



Последняя версия этого документа:
docs.yksa.space/docs/YKSA-460008

Программа и методика (ПиМ) функциональных испытаний

Модуль полезной нагрузки
YKTS-PL-EDU16-SPTX мод. RSNS

Functional Test Plan and Procedures

YKTS-PL-EDU16-SPTX (var. RSNS)
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

1	Введение	5
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
2	Общие положения	6
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
3	Подготовка к испытаниям	7
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
4	Методика проведения испытаний	8
4.1	Визуальный осмотр МКА	8
4.2	Подготовка испытательного стенда	8
4.3	Включение модуля ПН	8
4.4	Проверка контроллера гамма-спектрометра	8
4.5	Проверка функциональных узлов гамма-спектрометра	9
4.5.1	Подготовка к проверке	9
4.5.2	Включение гамма-спектрометра	9
4.6	Сбор спектра гамма-излучения источника	10
4.7	Сбор спектра фонового гамма-излучения	11
4.8	Завершение испытаний	11
А	Глоссарий	12
Б	Описание системы команд диагностического ПО	13
Б.1	Команды управления кластером микроконтроллеров	13
Б.1.1	0x0800 CMD_SELECT_MCUNODE – Выбрать узел кластера	13
Б.1.2	0x0801 CMD_SET_NODE_PWEN – Установить состояние питания узла	14
Б.1.3	0x0802 CMD_SET_NODE_RST – Установить сигнал сброса узла	15
Б.1.4	0x0803 CMD_READ_NODE_SIGNATURE – Прочитать сигнатуру узла	15
Б.2	Команды управления контроллером датчиков	16
Б.2.1	0x1002 CMD_READ_LSENSE – Считать показания датчиков освещенности	16
Б.2.2	0x1004 CMD_RESET_LSENSE – Сброс контроллера датчиков	17
Б.2.3	0x1008 CMD_GET_LSENSE_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков	18
Б.3	Команды управления гамма-спектрометром	19
Б.3.1	0x1012 CMD_RSENSE_SET_POT – Задать значения подстройки	19
Б.3.2	0x1013 CMD_RSENSE_SET_ENABLE – Включение гамма-спектрометра	20
Б.3.3	0x1014 CMD_RSENSE_SET_DISABLE – Выключение гамма-спектрометра	21
Б.3.4	0x1015 CMD_RSENSE_FLUSH – Сброс накопленной статистики	22
Б.3.5	0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра	23

Б.3.6	0x1011 CMD_RSENSE_DUMP_SPECTRUM – Запросить накопленный спектр . . .	24
Б.4	Квитанции и сообщения	25
Б.4.1	0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды	25
Б.4.2	0x0101 MSG_NACK – Квитанция об ошибке выполнения команды	25
Б.4.3	0x0999 MSG_NODE_SIGNATURE – Сигнатура узла	26
Б.4.4	0x1003 MSG_LONG_LSENSE_DATA – Показания датчиков освещенности	27
Б.4.5	0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра .	28
Б.4.6	0x1010 MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK – Часть спектра гамма- спектрометра	29
Б.4.7	0x1009 MSG_LSENSE_FW_VERSION – Версия ПО контроллера датчиков	30
Б.5	Дополнительные диагностические данные	31
Б.5.1	Коды ошибок MSG_MEMSET_REPORT	31

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 модификации RSNS (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	Модификация RSNS
YKTS-PL-RSENSE	A0	Детектор частиц для модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX	

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. [Программа и методика \(ПиМ\) функциональных испытаний модуля ПН YKTS-PL-EDU16-SPTX базовой модификации \(YKSA-460005\)](#).
2. [Интерфейсный контрольный документ для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC ICD\)](#).
3. Руководство по эксплуатации для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 (SXC РЭ).
4. Описание программного загрузчика SXC bootldr.
5. [Руководство по интеграции модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX \(YKSA-469010\)](#).
6. [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@yksa.space.
- Разработчик ПО: Иванов К.А., разработчик ПО бортовых систем, ivanov.ka@yksa.space.
- ООО «ЯКС» – contact@yksa.space, +7 (914) 283-34-63.



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 \(YKSA-469010\)](#);
- проведены функциональные испытания ПН в соответствии с [YKSA-460005](#).

2.2 Объект испытаний

Объектом испытаний является модуль полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX модификации RSNS, 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, гамма-спектрометр), а именно:
 - функционирование интерфейса управления контроллера датчиков и гамма-спектрометра;
 - возможность загрузки и исполнения микропрограммы управления гамма-спектрометром;
 - проверка работоспособности основных функциональных узлов гамма-спектрометра;
 - измерение спектра гамма-излучения.
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. Параметры работы гамма-спектрометра соответствуют приведенным в данной ПМ.
4. Спектр фоновое гамма-излучения собран и соответствует ожидаемому виду.

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 ионизирующего излучения (например, радиоактивный источник ^{40}K или ^{60}Co) для проверки работоспособности гамма-спектрометра;
- дозиметр для контроля уровня излучения на рабочем месте.



Внимание! Работы с источниками ионизирующего излучения должны производиться только квалифицированным персоналом, см. НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010.

Источник ионизирующего излучения должен быть поверен и иметь соответствующий сертификат. Активность источника должна быть не более $1 \cdot 10^8$ Бк.

При отсутствии источника ионизирующего излучения допускается проведение испытаний гамма-спектрометра с использованием естественных источников ^{40}K , таких как селитра калиевая (KNO_3) или калий хлористый (KCl). В таком случае время сбора спектра может занять несколько часов. Рекомендуется использовать не менее 1000 г вещества, что обеспечит активность порядка $5 \cdot 10^3$ Бк.

Источник должен быть направлен на ребро Y+Z- космического аппарата в место расположения полезной нагрузки. Расстояние от источника до поверхности КА должно быть не более 10 см.



При использовании мощных источников рекомендуется экранирование панелей ФЭП, не находящихся непосредственно перед гамма-спектрометром, но попадающих под излучение.

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

3.3 Условия проведения испытаний

Испытания проводятся в лабораторных условиях при температуре окружающей среды от $+15^\circ\text{C}$ до $+25^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 60%.

Необходимо обеспечить радиационную безопасность персонала, участвующего в проведении испытаний.

3.4 Порядок заполнения протокола испытаний

Протокол испытаний **YKSA-460008-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.

Обязательно сохранение всех журналов Houston Client, содержащих результаты команд, выполненных в процессе испытаний.

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 КА в соотв. с руководством по эксплуатации.
3. Разместить аппарат на испытательном стенде.
4. (необязательно) Измерить и зафиксировать мощность фонового гамма-излучения в месте проведения испытаний в разделе «Для заметок» протокола испытаний.
5. Установить источник ионизирующего излучения в соответствии с требованиями [раздела 3.2 \(с. 7\)](#).
6. Измерить и зафиксировать расстояние между источником и поверхностью КА в разделе «Для заметок» протокола испытаний.
7. (необязательно) Измерить и зафиксировать мощность гамма-излучения от источника на поверхности КА 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 **1.6.0**.
 - 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 Проверка контроллера гамма-спектрометра



Все процедуры выполняются на микроконтроллере ПН по адресу 0x1C.

Процедура проверки контроллера гамма-спектрометра:

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. **Не перезагружаясь в режим загрузчика** выполнить обновление прошивки через Houston Firmware Manager последовательностью **Erase** → **Transmit File** → **Burn**. В списке адресов памяти выбрать **0x10000200 (FW_RSENSE)**. Файл прошивки должен иметь пометки **rsenseddiag** и **m4809**. Процедуру «Burn» необходимо выполнить в течение 5 секунд после завершения процедуры «Transmit File».



Перед прошивкой контроллера гамма-спектрометра рекомендуется отключить все устройства КА, кроме ПН и УКВ-приемопередатчика.

5. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE последнего по счету пакета MSG_MEMSET_REPORT равно 0x00;
 - поле ADDR последнего по счету пакета MSG_MEMSET_REPORT равно 0x10000200.
6. Подать последовательность команд:
 - 0x0800 CMD_SELECT_MCUNODE – Выбрать узел кластера с номером узла 7.
 - 0x0801 CMD_SET_NODE_PWEN – Установить состояние питания узла со значением 0x01.
 - 0x0802 CMD_SET_NODE_RST – Установить сигнал сброса узла со значением 0x00.
 - 0x0802 CMD_SET_NODE_RST – Установить сигнал сброса узла со значением 0x01.
 Подождать не менее 10 секунд.
7. Подать команду 0x1008 CMD_GET_LSENSE_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поля пакета MSG_LSENSE_FW_VERSION не равны 0x00.
8. Внести отметки о результатах проверки контроллера гамма-спектрометра в раздел 8.2 протокола испытаний.

4.5 Проверка функциональных узлов гамма-спектрометра

4.5.1 Подготовка к проверке

Процедура подготовки к проверке функциональных узлов гамма-спектрометра:

1. Подать последовательность команд:
 - 0x0800 CMD_SELECT_MCUNODE – Выбрать узел кластера с номером узла 7;
 - 0x0801 CMD_SET_NODE_PWEN – Установить состояние питания узла со значением 0x01;
 - 0x0802 CMD_SET_NODE_RST – Установить сигнал сброса узла со значением 0x01.
 Подождать не менее 10 секунд.
2. Подать команду 0x1008 CMD_GET_LSENSE_FW – Получить версию ПО контроллера датчиков. Убедиться, что версия микропрограммы контроллера гамма-спектрометра не ниже **2.00**.
3. Подать команду 0x1015 CMD_RSENSE_FLUSH – Сброс накопленной статистики. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00.
4. Подать команду 0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете 0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра:
 - поле COUNTS равно 0;
 - поле VBIAS имеет значение не выше 100;
 - поля *_TEMP не равны 0.
5. Внести отметки о результатах выполнения команд в раздел 8.3 протокола испытаний.

4.5.2 Включение гамма-спектрометра

Процедура включения гамма-спектрометра:

1. Подать команду 0x1012 CMD_RSENSE_SET_POT – Задать значения подстройки со следующими параметрами:
 - HV = 200;
 - AMP = 180;
 - DET = 180.
2. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00.
3. Подать команду 0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете 0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра:
 - поле VBIAS имеет значение не выше 100;
 - поле POT_HV равно 200;

- поле POT_AMP равно 180;
 - поле POT_DET равно 180.
4. Зафиксировать значения трех полей *_TEMP.
 5. Подать команду **0x1013 CMD_RSENSE_SET_ENABLE – Включение гамма-спектрометра**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00;
 - не получены никакие другие квитанции в течение 5 секунд.
 6. Подать команду **0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете **0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра**:
 - значение поля VBIAS в пределах 26500-28500;
 - поле COUNTS не равно 0;
 - значения полей *_TEMP не равны 0 и не отличаются от зафиксированных ранее более чем на 20 единиц.
 7. Подождать не менее 30 секунд.
 8. Подать команду **0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете **0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра**:
 - поле VBIAS имеет значение в пределах 26500-28500;
 - поле COUNTS не равно 0 и увеличилось по сравнению с предыдущим значением;
 - значения полей *_TEMP не равны 0 и не отличаются от зафиксированных ранее более чем на 20 единиц.
 9. Подать команду **0x1002 CMD_READ_LSENSE – Считать показания датчиков освещенности**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - значение поля CPM пакета MSG_LONG_LSENSE_DATA находится в пределах 100-1000.
 10. Внести отметки о результатах выполнения команд в раздел 8.4 протокола испытаний.



Внимание! При росте значения полей *_TEMP более чем на 50 единиц за 30 секунд **немедленно отключите канал 4 СЭП** и сообщите об этом в ООО «ЯКС».

4.6 Сбор спектра гамма-излучения источника

Процедура сбора спектра гамма-излучения:

1. Установить источник ионизирующего излучения в соответствии с требованиями [раздела 3.2 \(с. 7\)](#).
2. Подать команду **0x1015 CMD_RSENSE_FLUSH – Сброс накопленной статистики**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00.
3. Зафиксировать время начала сбора спектра в поле «Замечания» раздела 8.5 протокола испытаний.
4. Подождать не менее 1 часа.
5. Подать команду **0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете **0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра**:
 - поле VBIAS имеет значение в пределах 26500-28500;
 - значение поля COUNTS не менее 200000;
 - значения полей *_TEMP не равны 0 и не отличаются от зафиксированных ранее более чем на 50 единиц.
6. Если значение поля COUNTS менее 200000, подождать дополнительно до достижения этого значения. Повторить предыдущий пункт.
7. При достижении значения поля COUNTS не менее 200000 зафиксировать время окончания сбора спектра в поле «Замечания».
8. Подать команду **0x1014 CMD_RSENSE_SET_DISABLE – Выключение гамма-спектрометра**. Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00;

- не получены никакие другие квитанции в течение 5 секунд.
- 9. Подать команду **0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра**.
Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - в пакете **0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра**:
 - значение поля VBIAS не выше 100;
 - поле COUNTS не менее 200000.
- 10. Подать команду **0x1011 CMD_RSENSE_DUMP_SPECTRUM – Запросить накопленный спектр**.
Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - получено 32 пакета MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK.
- 11. **Сохранить журнал Houston Client**, содержащий части спектра. Направить CSV-файл журнала в ООО «ЯКС» для анализа.
- 12. Внести отметки о результатах выполнения команд в раздел 8.5 протокола испытаний.

4.7 Сбор спектра фоновое гамма-излучения

Перед сбором спектра фоновое гамма-излучения необходимо повторить процедуру включения гамма-спектрометра из [раздела 4.5.2 \(с. 9\)](#).

Процедура сбора спектра фоновое гамма-излучения аналогична процедуре для источника, за исключением следующего:

- Не использовать источник ионизирующего излучения.
- Время сбора спектра должно быть таким же, как и при использовании источника.
- Значение поля COUNTS может быть менее 200000.
- Отметки вносить в раздел 8.6 протокола испытаний.

4.8 Завершение испытаний

По завершении всех процедур, необходимо:

1. Подать команду **0x1014 CMD_RSENSE_SET_DISABLE – Выключение гамма-спектрометра**.
Убедиться, что:
 - не получена квитанция MSG_NACK;
 - поле CODE квитанции MSG_ACK равно 0x00;
 - не получены никакие другие квитанции в течение 5 секунд.
2. Отключить канал 4 СЭП.
3. Отключить питание МКА.
4. Внести отметки о работоспособности систем в раздел 8.7 протокола испытаний.
5. Заполнить раздел 9 протокола испытаний.
6. Сохранить журналы работы Houston Server и Houston Client.
7. Подписанный протокол испытаний, а также журналы работы Houston Server и Houston Client направить в ООО «ЯКС» для анализа.

А Глоссарий

МКА	<i>Синонимы: КА, спутник.</i> Малый космический аппарат.
Платформа МКА	<i>Синонимы: платформа.</i> Комплект вспомогательных систем (система электропитания, радиосвязи, ориентации и т.п.) от стороннего поставщика, обеспечивающий все необходимые средства для функционирования ПН.
ПН	<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.
РЭ	Руководство по эксплуатации.
МК	<i>Синонимы: MCU.</i> Микроконтроллер.
ПО	Программное обеспечение.
СЭП	Система энергоснабжения.
КД	Контроллер датчиков.
ДО	Датчик освещенности.
ICD	Interface Control Document (Интерфейсный Контрольный Документ).
CAN	(Controller Area Network – сеть контроллеров) – стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть исполнительных устройств и датчиков.
UniCAN	Протокол обмена данными в сети CAN, разработанный ООО «СПУТНИКС».
I2C	<i>Синонимы: TWI, Two-Wire Interface.</i> Inter-Integrated Circuit – последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов.
SPI	Интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – Универсальный асинхронный приёмопередатчик, узел вычислительных устройств.
1WIRE	Однопроводной интерфейс для двухсторонней передачи данных, разработанный компанией Dallas Semiconductor.
JTAG	(Joint Test Action Group) – отладочный интерфейс на базе стандарта IEEE 1149.1.
ISP	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.2 Команды управления контроллером датчиков

Б.2.1 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](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.

Б.2.2 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.2.3 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](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.

Б.3 Команды управления гамма-спектрометром

Б.3.1 0x1012 CMD_RSENSE_SET_POT – Задать значения подстройки

Описание: Команда CMD_RSENSE_SET_POT задает значения подстройки гамма-спектрометра. Команда также автоматически отключает внутренние цепи гамма-спектрометра, если они были включены ранее командой [0x1013 CMD_RSENSE_SET_ENABLE – Включение гамма-спектрометра](#).

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: 3 байта
 Наличие доп. полей: Да
 Направление: На борт
 Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1012
HV	0	uint8	Подстройка ИОН +28В	0x00
AMP	8	uint8	Подстройка КУ предусилителя	0x00
DET	16	uint8	Подстройка порога дискриминатора	0x00

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	HV	AMP	DET				
0x1012	0x00	0x00	0x00	Не передается			

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.
0x02	Ошибка интерфейса	Перезагрузить контроллер датчиков и повторить попытку.

Б.3.2 0x1013 CMD_RSENSE_SET_ENABLE – Включение гамма-спектрометра

Описание: Команда CMD_RSENSE_SET_ENABLE подает питание на ИОН +28В и включает входные цепи фотоумножителя. После подачи команды гамма-спектрометр начинает регистрацию импульсов.

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	0x1013

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1013		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.
0x02	Ошибка интерфейса	Перезагрузить контроллер датчиков и повторить попытку.

Б.3.3 0x1014 CMD_RSENSE_SET_DISABLE – Выключение гамма-спектрометра

Описание: Команда CMD_RSENSE_SET_DISABLE отключает питание ИОН +28В и входные цепи фотоумножителя. После подачи команды гамма-спектрометр прекращает регистрацию импульсов.

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	0x1014

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1014	Не передается						

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.
0x02	Ошибка интерфейса	Перезагрузить контроллер датчиков и повторить попытку.

Б.3.4 0x1015 CMD_RSENSE_FLUSH – Сброс накопленной статистики

Описание: Команда CMD_RSENSE_FLUSH сбрасывает все счетчики и очищает спектр гамма-спектрометра.

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	0x1015

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1015		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.
0x02	Ошибка интерфейса	Перезагрузить контроллер датчиков и повторить попытку.

Б.3.5 0x1016 CMD_RSENSE_TELEMETRY – Запрос телеметрии гамма-спектрометра

Описание: Команда CMD_RSENSE_TELEMETRY запрашивает телеметрию гамма-спектрометра.

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	0x1016

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1016		Не передается					

Ответ: [0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра](#), [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.

Б.3.6 0x1011 CMD_RSENSE_DUMP_SPECTRUM – Запросить накопленный спектр

Описание: Команда запрашивает накопленный спектр гамма-спектрометра. В ответ на команду передается 32 сообщения **0x1010 MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK – Часть спектра гамма-спектрометра** по 132 байта каждое, содержащие полный спектр.

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**.

Внимание! Передача спектра занимает значительное время (до 10 секунд). В это время не следует отправлять другие команды на борт.

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	0x1011

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x1011		Не передается					

Ответ: 32 × **0x1010 MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK – Часть спектра гамма-спектрометра**, **0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды**

Коды ошибок (NACK)

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x01	Контроллер не отвечает	Проверить правильность следования процедурам испытаний. Повторить попытку.
0x02	Ошибка контрольной суммы	Повторить попытку.

Б.4 Квитанции и сообщения

Б.4.1 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.4.2 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.4.3 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.4.4 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: 14 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
CPM	96	uint16 LE	Показания гамма-спектрометра (Counts Per Minute)	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0x1003		14 + 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		CPM		CRC16	
0x0000		0x0000		0x0000		0x0000	

Ответ: Нет

Б.4.5 0x1017 MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY – Телеметрия гамма-спектрометра

Описание: Сообщение MSG_LONG_RSENSE_TELEMETRY содержит телеметрию гамма-спектрометра.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 15 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1017
COUNTS	0	uint32 LE	Общее количество регистраций	0x00000000
VBIAS	32	uint16 LE	Напряжение смещения на фотоумножителе	0x0000
HV_TEMP	48	int16 LE	Температура ИОН +28В, 0.1 град. Цельсия	0x0000
AMP_TEMP	64	int16 LE	Температура предусилителя, 0.1 град. Цельсия	0x0000
DET_TEMP	80	int16 LE	Температура фотоумножителя, 0.1 град. Цельсия	0x0000
POT_HV	96	uint8	Значение подстройки ИОН +28В	0x00
POT_AMP	104	uint8	Значение подстройки КУ предусилителя	0x00
POT_DET	112	uint8	Значение подстройки порога дискриминатора	0x00

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0x1017		15 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
COUNTS				VBIAS		HV_TEMP	
0x00000000				0x0000		0x0000	
64	72	80	88	96	104	112	120
AMP_TEMP		DET_TEMP		POT_HV	POT_AMP	POT_DET	CRC16
0x0000		0x0000		0x00	0x00	0x00	0x00
128	136	144	152	160	168	176	184
CRC16							
0x00		Не передается					

Ответ: Нет

Б.4.6 0x1010 MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK – Часть спектра гамма-спектрометра

Описание: Сообщение MSG_LONG_RSENSE_SPECTRUM_CHUNK содержит часть спектра гамма-спектрометра. Полный спектр передается в серии сообщений.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 132 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x1010
CHUNK_ID	0	uint16 LE	Номер части спектра (0...31)	0x00
CRC16	16	uint16 LE	Контрольная сумма спектра	0x00
DATA	32	byte8[128]	Часть спектра, 64 канала по 2 байта каждый	—

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0x1010		132 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
CHUNK_ID		CRC16		DATA[...]			
0x00		0x0000		—			
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA[...]						CRC16	
—						—	

Ответ: Нет

Б.4.7 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.5 Дополнительные диагностические данные

Б.5.1 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 раздела 4.4 (с. 8) .
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 раздела 4.4 (с. 8) .
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	25.09.2025	Петров А.Н.	Начальная версия.
A1	08.10.2025	Петров А.Н.	<ul style="list-style-type: none">– Исправлены ответы на команды CMD_READ_LSENSE и CMD_RSENSE_TELEMETRY.– Значение поля DET в разделе 4.5.2 увеличено до 180.– Мелкие исправления.



ООО «Якутские Космические Системы» – YKSA
677009, Россия, г. Якутск, ул. Дзержинского, 76, блок С, офис 203
Тел.: [+7\(914\)283-34-63](tel:+7(914)283-34-63), E-mail: contact@yksa.space

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



Сборка: -/-, номер CI: -/-, коммит: 86046cea
YKSA-460008 A1 08.10.2025 – <https://docs.yksa.space/docs/YKSA-460008>