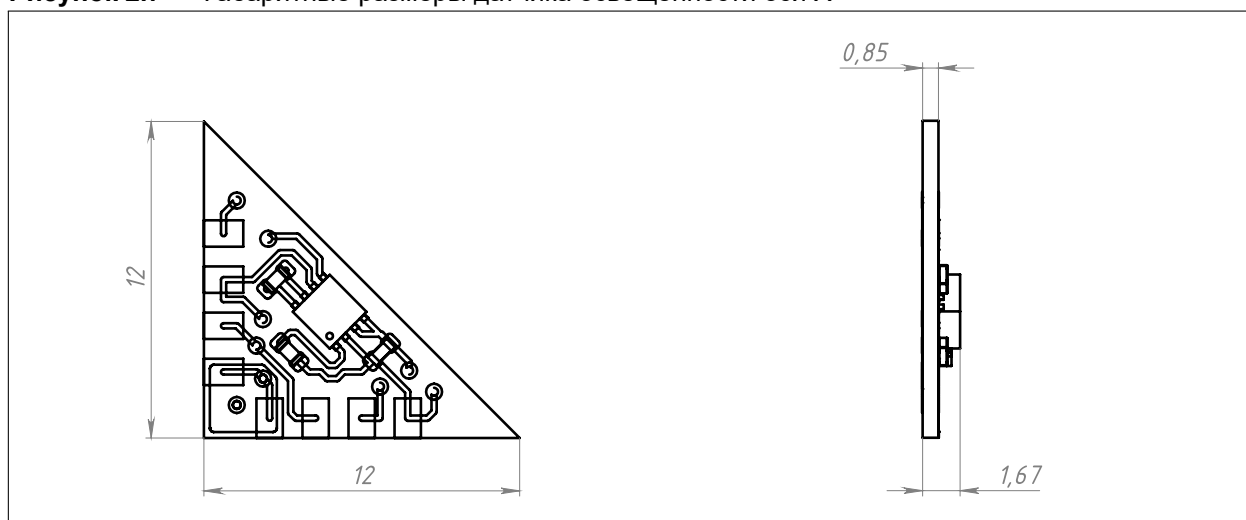
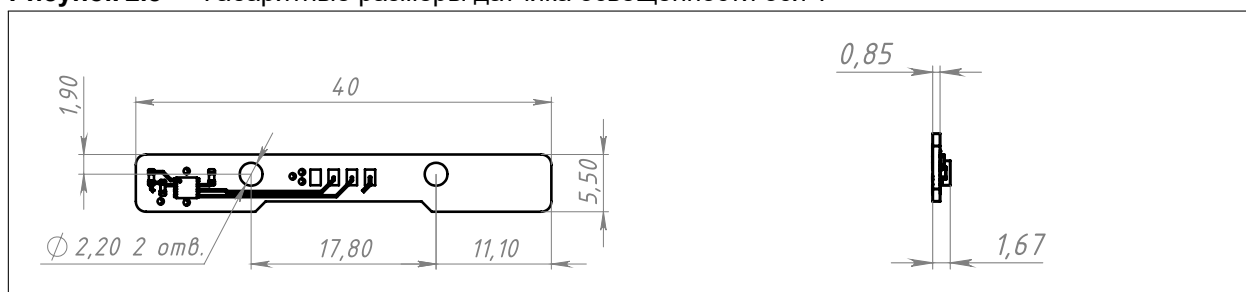
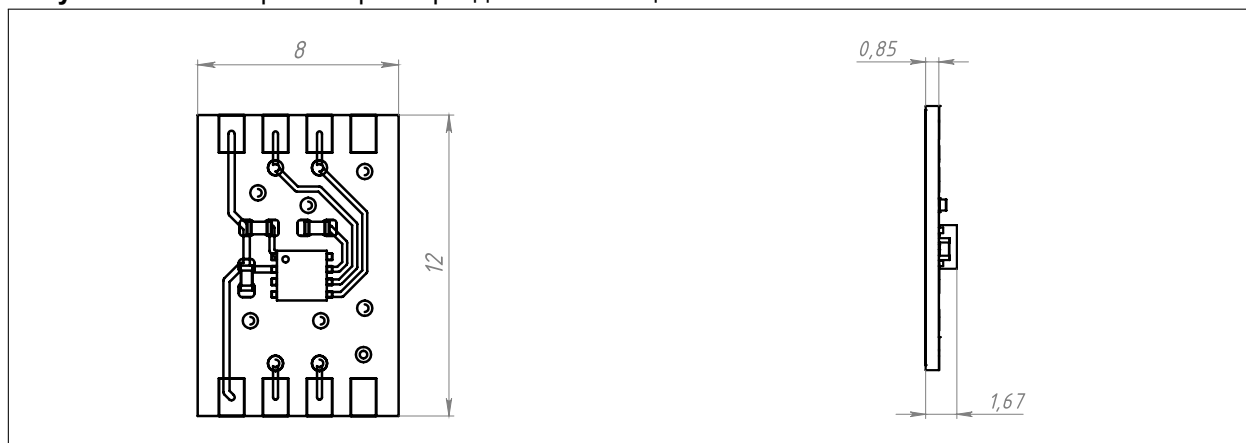


**Рисунок 2.5** — Датчики освещенности оси Y



**Рисунок 2.6** — Датчики освещенности оси Z



**Рисунок 2.7** — Габаритные размеры датчика освещенности оси X**Рисунок 2.8** — Габаритные размеры датчика освещенности оси Y**Рисунок 2.9** — 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.



**Категорически запрещается** прикасаться к контактам соединителей без заземленного антистатического браслета.

#### 3.2 Проверка комплектности

Перед началом работы необходимо проверить комплектность изделия по [таблице 2.3 \(с. 6\)](#), 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 крепежные элементы на предмет отсутствия следов ударов или заметных на глаз деформаций.
- Осмотреть разъемы на предмет отсутствия следов ударов (деформация разъема, повреждение 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 \(с. 14\)](#).
2. Проверить внешний осмотр изделия в соотв. с [разделом 3.3 \(с. 14\)](#).
3. Подключить источник питания к разъему J1 (DEBUG\_PWR) комплектным кабелем (см. [раздел 2.4.2.1 \(с. 9\)](#)).
4. Убедиться в отсутствии короткого замыкания (КЗ) по цепям питания.
5. На источнике питания установить ограничение тока 1 А и напряжение питания 3.3 В.
6. Подать питание на изделие и убедиться, что потребляемый ток не превышает заявленного значения.
7. Дождаться включения светодиодов индикации STATUS0 и STATUS1.
8. Отключить источник питания, и **отключить кабель отладочного питания от изделия.**
9. Подключить источник питания к разъему PC/104 (см. [раздел 2.4.2.3 \(с. 10\)](#)).
10. На источнике питания установить ограничение тока 1 А и напряжение питания 8.4 В.
11. См. п. 6—8.

## 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. Действие рекомендуется производить на массогабаритной модели МКА. Датчики рекомендуется размещать на максимальном расстоянии друг от друга. На [рисунках 4.1 \(с. 16\)](#) и [4.2 \(с. 16\)](#) 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 2.4 \(с. 12\)\)](#).

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 \(с. 17\)](#) показан способ подключения датчиков освещенности к плате-расширителю.



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

### 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).

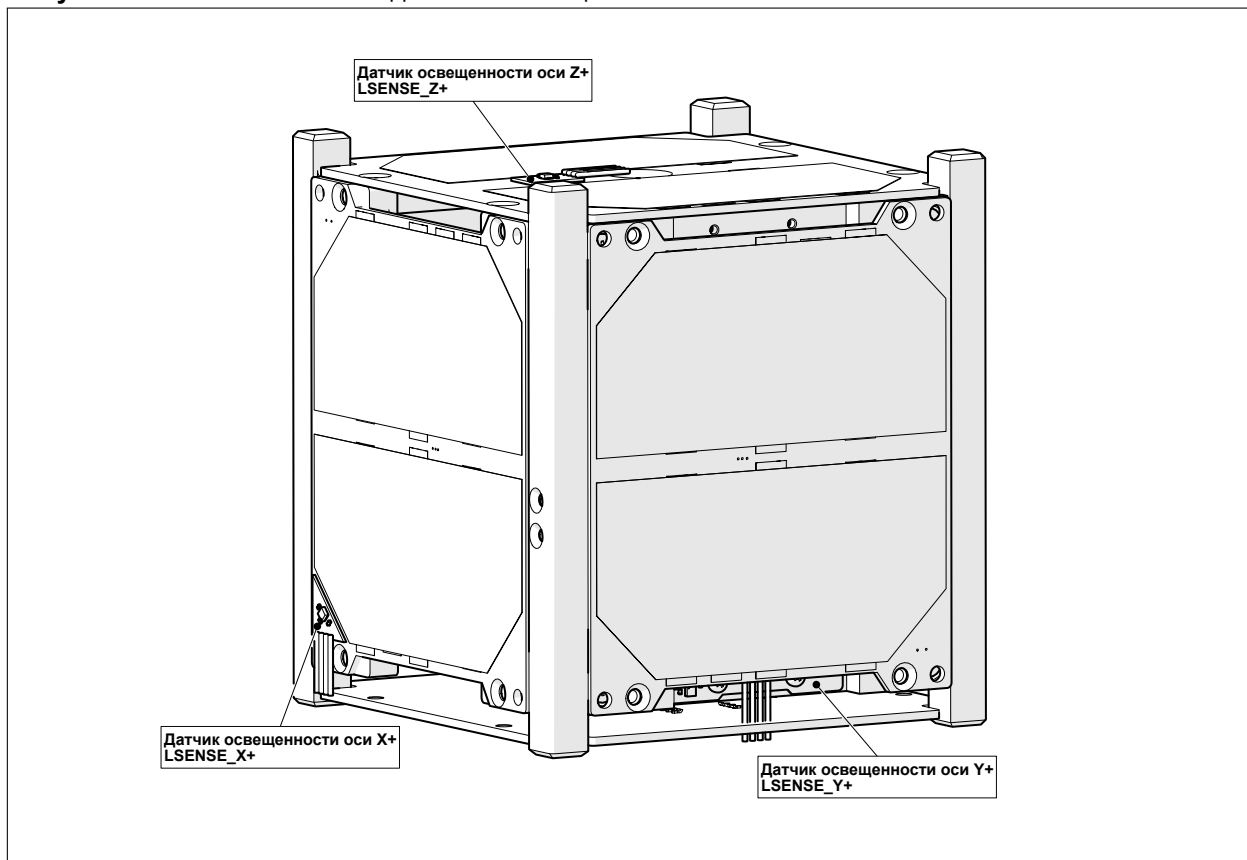
### 4.4 Прокладка кабельной сети

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.
6. Избегать натяжения кабелей. Излишки кабеля скрутить в петлю и закрепить на несущей плате изделия каптоновой лентой.

На [рисунках 4.4 \(с. 18\)](#), [4.5 \(с. 18\)](#), [4.6 \(с. 19\)](#), [4.7 \(с. 19\)](#), [4.8 \(с. 20\)](#) и [4.9 \(с. 20\)](#) показаны примеры маршрутов кабельной сети.

**Рисунок 4.1** — Расположение датчиков освещенности



**Рисунок 4.2** — Расположение датчиков освещенности, обратная сторона

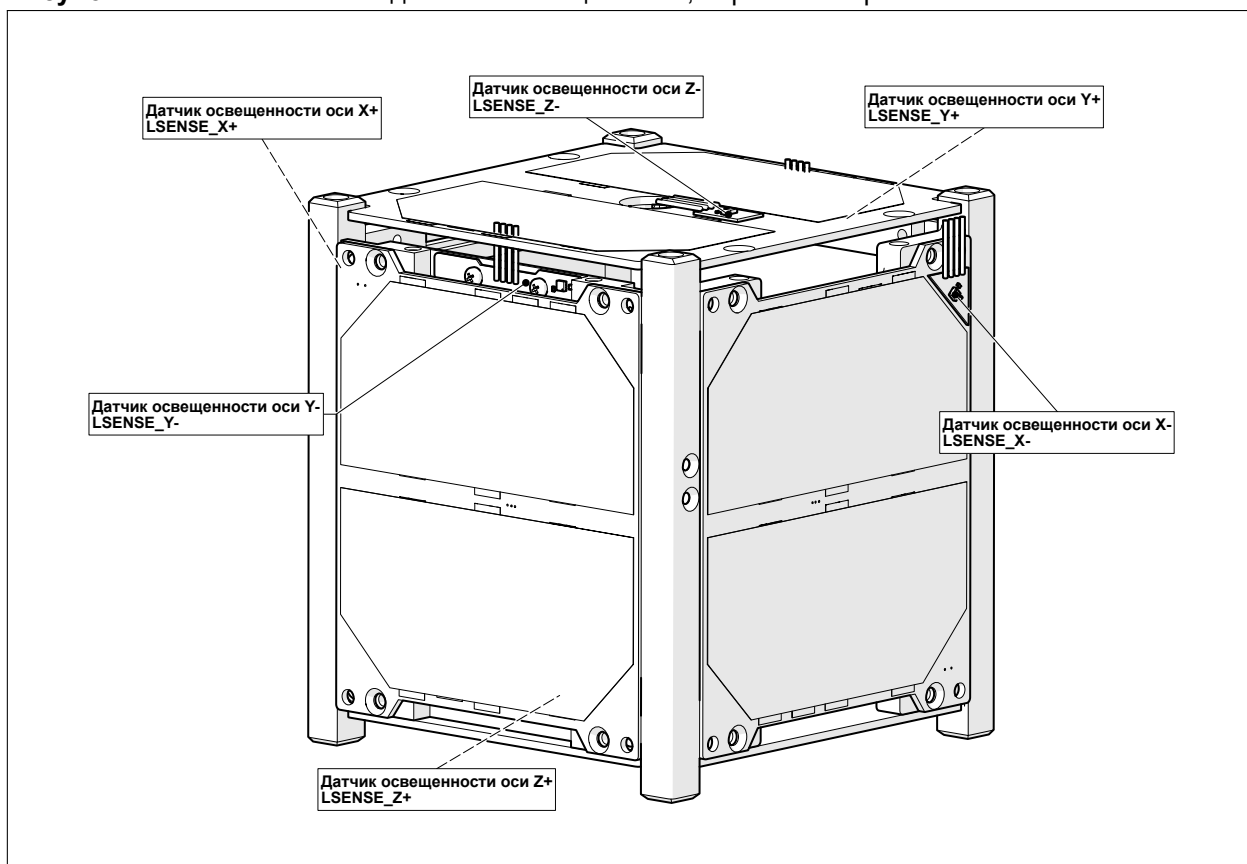
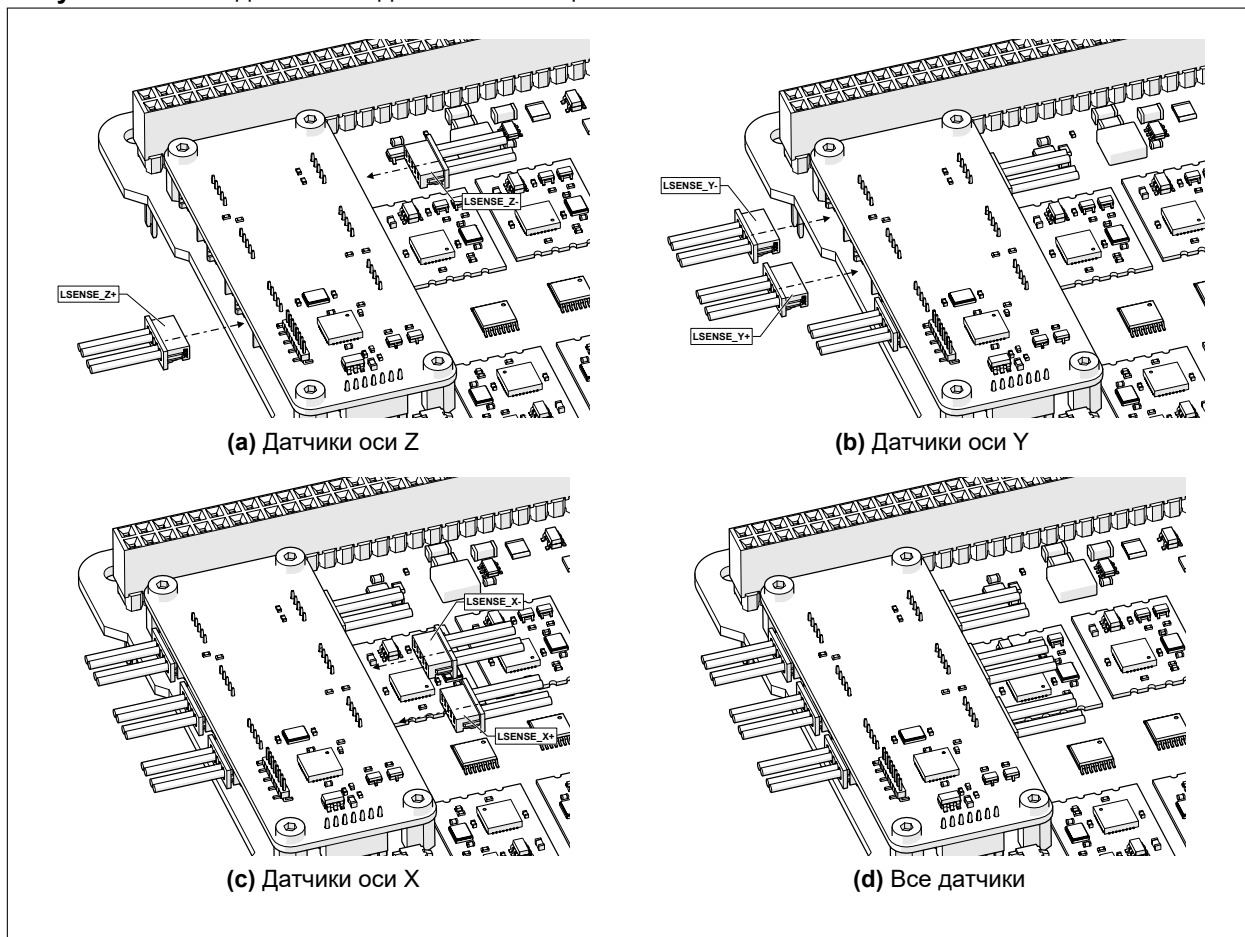
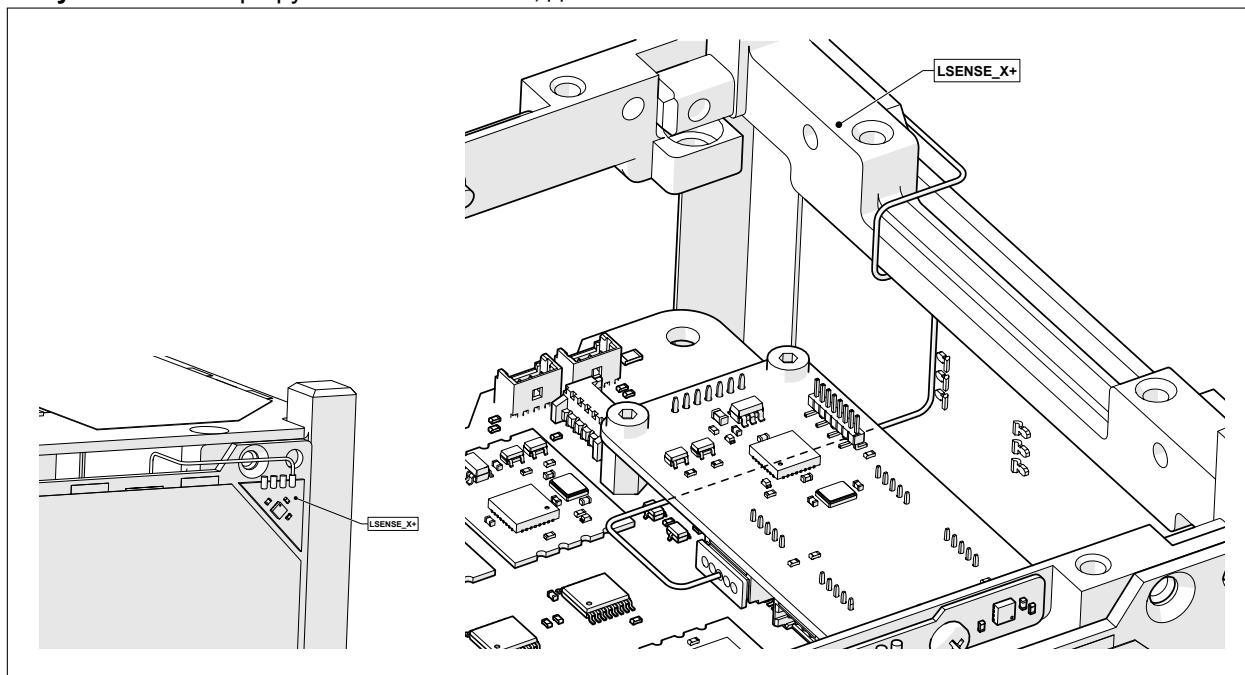




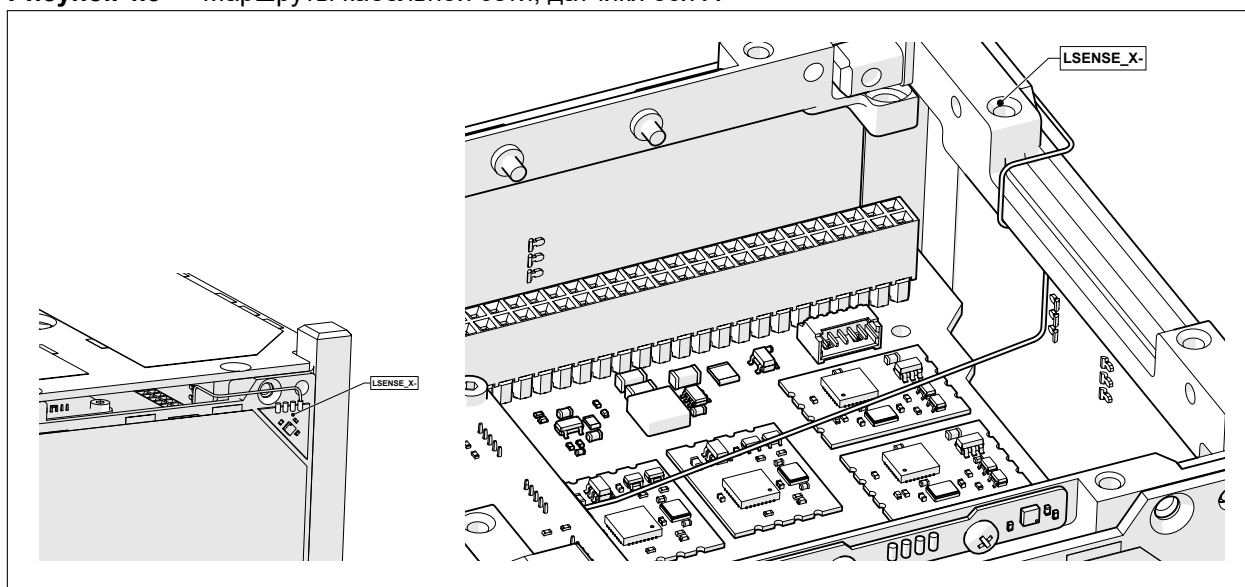
Рисунок 4.3 — Подключение датчиков освещенности



**Рисунок 4.4** — Маршруты кабельной сети, датчики оси X+



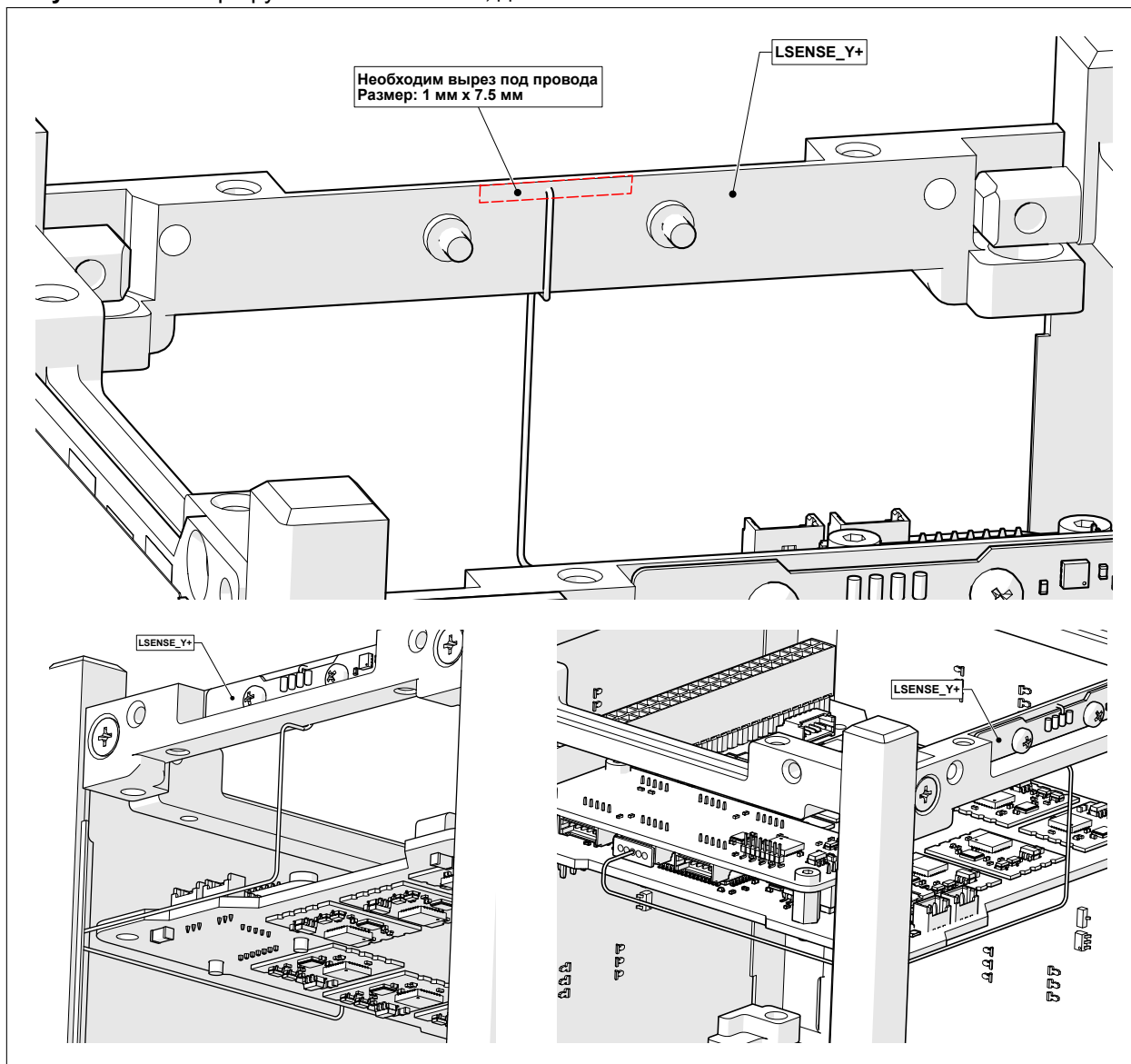
**Рисунок 4.5** — Маршруты кабельной сети, датчики оси X-



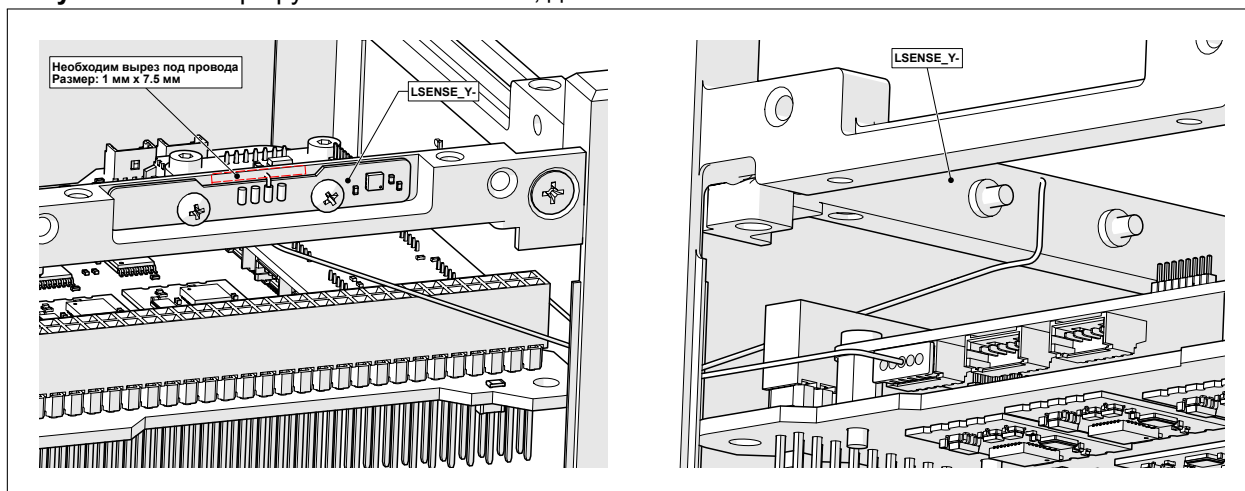
**i**

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

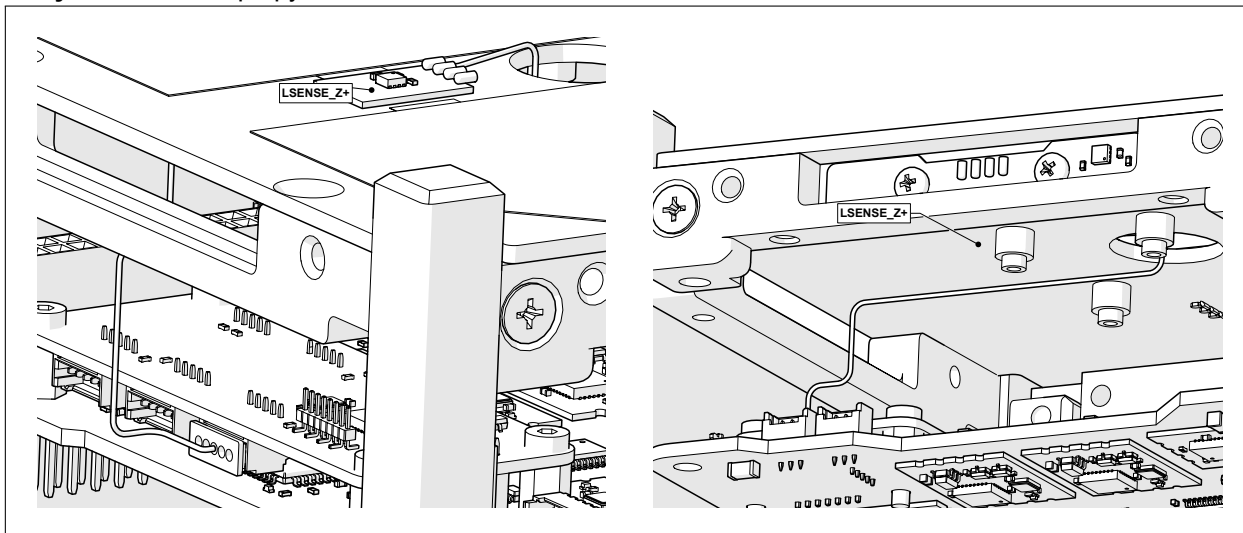
**Рисунок 4.6** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Y+



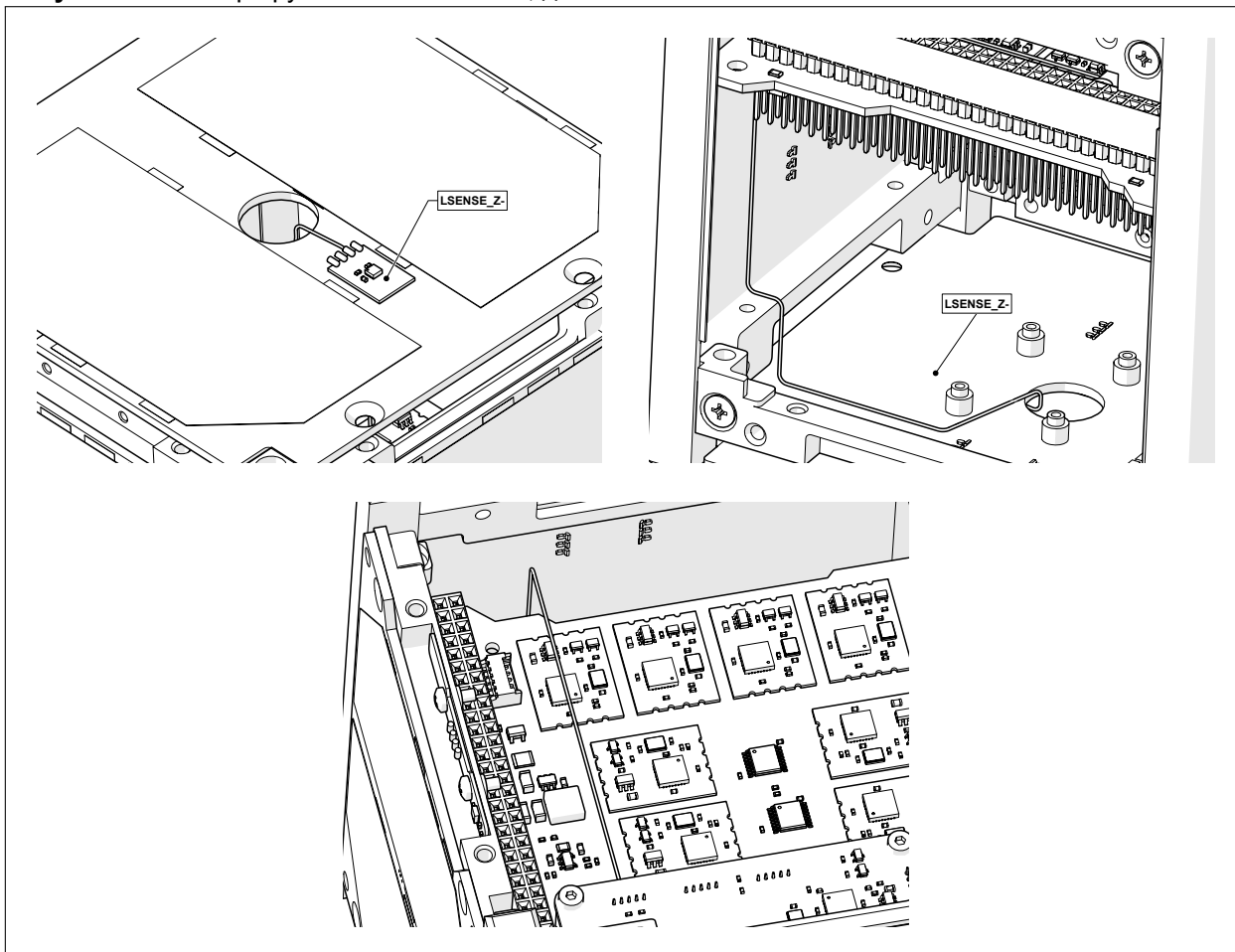
**Рисунок 4.7** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Y-



**Рисунок 4.8** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Z+



**Рисунок 4.9** — Маршруты кабельной сети, датчики оси Z-



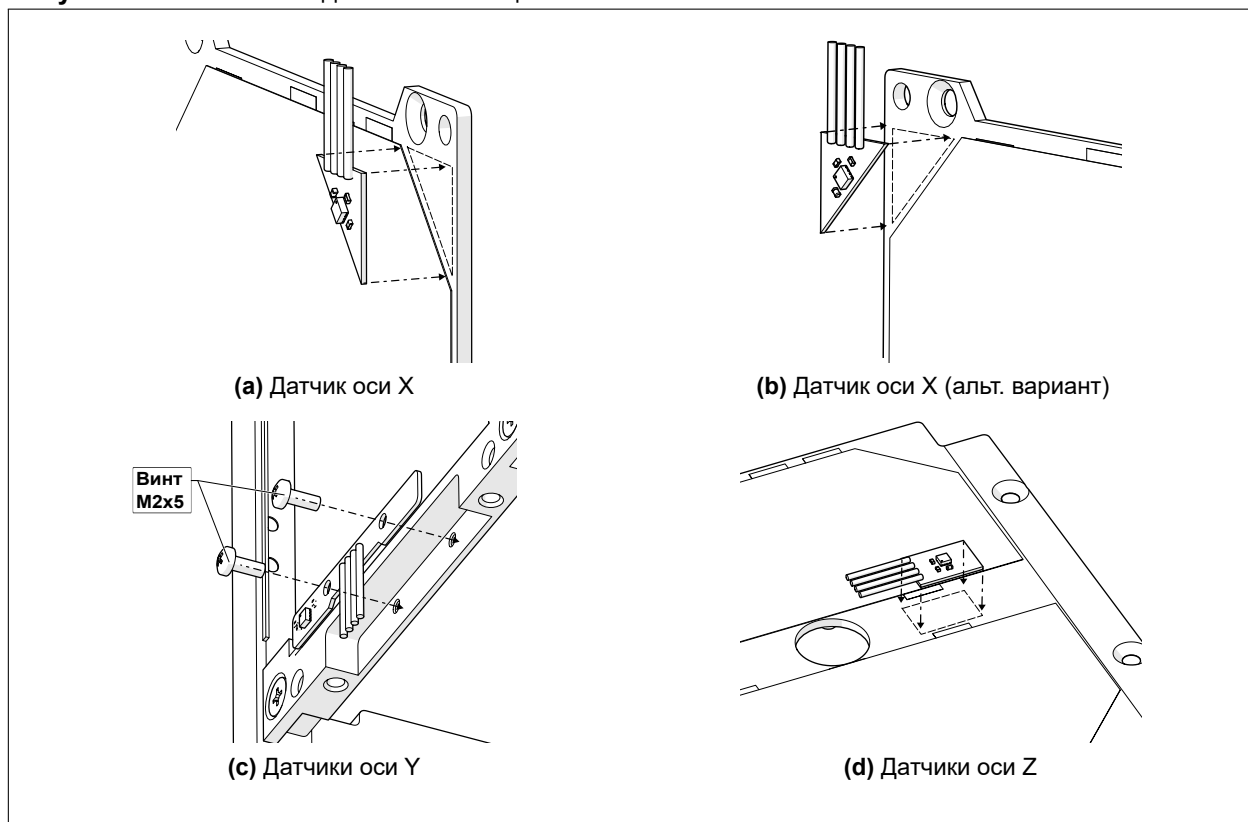
## 4.5 Монтаж датчиков освещенности

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 4.10](#) (с. 21) показан способ монтажа датчиков освещенности.

**Рисунок 4.10** — Монтаж датчиков освещенности



## 4.6 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. Проконтролируйте выполнение следующих команд:
  - 5.1. Отправить из Houston Control Center команду 42-FFE0 (запрос версии микропрограммы), ответом должен быть пакет с кодом 42-FFE1.
  - 5.2. Проверить поля пакета 42-FFE1 на соотв. с паспортом изделия.
  - 5.3. Отправить из Houston Control Center команду 42-FA00 (запрос результатов самодиагностики), дождаться пакета с кодом 42-FA01.
  - 5.4. Проверить поля пакета 42-FA01:
    - Поле `Uptime` должно быть больше нуля.
    - Поле `Result` должно быть равно нулю.
    - Поле `Checks` должно быть равно 0x00FFFFFF.
6. 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**

Транспортирование 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.<br>Илларионов Т. А. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Добавлен диаметр проводов в <a href="#">таблицу 2.12 (с. 13)</a>.</li> <li>– Добавлен <a href="#">раздел «Прокладка кабельной сети»</a>, номера следующих разделов изменены.</li> <li>– Добавлены <a href="#">рисунки 4.4 (с. 18)</a>, <a href="#">4.5 (с. 18)</a>, <a href="#">4.6 (с. 19)</a>, <a href="#">4.7 (с. 19)</a>, <a href="#">4.8 (с. 20)</a> и <a href="#">4.9 (с. 20)</a>.</li> <li>– Мелкие исправления.</li> </ul> |



## Список недоработок

| ВЕРСИЯ   | СПИСОК НЕДОРАБОТОК  |
|----------|---|
| A0<br>B0 | <ul style="list-style-type: none"><li>– <b>E/SP-1:</b> Не завершен раздел «Проверка работоспособности собранного изделия».</li><li>– <b>E/SP-2:</b> Отсутствует раздел «Перечень возможных неисправностей».</li><li>– <b>E/SP-3:</b> Отсутствует описание доступных телекоманд шины CAN.</li><li>– <b>E/SP-4:</b> Отсутствует описание процедуры обновления микропрограммы.</li><li>– <b>E/SP-5:</b> Отсутствует описание процедуры проверки датчиков освещенности.</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 энергоснабжения.   |
| <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.   |