



Последняя версия этого документа:  
[docs.yktaero.space/docs/YKSA-460005](https://docs.yktaero.space/docs/YKSA-460005)

## Программа и методика (ПиМ) функциональных испытаний

Модуль полезной нагрузки  
YKTS-PL-EDU16-SPTX

## Functional Test Plan and Procedures

YKTS-PL-EDU16-SPTX  
CubeSat Payload Module

---

Подготовлено:  
Петров А.Н.  
*Ведущий инженер по ПН*

---

Согласовано:  
Иванов К.А.  
*Разработчик ПО бортовых систем*

---

Утверждено:  
Илларионов Т.А.  
*Генеральный директор*

*This page is intentionally left blank.*

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>5</b>
1.1	Назначение документа	5
1.2	Область применения документа	5
1.3	Соглашения о терминах	5
1.4	Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению	5
1.5	Контактная информация	5
<b>2</b>	<b>Общие положения</b>	<b>6</b>
2.1	Начальные условия	6
2.2	Объект испытаний	6
2.3	Цель испытаний	6
2.4	Задачи испытаний	6
2.5	Критерии успешного прохождения испытаний	6
<b>3</b>	<b>Подготовка к испытаниям</b>	<b>7</b>
3.1	Загрузка микропрограмм модуля ПН	7
3.2	Испытательный стенд	7
3.3	Условия проведения испытаний	7
3.4	Порядок заполнения протокола испытаний	7
<b>4</b>	<b>Методика проведения испытаний</b>	<b>8</b>
4.1	Визуальный осмотр МКА	8
4.2	Подготовка испытательного стенда	8
4.3	Включение модуля ПН	8
4.4	Запуск самодиагностики ПН	8
4.5	Проверка контроллера датчиков освещенности	9
4.6	Обнаружение датчиков освещенности	9
4.7	Проверка датчиков освещенности	10
4.8	Завершение испытаний	10
<b>А</b>	<b>Глоссарий</b>	<b>11</b>
<b>Б</b>	<b>Описание системы команд диагностического ПО</b>	<b>12</b>
Б.1	Команды управления кластером микроконтроллеров	12
Б.1.1	0x0800 CMD_SELECT_MCUNODE – Выбрать узел кластера	12
Б.1.2	0x0801 CMD_SET_NODE_PWEN – Установить состояние питания узла	13
Б.1.3	0x0802 CMD_SET_NODE_RST – Установить сигнал сброса узла	14
Б.1.4	0x0803 CMD_READ_NODE_SIGNATURE – Прочитать сигнатуру узла	14
Б.1.5	0x0804 CMD_AUTO_DIAG – Автоматическая проверка кластера	15
Б.2	Команды управления контроллером датчиков	16
Б.2.1	0x1000 CMD_AUTODETECT_LSENSE – Автоматическое обнаружение датчиков	16
Б.2.2	0x1002 CMD_READ_LSENSE – Считать показания датчиков освещенности	17
Б.2.3	0x1004 CMD_RESET_LSENSE – Сброс контроллера датчиков	17
Б.2.4	0x1008 CMD_GET_LSENSE_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков	18
Б.3	Квитанции и сообщения	19
Б.3.1	0x0142 MSG_MODE_DIAG – Сообщение об инициализации диагностического ПО	19
Б.3.2	0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды	19
Б.3.3	0x0101 MSG_NACK – Квитанция об ошибке выполнения команды	20
Б.3.4	0x0999 MSG_NODE_SIGNATURE – Сигнатура узла	20
Б.3.5	0x0884 MSG_AUTODIAG_RESULT – Результат автоматической диагностики	21

Б.3.6	0x1001 MSG_LONG_AUTODETECT_LSENSE – Результат обнаружения датчиков	22
Б.3.7	0x1003 MSG_LONG_LSENSE_DATA – Показания датчиков освещенности . . . .	23
Б.3.8	0x1009 MSG_LSENSE_FW_VERSION – Версия ПО контроллера датчиков . . . .	24
Б.4	Дополнительные диагностические данные . . . . .	25
Б.4.1	Коды ошибок MSG_MEMSET_REPORT . . . . .	25

# 1 Введение



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

## 1.1 Назначение документа

Документ описывает программу и методику (Пим) функциональных испытаний модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX (далее — модуль ПН) на платформе «Орбикрафт-Про» SXC1.

## 1.2 Область применения документа

Настоящий документ применим к следующим изделиям:

**Таблица 1.1** — Изделия, подлежащие испытаниям

ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ	РЕВИЗИЯ ИЗДЕЛИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ	ПРИМЕЧАНИЕ
YKTS-PL-EDU16-SPTX	B0 B1	Модуль полезной нагрузки с микроконтроллерным кластером для платформ МКА SXC1/SXC3	
YKTS-PL-RSENSE	A0	Детектор частиц для модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX	
YKTS-LSENSE-X YKTS-LSENSE-Y YKTS-LSENSE-Z	A0	Датчик освещенности четырехканальный для оси X/Y/Z	Все варианты (+/-)

## 1.3 Соглашения о терминах

В [разделе «Глоссарий»](#) определены термины, применяемые в этом документе.

Описания команд UniCAN следуют положениям, принятым в [документе YKSA-460003](#).

## 1.4 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. [Описание программного загрузчика SXC bootldr](#);
4. [Руководство по интеграции модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX \(YKSA-469010\)](#).
5. [Описание протокола загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR \(YKSA-460003\)](#).

## 1.5 Контактная информация

Контакты по вопросам проведения испытаний:

- Разработчик Пим: Петров А.Н., ведущий инженер по ПН, [a.petrov@yktaero.space](mailto:a.petrov@yktaero.space);
- Разработчик ПО: Иванов К.А., разработчик ПО бортовых систем, [ivanov.ka@yktaero.space](mailto:ivanov.ka@yktaero.space);
- ООО «ЯКС» – [contact@yktaero.space](mailto:contact@yktaero.space), +7 (914) 228-06-39.



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 Общие положения**

### **2.1 Начальные условия**

Программа испытаний подразумевает выполнение следующих начальных условий:

- Завешена интеграция модуля ПН с платформой «Орбикрафт-Про»;
- Выполнены процедуры проверки целостности и работоспособности модуля ПН в соответствии с [руководством по интеграции \(YKSA-469010\)](#);
- Датчики освещенности YKTS-LSense смонтированы в соответствии с указаниями руководства по интеграции;
- Проверено исправное функционирование платформы «Орбикрафт-Про» с установленным модулем ПН.

### **2.2 Объект испытаний**

Объектом испытаний является модуль полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX, включая все указанные в паспорте изделия узлы и компоненты.

Испытания проводятся на летном экземпляре модуля ПН в составе платформы «Орбикрафт-Про».

### **2.3 Цель испытаний**

Целью проведения испытаний является проверка работоспособности устройств, входящих в состав модуля ПН в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации.

### **2.4 Задачи испытаний**

Задачами испытаний являются:

1. Определить работоспособность и состояние основных узлов модуля ПН (несущая плата, микроконтроллерный кластер, контроллер датчиков, датчики освещенности), а именно:
  - Работоспособность микропрограмм загрузчиков несущей платы;
  - Возможность загрузки и исполнения микропрограмм управления модулем ПН;
  - Количество и сигнатуры обнаруженных устройств микроконтроллерного кластера;
  - Функционирование интерфейса управления контроллером датчиков;
  - Возможность загрузки и исполнения микропрограммы управления датчиками;
  - Обнаружение и корректное определение состояния датчиков освещенности.
2. Проверить соответствие измеренных параметров и характеристик заявленным в технической документации.

### **2.5 Критерии успешного прохождения испытаний**

Испытания считаются успешно пройденными, если:

1. Измеренные технические характеристики изделия соответствуют указанным в паспорте изделия.
2. Все команды, переданные на исполнение, выполнены без ошибок.
3. Команда самодиагностики не выявила неисправностей.
4. Команда обнаружения датчиков освещенности корректно определила все датчики.
5. Все датчики освещенности корректно регистрируют изменения освещенности.

## 3 Подготовка к испытаниям

### 3.1 Загрузка микропрограмм модуля ПН

Перед проведением испытаний, необходимо загрузить диагностическую микропрограмму в модуль ПН. Для загрузки микропрограммы необходимо следующее программное обеспечение:

- Сервисное программное обеспечение Houston Server от ООО «СПУТНИКС»;
- Клиент сервисного ПО Houston Client от ООО «СПУТНИКС»;
- [Файл описания протокола загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR в формате XML](#).

Загрузчик поддерживает работу с утилитой Firmware Manager из сервисного ПО Houston Client. Для обновления микропрограммы необходимо загрузить файл прошивки в утилиту Firmware Manager и выполнить процедуру обновления в соответствии с руководством пользователя ООО «СПУТНИКС».

Более подробно процедура загрузки микропрограммы описана в [документе YKSA-460003](#).

### 3.2 Испытательный стенд

Для проведения испытаний необходимо подготовить испытательный стенд, включающий в себя:

- Персональный компьютер с установленным сервисным программным обеспечением Houston Server и Houston Client;
- Источник света для проверки датчиков освещенности;
- (необязательно) люксометр и линейка.

Источник света должен быть установлен на расстоянии 10-20 см от МКА. Для проверки датчиков освещенности необходимо освещать каждый датчик поочередно и проверять корректность отображения значений в Houston Client. Стенд должен позволять удобно перемещать источник света и/или МКА для проверки всех датчиков.

Испытания допускается проводить как с использованием сервисного интерфейса подключения МКА, так и в автономном режиме с использованием радиоканала.

Не предъявляется особых требований к спектральному составу излучения источника света. Мощность излучения на поверхности датчика не должна превышать 1500 Вт/м<sup>2</sup>.

### 3.3 Условия проведения испытаний

Испытания проводятся в затемненном помещении. Во избежание ложных срабатываний датчиков освещенности, необходимо исключить воздействие на них посторонних источников света и отражений.

Не предъявляется требований к условиям среды, за исключением предусмотренных паспортом изделия.

### 3.4 Порядок заполнения протокола испытаний

Протокол испытаний **YKSA-460005-F** заполняется ответственным лицом в процессе проведения испытаний. В протоколе должны быть отражены все результаты испытаний, а также любые возникшие проблемы.

Допускается заполнение протокола испытаний в электронном виде с последующим распечатыванием и подписанием ответственным лицом.

## 4 Методика проведения испытаний

### 4.1 Визуальный осмотр МКА

Порядок проведения внешнего осмотра изделия:

- убедиться в отсутствии защитной пленки на датчиках освещенности;
- осмотреть датчики освещенности на предмет загрязнения или механических повреждений;
- проверить соответствие маркировки проводов и посадочных площадок на датчиках освещенности рисунку 4.12 из документа [YKSA-469010](#).

### 4.2 Подготовка испытательного стенда

Процедура подготовки испытательного стенда:

1. Включить компьютер с сервисным программным обеспечением Houston Server и Houston Client.
2. Установить соединение с МКА любым способом, предусмотренным руководством по эксплуатации.
3. Разместить аппарат на испытательном стенде.
4. Установить источник света на расстоянии 10-20 см от МКА.
5. Измерить и зафиксировать расстояние между источником света и МКА в разделе «Для заметок» протокола испытаний.
6. (необязательно) Измерить и зафиксировать мощность излучения на поверхности солнечной панели МКА в разделе «Для заметок» протокола испытаний.

### 4.3 Включение модуля ПН

Процедура включения модуля ПН:

1. Убедиться в отсутствии тока потребления на канале 4 СЭП.
2. Подать команду на включение канала 4 СЭП.
3. Дождаться квитанций об успешной инициализации микропрограмм загрузчиков ПН.
4. Дождаться квитанции об успешной инициализации основных микропрограмм ПН.
5. Проверить версии загруженных микропрограмм отправкой команд 0xFFE0 CMD\_GET\_VERSION на оба микроконтроллера ПН. Зафиксировать версии в разделе «Для заметок» протокола испытаний.
  - 5.1. Убедиться, что версия ПО микроконтроллера ПН по адресу **0x1C** выше **1.4.50**.
  - 5.2. При необходимости, обновить ПО микроконтроллера ПН по адресу **0x1C** в соответствии с процедурой из документа [YKSA-460003](#).
6. Убедиться в отсутствии аномального тока потребления на канале 4 СЭП.
7. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.

### 4.4 Запуск самодиагностики ПН

Процедура запуска самодиагностики ПН:

1. Подать команду [0x0804 CMD\\_AUTO\\_DIAG](#) – Автоматическая проверка кластера на микроконтроллер ПН по адресу 0x1C.
2. Дождаться квитанции [0x0884 MSG\\_AUTODIAG\\_RESULT](#) – Результат автоматической диагностики. Убедиться, что:
  - поле STATUS пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT равно 0x00;
  - поле NODES\_DETECTED пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT больше или равно 5;
  - поле DET\_I2C\_ADDR пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT равно 0x2A;
  - поля пакета MSG\_FLASH\_IDS не равны 0x00.
3. Убедиться в отсутствии аномального тока потребления на канале 4 СЭП.
4. Внести отметки о результатах самодиагностики в раздел 8.2 протокола испытаний.
5. Повторить указанные выше процедуры для адреса 0x1D. Убедиться, что:
  - поле STATUS пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT равно 0x00;
  - поле NODES\_DETECTED пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT больше или равно 7;
  - поле DET\_I2C\_ADDR пакета MSG\_AUTODIAG\_RESULT равно 0x2A;
  - поля пакета MSG\_FLASH\_IDS не равны 0x00.
6. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.



## 4.5 Проверка контроллера датчиков освещенности



Все процедуры для датчиков освещенности выполняются на микроконтроллере ПН по адресу 0x1C.

Процедура проверки контроллера датчиков освещенности:

1. Подать команду **0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE – Выбрать узел кластера** с номером узла 7.
2. Подать команду **0x0801 CMD\_SET\_NODE\_PWEN – Установить состояние питания узла** со значением 0x01.
3. Подать последовательность команд:
  - **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x00;
  - **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x01;
  - **В течение 5 секунд** подать команду **0x0803 CMD\_READ\_NODE\_SIGNATURE – Прочитать сигнатуру узла**. Убедиться, что поля пакета MSG\_NODE\_SIGNATURE не равны 0x00.
4. Подать команду **0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE – Выбрать узел кластера** с номером узла 7.
5. Подать команду **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x01.
6. **Не перезагружаясь в режим загрузчика** выполнить обновление прошивки через Houston Firmware Manager по стандартной процедуре (Erase → Transmit File → Burn). В списке адресов памяти выбрать **0x10000200**. Файл прошивки должен иметь пометки **rsenseddiag** и **m4809**.
7. Убедиться, что:
  - не получена квитанция MSG\_NACK;
  - поле CODE квитанции MSG\_ACK равно 0x00;
  - поле CODE последнего по счету пакета MSG\_MEMSET\_REPORT равно 0x00;
  - поле ADDR последнего по счету пакета MSG\_MEMSET\_REPORT равно 0x10000200;
8. Подать команду **0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE – Выбрать узел кластера** с номером узла 7.
9. Подать команду **0x0801 CMD\_SET\_NODE\_PWEN – Установить состояние питания узла** со значением 0x01.
10. Подать команду **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x00.
11. Подать команду **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x01. Подождать не менее 10 секунд.
12. Подать команду **0x1008 CMD\_GET\_LSENSE\_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков**. Убедиться, что:
  - не получена квитанция MSG\_NACK;
  - поле CODE квитанции MSG\_ACK равно 0x00;
  - поля пакета MSG\_LSENSE\_FW\_VERSION не равны 0x00.
13. Внести отметки о результатах проверки контроллера датчиков освещенности в раздел 8.3 протокола испытаний.
14. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.

## 4.6 Обнаружение датчиков освещенности

Процедура обнаружения датчиков освещенности:

1. Подать команду **0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE – Выбрать узел кластера** с номером узла 7.
2. Подать команду **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла** со значением 0x01. Подождать 1 секунду.
3. Подать команду **0x0801 CMD\_SET\_NODE\_PWEN – Установить состояние питания узла** со значением 0x01.
4. Подать команду **0x1000 CMD\_AUTODETECT\_LSENSE – Автоматическое обнаружение датчиков**. Убедиться, что:
  - не получена квитанция MSG\_NACK;
  - поле CODE квитанции MSG\_ACK равно 0x00;
  - получена квитанция **0x1001 MSG\_LONG\_AUTODETECT\_LSENSE – Результат обнаружения датчиков**.
5. Внести отметки о результатах обнаружения датчиков освещенности в раздел 8.4 протокола испытаний.
6. Зафиксировать ток потребления на канале 4 СЭП в разделе 8.5 протокола испытаний. Сравнить полученное значение с заявленным в паспорте изделия.
7. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.

## 4.7 Проверка датчиков освещенности



Проверка датчиков освещенности требует поворота МКА вокруг всех осей, либо перемещения источника света. Оси указаны в системе координат МКА.

Процедура проверки датчиков освещенности:

1. Подать команду **0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE** – Выбрать узел кластера с номером узла 7.
2. Подать команду **0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST** – Установить сигнал сброса узла со значением 0x01. Подождать 1 секунду.
3. Подать команду **0x0801 CMD\_SET\_NODE\_PWEN** – Установить состояние питания узла со значением 0x01.
4. **Включить источник света** и направить его на датчик положительного направления оси X.
5. Подать команду **0x1002 CMD\_READ\_LSENSE** – Считать показания датчиков освещенности и дождаться квитанции **0x1003 MSG\_LONG\_LSENSE\_DATA** – Показания датчиков освещенности. Зафиксировать результаты измерений в соответствующей строке таблицы в разделе 8.6 протокола испытаний.
6. Повторить шаги 4—5 для осей X-, Y+, Y-, Z+, Z-. Внести результаты измерений в раздел 8.6 протокола испытаний.
7. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.

## 4.8 Завершение испытаний

По завершении всех процедур, необходимо:

1. Отключить канал 4 СЭП.
2. Отключить питание МКА.
3. Сохранить журналы работы Houston Server и Houston Client.
4. Заполнить раздел 9 протокола испытаний.
5. Подписанный протокол испытаний, а также журналы работы Houston Server и Houston Client направить в ООО «ЯКС» для анализа.

## 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>ПО</b>	Программное обеспечение.
<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>UniCAN</b>	Протокол обмена данными в сети CAN, разработанный ООО «СПУТНИКС».
<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 двусторонней 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.

## Б Описание системы команд диагностического ПО

### Б.1 Команды управления кластером микроконтроллеров

#### Б.1.1 0x0800 CMD\_SELECT\_MCUNODE – Выбрать узел кластера

**Описание:** Команда выбора узла кластера микроконтроллеров переключает мультиплексор интерфейса управления кластером на указанный узел. Все операции по управлению кластером микроконтроллеров будут направлены на выбранный узел. По умолчанию выбран первый узел кластера.

##### Параметры сообщения

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** 1 байт  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

##### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0800
NODE_ID	0	uint8	Номер узла кластера, 0x00—0x07	0x00

##### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		NODE_ID					
0x0800		0x00		Не передается			

**Ответ:** 0x0100 MSG\_ACK – Квитанция о выполнении команды

**Б.1.2 0x0801 CMD\_SET\_NODE\_PWEN – Установить состояние питания узла**

**Описание:** Команда CMD\_SET\_NODE\_PWEN устанавливает состояние питания узла кластера микроконтроллеров.

При установке значения PWEN в 0x01 узел включается, при установке в 0x00 узел выключается. По умолчанию узел выключен.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** 1 байт  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0801
VALUE	0	uint8	Состояние питания (PWEN)	0x00

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	VALUE						
0x0801	0x00	Не передается					

**Ответ:** 0x0100 MSG\_ACK – Квитанция о выполнении команды

**Б.1.3 0x0802 CMD\_SET\_NODE\_RST – Установить сигнал сброса узла**

**Описание:** Команда CMD\_SET\_NODE\_RST устанавливает состояние сброса узла кластера микроконтроллеров.

При установке значения RST в 0x00 узел будет сброшен, при установке в 0x01 состояние сброса снимается. По умолчанию узел сброшен.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** 1 байт  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0802
VALUE	0	uint8	Состояние сброса (RST)	0x00

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	VALUE						
0x0802	0x00	Не передается					

**Ответ:** 0x0100 MSG\_ACK – Квитанция о выполнении команды

**Б.1.4 0x0803 CMD\_READ\_NODE\_SIGNATURE – Прочитать сигнатуру узла**

**Описание:** Команда CMD\_READ\_NODE\_SIGNATURE позволяет прочитать сигнатуру узла кластера микроконтроллеров.

Команда должна подаваться в течение 5 секунд после снятия состояния сброса, иначе узел перейдет в режим ожидания.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** —  
**Наличие доп. полей:** Нет  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0803

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x0803	Не передается						

**Ответ:** 0x0999 MSG\_NODE\_SIGNATURE – Сигнатура узла

### Б.1.5 0x0804 CMD\_AUTO\_DIAG – Автоматическая проверка кластера

**Описание:** Команда CMD\_AUTO\_DIAG по порядку считывает сигнатуры всех узлов кластера и возвращает в ответе количество обнаруженных узлов. Мультиплексор, состояние питания и сброс узлов выставляются автоматически.

После завершения команды, мультиплексор интерфейса управления будет переключен на последний узел.

#### Параметры сообщения

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** —  
**Наличие доп. полей:** Нет  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

#### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0804

#### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x0804	Не передается						

**Ответ:** 0x0999 MSG\_NODE\_SIGNATURE – Сигнатура узла, 0x0884 MSG\_AUTODIAG\_RESULT – Результат автоматической диагностики

## Б.2 Команды управления контроллером датчиков

### Б.2.1 0x1000 CMD\_AUTODETECT\_LSENSE – Автоматическое обнаружение датчиков

**Описание:** Команда CMD\_AUTODETECT\_LSENSE позволяет автоматически обнаружить и определить состояние датчиков освещенности, подключенных к контроллеру датчиков.

**Внимание!** Для работы команды необходимо, чтобы контроллер датчиков был включен командами [0x0800 CMD\\_SELECT\\_MCUNODE – Выбрать узел кластера](#), [0x0801 CMD\\_SET\\_NODE\\_PWEN – Установить состояние питания узла](#) и [0x0802 CMD\\_SET\\_NODE\\_RST – Установить сигнал сброса узла](#).

#### Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда  
 Длина сообщения: —  
 Наличие доп. полей: Нет  
 Направление: На борт  
 Ответ: Есть

#### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1000

#### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1000	Не передается						

**Ответ:** [0x1001 MSG\\_LONG\\_AUTODETECT\\_LSENSE – Результат обнаружения датчиков](#)



**Б.2.2 0x1002 CMD\_READ\_LSENSE – Считать показания датчиков освещенности**

**Описание:** Команда CMD\_READ\_LSENSE считывает показания всех датчиков освещенности, подключенных к контроллеру датчиков.

**Внимание!** Для работы команды необходимо, чтобы контроллер датчиков был включен командами [0x0800 CMD\\_SELECT\\_MCUNODE – Выбрать узел кластера](#), [0x0801 CMD\\_SET\\_NODE\\_PWEN – Установить состояние питания узла](#) и [0x0802 CMD\\_SET\\_NODE\\_RST – Установить сигнал сброса узла](#).

**Параметры сообщения**

Тип сообщения: Короткая команда  
 Длина сообщения: —  
 Наличие доп. полей: Нет  
 Направление: На борт  
 Ответ: Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1002

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1002	Не передается						

**Ответ:** [0x1003 MSG\\_LONG\\_LSENSE\\_DATA – Показания датчиков освещенности](#)

**Б.2.3 0x1004 CMD\_RESET\_LSENSE – Сброс контроллера датчиков**

**Описание:** Команда CMD\_RESET\_LSENSE перезагружает контроллер датчиков.

**Параметры сообщения**

Тип сообщения: Короткая команда  
 Длина сообщения: —  
 Наличие доп. полей: Нет  
 Направление: На борт  
 Ответ: Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1004

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1004	Не передается						

**Ответ:** [0x0100 MSG\\_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

**Б.2.4 0x1008 CMD\_GET\_LSENSE\_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков**

**Описание:** Команда CMD\_GET\_LSENSE\_FW запрашивает версию программного обеспечения контроллера датчиков.

**Внимание!** Для работы команды необходимо, чтобы контроллер датчиков был включен командами [0x0800 CMD\\_SELECT\\_MCUNODE – Выбрать узел кластера](#), [0x0801 CMD\\_SET\\_NODE\\_PWEN – Установить состояние питания узла](#) и [0x0802 CMD\\_SET\\_NODE\\_RST – Установить сигнал сброса узла](#).

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткая команда  
**Длина сообщения:** —  
**Наличие доп. полей:** Нет  
**Направление:** На борт  
**Ответ:** Есть

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1008

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1008		Не передается					

**Ответ:** [0x1009 MSG\\_LSENSE\\_FW\\_VERSION – Версия ПО контроллера датчиков](#)

## Б.3 Квитанции и сообщения

### Б.3.1 0x0142 MSG\_MODE\_DIAG – Сообщение об инициализации диагностического ПО

**Описание:** Сообщение MSG\_MODE\_NORMAL передается загрузчиком сразу после инициализации. Передача этого сообщения означает, что загрузчик готов к работе.

#### Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение  
 Длина сообщения: —  
 Наличие доп. полей: Нет  
 Направление: На землю  
 Ответ: Нет

#### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0102

#### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x0102		Не передается					

Ответ: *Нет*

### Б.3.2 0x0100 MSG\_ACK – Квитанция о выполнении команды

**Описание:** Квитанция о выполнении команды. Передается в ответ на команду, если она была выполнена успешно.

#### Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение  
 Длина сообщения: 2 байта  
 Наличие доп. полей: Да  
 Направление: На землю / На борт  
 Ответ: Нет

#### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0100
CODE	0	uint16 LE	Код результата выполнения, 0 – нет ошибок	0x0000

#### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		CODE					
0x0100		0x0000		Не передается			

Ответ: *Нет*

**Б.3.3 0x0101 MSG\_NACK – Квитанция об ошибке выполнения команды**

**Описание:** Квитанция о выполнении команды. Передается в ответ на команду, если она была выполнена с ошибкой.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткое сообщение  
**Длина сообщения:** 2 байта  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю / На борт  
**Ответ:** Нет

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0101
CODE	0	uint16 LE	Код ошибки	0x0000

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		CODE					
0x0101		0x0000		Не передается			

**Ответ:** Нет

**Б.3.4 0x0999 MSG\_NODE\_SIGNATURE – Сигнатура узла**

**Описание:** Сообщение MSG\_NODE\_SIGNATURE содержит сигнатуру узла кластера микроконтроллеров.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткое сообщение  
**Длина сообщения:** 4 байта  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю  
**Ответ:** Нет

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0999
NODE_ID	0	uint8	Номер узла кластера (0x00—0x07)	0x00
SIGN1	8	uint8	Сигнатура узла, байт 1	0x00
SIGN2	16	uint8	Сигнатура узла, байт 2	0x00
SIGN3	24	uint8	Сигнатура узла, байт 3	0x00

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		NODE_ID	SIGN1	SIGN2	SIGN3		
0x0999		0x00	0x00	0x00	0x00	Не передается	

**Ответ:** Нет

### Б.3.5 0x0884 MSG\_AUTODIAG\_RESULT – Результат автоматической диагностики

**Описание:** Сообщение MSG\_AUTODIAG\_RESULT содержит результат автоматической диагностики кластера микроконтроллеров. В сообщении передается количество обнаруженных узлов кластера.

#### Параметры сообщения

**Тип сообщения:** Короткое сообщение  
**Длина сообщения:** 3 байта  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю  
**Ответ:** Нет

#### Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0884
STATUS	0	uint8	Код результата автодиагностики	0x00
DETECTED	8	uint8	Количество обнаруженных узлов кластера	0x00
I2C_ADDR	16	uint8	Адрес I2C управляющего МК	0x00

#### Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	STATUS	DETECTED	I2C_ADDR				
0x0884	0x00	0x00	0x00	Не передается			

**Ответ:** Нет

**Б.3.6 0x1001 MSG\_LONG\_AUTODETECT\_LSENSE – Результат обнаружения датчиков**

**Описание:** Сообщение MSG\_LONG\_AUTODETECT\_LSENSE содержит результат автоматического обнаружения датчиков освещенности, подключенных к контроллеру датчиков. В сообщении передается количество обнаруженных датчиков и их идентификаторы.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Длинное сообщение  
**Длина сообщения:** 10 байт  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю  
**Ответ:** Нет

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1001
TOTAL	0	uint8	Количество обнаруженных датчиков	0x00
BUS_X	8	uint8	Количество датчиков на шине оси X	0x00
X_PLUS	16	uint8	Идентификатор датчика оси X+	0x00
X_MINUS	24	uint8	Идентификатор датчика оси X-	0x00
BUS_Y	32	uint8	Количество датчиков на шине оси Y	0x00
Y_PLUS	40	uint8	Идентификатор датчика оси Y+	0x00
Y_MINUS	48	uint8	Идентификатор датчика оси Y-	0x00
BUS_Z	56	uint8	Количество датчиков на шине оси Z	0x00
Z_PLUS	64	uint8	Идентификатор датчика оси Z+	0x00
Z_MINUS	72	uint8	Идентификатор датчика оси Z-	0x00

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0x1001		10 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
TOTAL	BUS_X	X_PLUS	X_MINUS	BUS_Y	Y_PLUS	Y_MINUS	BUS_Z
0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00
64	72	80	88	96	104	112	120
Z_PLUS	Z_MINUS	CRC16					
0x00	0x00	0x0000		Не передается			

**Ответ:** Нет

**Б.3.7 0x1003 MSG\_LONG\_LSENSE\_DATA – Показания датчиков освещенности**

**Описание:** Сообщение MSG\_LONG\_LSENSE\_DATA содержит показания всех датчиков освещенности, подключенных к контроллеру датчиков.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Длинное сообщение  
**Длина сообщения:** 12 байт  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю  
**Ответ:** Нет

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1003
DATA_X_PLUS	0	uint16 LE	Показания датчика оси X+	0x0000
DATA_X_MINUS	16	uint16 LE	Показания датчика оси X-	0x0000
DATA_Y_PLUS	32	uint16 LE	Показания датчика оси Y+	0x0000
DATA_Y_MINUS	48	uint16 LE	Показания датчика оси Y-	0x0000
DATA_Z_PLUS	64	uint16 LE	Показания датчика оси Z+	0x0000
DATA_Z_MINUS	80	uint16 LE	Показания датчика оси Z-	0x0000

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
START	MSG_ID		Length				
0xFFFE	0x1003		12 + 2		Не передается		
0	8	16	24	32	40	48	56
DATA_X_PLUS	DATA_X_MINUS		DATA_Y_PLUS		DATA_Y_MINUS		
0x0000	0x0000		0x0000		0x0000		
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA_Z_PLUS	DATA_Z_MINUS		CRC16				
0x0000	0x0000		0x0000		Не передается		

**Ответ:** Нет

**Б.3.8 0x1009 MSG\_LSENSE\_FW\_VERSION – Версия ПО контроллера датчиков**

**Описание:** Сообщение MSG\_LSENSE\_FW\_VERSION содержит версию программного обеспечения контроллера датчиков.

**Параметры сообщения**

**Тип сообщения:** Короткое сообщение  
**Длина сообщения:** 2 байта  
**Наличие доп. полей:** Да  
**Направление:** На землю  
**Ответ:** Нет

**Описание полей**

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1009
MAJOR	0	uint8	Версия ПО, выпуск	0x00
MINOR	8	uint8	Версия ПО, ревизия	0x00

**Формат сообщения**

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	MAJOR	MINOR					
0x1009	0x00	0x00	Не передается				

**Ответ:** Нет



## Б.4 Дополнительные диагностические данные

### Б.4.1 Коды ошибок MSG\_MEMSET\_REPORT

Коды ошибок операций с памятью:

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x0000	Нет ошибок.	—
0x0001	Ошибка перехода в режим программирования.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> На контроллере датчиков отсутствует питание. Проверьте правильность выполнения команд из <a href="#">раздела 4.5 (с. 9)</a> .
0x0002	Ошибка перехода в режим программирования.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Не удалось установить связь с загрузчиком МК датчиков. Проверьте правильность выполнения команд из <a href="#">раздела 4.5 (с. 9)</a> .
0x0003	Ошибка загрузки адреса	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Контроллер датчиков поврежден, либо поврежден интерфейс обмена данными с основной платой ПН. Проверьте электрические соединения или обратитесь к изготовителю изделия.
0x0004	Ошибка записи во флеш-память.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Не получен ответ на команду записи памяти от контроллера датчиков. Повторите попытку обновления или обратитесь к изготовителю изделия.
0x0005	Ошибка записи во флеш-память.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Получено сообщение об ошибке записи от контроллера датчиков. Повторите попытку обновления или обратитесь к изготовителю изделия.
0x0006	Ошибка проверки памяти.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Не получен ответ на команду проверки памяти от контроллера датчиков. Повторите попытку обновления или обратитесь к изготовителю изделия.
0x0007	Обнаружена ошибка записи.	<i>При работе с прошивкой контроллера датчиков.</i> Прочитанные при проверке памяти данные не совпали с записанными. Повторите попытку обновления или обратитесь к изготовителю изделия.

*This page is intentionally left blank.*

## История изменений

ВЕРСИЯ	ДАТА	АВТОР(Ы)	СПИСОК ИЗМЕНЕНИЙ
A0	23.07.2024	Петров А.Н.	Начальная версия.
A1	10.08.2024	Петров А.Н.	Мелкие исправления.
A2	13.09.2024	Петров А.Н.	Добавлено описание диагностических кодов квитанции MSG_MEMSET_REPORT.



ООО «ЯКС» – YKSA  
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: 8bedaa50  
YKSA-460005 A1 10.08.2024 – <https://docs.yktaero.space/docs/YKSA-460005>