

ГЛАВА 5

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ОПИСАНИЕ	5
2.	ссылочные документы.....	5
3.	ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	5
3.1.	Определения.....	5
3.2.	Abbreviated Terms / Перечень сокращений	5
4.	Функциональные ТРЕБОВАНИЯ	7
4.1.	Общие положения.....	7
4.2.	Телекоманды.....	7
4.3.	Телеметрия	7
4.3.1.	Общие положения.....	7
4.3.2.	Приборы	7
4.3.2.1.	Все системы.....	8
4.3.2.2.	Система связи.....	8
4.3.2.3.	Подсистема электропитания	8
4.3.2.4.	Система обеспечения теплового режима	8
4.3.2.5.	Химическая двигательная установка	8
4.3.2.6.	Электрическая двигательная установка	8
4.3.2.7.	Система определения и контроля высоты	8
4.3.2.8.	Система телеметрии, телекоманд, измерения дальности и радиомаяка	9
4.3.2.9.	Система обработки данных	9
4.3.3.	Точность телеметрических параметров	9
4.4.	Безопасность данных	9
4.4.1.	Общие положения.....	9
4.4.2.	Телекоманды.....	9
4.4.3.	Телеметрия	9
4.4.4.	Особые требования к миссии.....	9
5.	ТРЕБОВАНИЯ миссии.....	10
6.	ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСУ	10
6.1.	телекомады	10
6.1.1.	Общие положения.....	10
6.1.2.	Стандарт пакетов телекоманд ECSS.....	10
6.1.3.	Другой стандарт телекоманд	10
6.2.	Телеметрия	11
6.2.1.	Общие положения.....	11
6.2.2.	Телеметрические форматы.....	11

Приложение В - СПЕЦИФИКАЦИЯ

6.2.3.	Телеметрические пакеты.....	11
6.2.4.	Передаваемые кадры данных.....	11
6.2.5.	Кодирование канала	11
6.3.	Безопасность данных	11
7.	ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	12
8.	ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	12
8.1.	Телекоманды.....	12
8.1.1.	Общие положения.....	12
8.1.2.	Безопасность команд.....	12
8.1.2.1.	Критические команды	12
8.1.2.2.	Устойчивость команд	12
8.1.2.3.	Автоматические функции.....	13
8.1.2.4.	Скорость выдачи команд и время.....	13
8.1.3.	Подтверждение	13
8.2.	Телеметрия	14
8.3.	Безопасность данных	14
9.	ТРЕБОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ	14
10.	ТРЕБОВАНИЯ К ОБЩЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ	14
11.	ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ	14
12.	ГАРАНТИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ	14
13.	ТРЕБОВАНИЯ К КОНФИГУРАЦИИ	14
14.	ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ	15
14.1.	Телеуправление	15
14.1.1.	Общие положения	15
14.1.2.	Типы телекоманд	15
14.1.2.1.	Команды включения и выключения	15
14.1.2.2.	Команды загрузки памяти	15
14.1.2.3.	Команды, привязанные ко времени.....	15
14.1.2.4.	Запрос на особую телеметрию.....	16
14.2.	Телеметрия.....	16
14.2.1.	Общие положения.....	16
14.2.2.	опрос телеметрических параметров.....	16
14.2.3.	Структура параметров.....	17
14.2.4.	Программируемые данные.....	17
14.2.5.	Особые параметры.....	18
14.2.6.	Прочие требования для наземной обработки.....	18
14.3.	Безопасность данных.....	18
14.3.1.	Общие положения	18
14.3.2.	Шифрование AES (TBC).....	18
14.3.3.	Шифрование Caribou (TBC).....	19

От Подрядчика

От ГПКС

15.	ТРЕБОВАНИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОВЕРКЕ	20
15.1.	Общие положения	20
15.2.	Проверка испытанием.....	20
15.3.	Проверка анализом	20
15.4.	Проверка анализом конструкции	20
15.5.	Проверка осмотром.....	20
15.6.	Матрицы функциональной проверки.....	20
15.6.1.	Эксплуатационные требования	20
15.6.2.	Требования к полету.....	20
15.6.3.	Требования к интерфейсу	20
15.6.4.	Экологические требования.....	21
15.6.5.	Эксплуатационные требования	21
15.6.6.	Требования, связанные с человеческим фактором.....	21
15.6.7.	Требования к материально-техническому обеспечению.....	21
15.6.8.	Физические требования.....	22
15.6.9.	Требования к качеству продукта	22
15.6.10.	Требования к конфигурации	22
15.6.11.	Требования к конструкции	22
15.7.	Требования по испытаниям и проверочные матрицы.....	22

1. ОПИСАНИЕ

В данной главе излагаются общие требования к системе обработки данных. Рассматриваются основные требования к рабочим характеристикам и устройству по каждому из этих понятий.

Подробные требования к системе обработки данных направлены на три отдельные категории:

- Телекоманды
- Телеметрия
- Безопасность данных

2. ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

См. главу 1.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Зарезервировано

3.2. ABBREVIATED TERMS / ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

В данном документе приняты следующие сокращения:

ADCS	Attitude Determination and Control System Система ориентации и стабилизации (СОС)
AIT	Assembly Integration and Test / Сборка, Интеграция и Испытания
AU	Authentication Unit / Устройство аутентификации
BPS	Bits Per Second / Бит в секунду
CLCW	Command Link Control Word / Контрольное слово командной линии
CPDU	Coded Packet Data Unit or Command Pulse Distribution Unit/
DHS	Data Handling System
DQAR	Development, Qualification and Acceptance Requirements
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference
EPS	Electric Power System
ESA	European Space Agency
FAR	Frame Analysis Report
FDIR	Failure Detection, Isolation and Recovery
FECW	Forward Error Correction Word
FIPS	Federal Information Processing Standards
GSID	Ground-Spacecraft Interface Document
ITU	International Telecommunication Union
NIST	National Institute of Standards and Technology
PCM	Pulse Code Modulation
RF	Radio Frequency
SCC	Spacecraft Control Centre
SOW	Statement Of Work
TBD	To be defined / To be decided
TC	Telecommand

Приложение В - СПЕЦИФИКАЦИЯ

TCR	Telemetry, Command and Ranging
TM	Telemetry
TWT	Travelling Waves Tube
TWTA	Travelling Waves Tube Amplifier

4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система обработки данных отвечает за управление данными на борту, связанные со следующими процессами:

- телекоманды;
- телеметрия;
- безопасность данных (шифрование);
- выявление неполадок, определение и восстановление.

Система обработки данных КА должна удовлетворять требованиям к интерфейсу с ЦУП ГПКС, включая работу либо в открытом, либо в зашифрованном режиме, как для телекоманд, так и для телеметрии.

Должна быть предусмотрена возможность включения любого неактивного процессора системы обработки данных в «теневом режиме» и отслеживания его состояния при помощи телеметрии в диагностических целях без снижения функциональности и производительности работающего процессора.

4.2. ТЕЛЕКОМАНДЫ

Система телекоманд обеспечивает возможность управления работой КА и его системами во время проверки взаимодействия и функционирования систем КА на всех этапах, начиная с отделения от РН, до начала проверки эксплуатационной готовности, а также эксплуатации на орбите, чтобы удовлетворять всем требованиям к эксплуатационным характеристикам.

Система телекоманд должна облегчать управление КА во время потери пространственного положения так, чтобы можно было восстановить пространственное положение.

Для поддержки операций телекоманд аппаратное обеспечение системы оснащается двумя отдельными и совершенно независимыми каналами данных телекоманд.

4.3. ТЕЛЕМЕТРИЯ

4.3.1. Общие положения

Телеметрическая система постоянно собирает и отправляет данные по всем системам КА с точностями и в интервалах времени, требуемых для спутниковых операций и однозначного определения характеристик.

Конструкция телеметрической системы должна позволять выполнять задачи, связанные с управлением, подтверждением команд, анализом аномалий и неисправностей во время интеграционных испытаний КА и функционирования КА на всех этапах, начиная от отделения от РН до начала проверки эксплуатационной готовности, во время эксплуатации на орбите в течении САС и во время нештатных ситуаций.

4.3.2. Приборы

Общие категории параметров, которые подлежат фиксации приборами и наблюдению через телеметрическую систему КА, включают, как минимум:

4.3.2.1. Все системы

Для всех систем КА должны обеспечиваться как минимум следующие параметры:

- a) Выбранный режим работы системы или функции КА. В частности, состояние всех реле на борту должно однозначно определяться с Земли при любых обстоятельствах, положения реле или переключателя должно быть известно (даже если прибор, в котором находится реле, выключен). Это означает, в частности, что соответствующие телеметрические параметры отслеживают фактическое положение каждого реле, а не наличие или отсутствие на нём питания.
- b) Содержимое всех регистров или ячеек памяти, которые определяют функциональное состояние;
- c) Данные, определяющие причины любого автоматического переключения на борту и вся существенная информация, относящаяся к автоматическим бортовым функциям;
- d) Состояние всех приборов - ВКЛ/ВЫКЛ.;
- e) Токи нагрузки всех приборов, подключенных к шине КА с разрешением, достаточным для определения индивидуальных характеристик каждого прибора.
- f) Диагностическая телеметрия микропроцессоров, ячеек памяти и бортовых регистров данных, включая все случаи и исправления аномальных поразрядных операций;
- g) Для всех приборов, чья температура автоматически регулируется при помощи средств термостатическими управления нагревателями.

Нет необходимости, чтобы вся информация телеметрировалась во всех кадрах. Для оценки параметров, которые являются вторичными для обеспечения нормального функционирования спутника, может быть использован прием субуплотнения каналов или избирательного считывания данных.

4.3.2.2. Система связи

См. главу 3.

4.3.2.3. Подсистема электропитания

См. главу 8.

4.3.2.4. Система обеспечения теплового режима

См. главу 9.

4.3.2.5. Химическая двигательная установка

См. главу 7.

4.3.2.6. Электрическая двигательная установка

См. главу 7.

4.3.2.7. Система определения и контроля высоты

См. главу 6.

4.3.2.8. Система телеметрии, телекоманд, измерения дальности и радиомаяка

См. главу 4.

4.3.2.9. Система обработки данных

Данные, достаточные для определения конфигурации и работоспособности системы обработки данных и выполнения требований телеметрии для других систем КА должны быть доступны в любой момент времени. Как минимум, необходимо включить следующие параметры системы обработки данных:

- a) все цифровые индикаторы состояния связи выбора связности и резерва;
- b) подтверждение правильного приёма команд в реальном времени и путь получения;
- c) подтверждение в реальном времени надлежащего исполнения всех полученных команд конечным потребителем;
- d) данные о функциональном состоянии резервного бортового компьютера без необходимости проведения переконфигурации на борту;
- e) постоянное отслеживание сохранённых команд, привязанных ко времени;
- f) отображение полного рабочего состояния декодера пакета телекоманд и всех связанных параметров, в т.ч. модули проверки подлинности и шифрования.

4.3.3. Точность телеметрических параметров

Для всех систем, аналоговая телеметрия должна быть устроена таким образом, чтобы диапазон измерений покрывал весь диапазон возможных значений измеряемого параметра, в то же время обеспечивая достаточную точность измерения, необходимую для отслеживания и оценки состояния. При этом обязательно учитываются диапазоны значений параметра на всех участках полёта, а также отклонения, вызванные ожидаемой деградацией за ГСАС. Должна быть предусмотрена возможность изменения разрешения точности на орбите (например, переключением диапазона).

4.4. БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ

4.4.1. Общие положения

Система безопасности данных, выбранная для телекоманд и, если применимо, для телеметрической системы должна обеспечивать безопасную передачу данных из ЦУП ГПКС на КА и обратно.

4.4.2. Телекоманды

Должна применяться специальная процедура шифрования телекоманд ЦУП во избежание вмешательства в управление КА какой-либо третьей стороной.

4.4.3. Телеметрия

Зарезервировано.

4.4.4. Особые требования к миссии

Примечание: В случае, если требуется дополнительная система шифрования, подробности подлежат обсуждению во время переговоров в зависимости от определения системы и согласованию до подписания Договора.

5. ТРЕБОВАНИЯ МИССИИ

Система обработки данных должна обеспечивать управление данными на борту КА. В частности, управляемость, наблюдаемость и безопасность данных должны соответствовать потребностям миссии для:

- всех наземных, предпусковых, пусковых фаз как применимо;
- всех фаз операции, начиная с отделения от ракеты носителя и вплоть до окончательных манёвров изменения орбиты и захоронения КА.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСУ

6.1. ТЕЛЕКОМАДЫ

6.1.1. Общие положения

Система телекоманд должна быть совместима с ЦУП ГПКС, который по умолчанию использует стандарт передачи пакетов телекоманд ESA, AD(5-13) и AD(5-14), чтобы соответствовать всем функциональным требованиям раздела 4.2.

Любой новый стандарт или другая реализация системы Телекоманд подлежат утверждению в ГПКС до EDC.

Система телекоманд должна соответствовать требованиям к интерфейсу для поддержки операций по измерению дальности.

6.1.2. Стандарт пакетов телекоманд ECSS

Для стандарта пакетов телекоманд ESA

- 1) требуется полная совместимость со стандартом на следующих уровнях:
 - a. физический;
 - b. кодирования;
 - c. передачи;
 - d. сегментации, кроме сегментации пакетов.
- 2) Сегментации пакетов телекоманд не допускается.
- 3) Маршрутизация команд на борту выполняется только при помощи программных процедур управления сообщениями, идентификаторами приложений или дополнительным словом длиной до 8 бит.
- 4) Так как длина пакета телекоманд непостоянна, в одном пакете может содержаться более одной команды, если требуется.

Битовая скорость передачи телекоманд должна быть выше 500 bps и подлежит утверждению ГПКС перед использованием, а также должна быть совместима с требованиями бюджета линии связи.

Вероятность передачи ошибочных битов не должна превышать 10^{-5} на выходе из демодулятора.

6.1.3. Другой стандарт телекоманд

Зарезервировано.

6.2. ТЕЛЕМЕТРИЯ

6.2.1. Общие положения

Система телеметрии должна быть совместима с пакетным телеметрическим стандартом ESA, AD(5-11) и AD(5-12), для того чтобы удовлетворять всем функциональным требованиям раздела 4.3, а также соответствующим разделам каждой главы настоящего документа, используя при этом структуру данных, описанную ниже.

6.2.2. Телеметрические форматы

Предварительно определённый список служебных телеметрических пакетов должен обеспечивать всё телеметрию, необходимую для нормальной работы, т.е. эта комбинация пакетов эквивалентна стандарту формата РСМ и называется телеметрическим форматом в следующих параграфах.

Требования различных этапов полёта на орбите необходимо учитывать при определении содержимого телеметрических форматов.

Компоновка и содержание телеметрического формата подлежит согласованию с ГПКС и должен быть отражён в документе интерфейса КА-земля и в базах данных телеметрии и телекоманд.

Переход от одного основного формата к другому выполняется по наземной команде или автоматически при выявлении неполадок и восстановлении системы.

6.2.3. Телеметрические пакеты

Структура телеметрических пакетов должна отвечать соответствующему стандарту.

Телеметрические данные синхронно вставляются в пакет (синхронизация по октету).

6.2.4. Передаваемые кадры данных

Телеметрические пакеты вставляются в передаваемые кадры данных в соответствии с применяемым стандартом.

Конечная метка передаваемого кадра (поле контроля операции) должна содержать CLCW – контрольное слово командной линии (32-битное отчётное слово из протокола квитирования телекоманды) и FECW – слово коррекции ошибок при приёме.

Полная длина передаваемого кадра, включая заголовок и концевую метку, составляет 2^N октетов.

6.2.5. Кодирование канала

Подрядчик обязуется использовать свёрточное кодирование на общем потоке данных после вставки маркера синхронизации перед каждым кадром передачи телеметрии или перед каждой передаваемой кодовой группой в случае применения кода Рида-Соломона, в соответствии с заданным стандартом AD(5-12).

Если потребуется какая-либо дополнительная схема кодирования канала для гарантирования бюджета линии связи, она подлежит утверждению в ГПКС перед применением.

6.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ

Зарезервировано.

7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Экологические требования приводятся в главе 12 настоящих Технических требований.

8. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

8.1. ТЕЛЕКОМАНДЫ

8.1.1. Общие положения

Должно быть предусмотрено возможность выполнения командных операций при работе системы связи на полную мощность.

Телекоманда должны быть построены таким образом, чтобы была исключена возможность выполнения нескольких несвязанных функций.

Не должно быть требований к наземной станции сохранять команды, отправленные ранее, для определения командных параметров.

8.1.2. Безопасность команд

8.1.2.1. Критические команды

Команды, которые невозможно отменить, которые влияют на безопасность КА или срока его службы, а также те, которые могут привести к полной потере связи, должны быть четко определены и помечены как опасные. При их отправке с Земли должно требоваться не менее двух последовательных и независимых пакетов телекоманд:

- a) команда готовности;
- b) команда срабатывания.

Не должно быть временных ограничений по промежутку между передачей команды готовности и передачей команды срабатывания, учитывая время для подтверждения принятых телеметрических данных через телеметрию в этом интервале.

Необходимо предусмотреть резервные телекоманды для всех опасных команд и команд, которые особо важны для полёта, при помощи максимального разнообразия бортовой маршрутизации.

8.1.2.2. Устойчивость команд

Необходимо предотвращать ложные команды, т.е. все любые возможные сигналы, исходящие от системы связи или любой шины питания или условий внешней среды, не должны восприниматься и пониматься в качестве команд.

Никакое отдельное неправильное срабатывание командной системы на борту, распространяющееся на командную цепь от антенны до распределения в оборудовании, не может привести к неисправности КА, его узла или потери какой-либо функциональности КА.

Устойчивость команд должна поддерживаться в присутствии сигнала помех на любом входе приёмника телекоманд или если один из приёмников неисправен. Далее, в случае присутствии любой помехи или аномалии на одном входе приёмника, конструкция системы должна позволить принять телекоманды на любом другом доступном входе приёмника телекоманд без необходимости выполнения процедуры восстановления спутника по сигналу с Земли, и эта управляемость должна существовать во время

автономного полёта.

8.1.2.3. Автоматические функции

За исключением функций защиты главной шины, должна быть предусмотрена возможность включения и выключения командой с Земли любой автоматической бортовой функции (например, безопасного режима или предохранительных логических схем).

В случае, если у функции (например, безопасного режима) предусмотрено несколько входов, которые используются по отдельности или в комбинации (например, для обнаружения неисправности, по показаниям датчиков, состоянию прибора и т.п.), должна быть предусмотрена возможность включения и выключения каждого входа независимо при помощи специальной телекоманды на каждый вход.

8.1.2.4. Скорость выдачи команд и время

Бортовой приём, обработка и распределение команд должны гарантировать, что не возникают ограничения при передаче команд любого типа с Земли на максимально возможной скорости, т.е. максимально используя ширину полосы пропускания входящего канала.

Аналогичным образом не должно быть никаких временных ограничений для телекоманд по линии вверх, налагаемых какой-либо функцией КА.

Не должно быть требований для Земли при передаче телекоманды в результате определённых аномалий по телеме, с временем ответа менее 10 минут.

Даже в этом случае, когда допустимо только при небольшом количестве аномальных условий, которые необходимо согласовать с ГПКС и которые можно обнаружить легко и однозначно при помощи телеметрии.

8.1.3. Подтверждение

Все команды должны быть подтверждены телеметрическими параметрами на том же бортовом уровне (например, команда, которая непосредственно исполняется декодером по телеметрии через проводное соединение с конечным прибором, должна подтверждаться телеметрически, при этом сигнал должен поступать из конечного прибора на телеметрическое кодирующее без промежуточной обработки).

Проверка корректности по телеметрии должна быть обеспечена конечным блоком в телеметрии проверки бортовых систем, будь то посланные непосредственно с Земли, сохраняемые на борту для выполнения впоследствии или сгенерированные на борту автономно.

Для каждой телекоманды необходимо предоставить следующую телеметрию:

- a) Состояние получения и проверки подлинности телекоманды, указывающее на успешное получение команды и её подлинность.
- b) Вспомогательная информация об ошибках, достаточная для однозначного определения отказа в принятии команды.

Если пакет телекоманды, принятый на борту, не отвечает соответствующему стандарту телекоманд, он отвергается. При этом генерируется соответствующая телеметрия.

Полная информация о состоянии КА должна быть доступна из телеметрии без необходимости обращаться к истории телекоманд. Это предлагает, в частности, что результат действия телекоманд всегда должно наблюдаться на низком уровне телеметрии.

8.2. ТЕЛЕМЕТРИЯ

Предусмотрен одновременный приём всех телеметрических данных на Земле при работе системы связи на полную мощность.

Телеметрическая подсистема предусматривает работу во время интеграционных испытаний КА, предпусковых операция и непрерывно с момента перевода КА на внутреннее питание перед запуском.

Изменения в состоянии КА транслируются на Землю посредством автоматической генерации телеметрических данных, а не передаются на Землю по запросу о состоянии.

Конечные действия всех телекоманд должны наблюдаться в телеметрии.

Телеметрическая информация должна поступать в результате прямых измерений, а не побочных эффектов. Например, мощность, потребляемая каким-либо прибором, определяется по датчику тока, а не по температуре прибора.

В телеметрии должна быть доступна полная, недвусмысленная и своевременная информация обо всех действиях бортового ПО.

В случае автоматического изменения конфигурации аппаратного или программного обеспечения телеметрия определяет время и начало каждого такого действия.

При отклонении спутника от нормального режима работы бортовой механизм выявления неполадок, определения и восстановления (FDIR) обеспечивает служебную телеметрическую модуляцию по всем доступным телеметрическим каналам. Земля должна быть способна обновить конфигурацию нештатной ситуации, описанного выше, во время работы на орбите, если они не записаны в ППЗУ.

8.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ

Не должно быть никаких рабочих ограничений телекоманд и/или телеметрических процессов при включении каких-либо бортовых функций шифрования /дешифровки.

9. ТРЕБОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

зарезервировано

10. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЩЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ

зарезервировано

11. ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

зарезервировано

12. ГАРАНТИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

зарезервировано

13. ТРЕБОВАНИЯ К КОНФИГУРАЦИИ

зарезервировано

14. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ

14.1. ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ

14.1.1. Общие положения

Система телекоманд должна состоять из двух резервируемых каналов командных данных. Таким образом, бортовое оборудование может получать команды через любой из этих двух каналов.

Система телекоманд должна быть работоспособна всегда при подаче питания на шину.

Две секции ключевого оборудования системы телекоманд (декодер телекоманд и система криптозащиты) должны быть идентичны и работать параллельно.

Декодеры должны удовлетворять спецификации по шифрованию телекоманд, изложенным в главе 5-3.

Каждый декодер телекоманд должен выдавать все данные по внутреннему состоянию и обзорные данные для телеметрического отчета на Землю.

Дополнительный резерв должен обеспечиваться перекрёстной коммутацией выхода обоих радиочастотных каналов с входами обеих секций ключевого оборудования.

К каждому бортовому декодеру телеуправления должно выполняться отдельное обращение по уникальному коду (например, идентификатор виртуального канала), который выбирается перед запуском.

14.1.2. Типы телекоманд

14.1.2.1. Команды включения и выключения

Команды включения и выключения должны подтверждаться непосредственно соответствующим состоянием параметра.

Команды включения и выключения не должны применяться для задания величин (например, повышения шагов радиочастотного оборудования).

14.1.2.2. Команды загрузки памяти

Команды загрузки памяти (для загрузки регистров или участков памяти) должны требовать отдельной команды для выполнения после подтверждения правильной загрузки конечным потребителем на Земле.

Команды загрузки памяти не должны применяться для групповых команд включения-выключения.

Все команды загрузки памяти регистра должны напрямую подтверждаться возвратными параметрами, которые точно отражают загруженное значение. Однако загружать большие автономные объёмы памяти можно без пословного подтверждения, если правильную загрузку можно проверить через телеметрическую систему (дамп памяти) перед активацией памяти.

14.1.2.3. Команды, привязанные ко времени

На борту должна быть предусмотрена средства для команд с привязкой ко времени. Любая команда, загруженная в регистры команд с привязкой ко времени, может обновляться вместе с указанным временем исполнения. Очередь команд, привязанных ко

времени, может содержать не менее 30 команд.
Команды, привязанные ко времени, ожидающие исполнения, а также моменты времени исполнения должны постоянно отслеживаться телеметрией КА. В телеметрии указывается состояние, и заполнение регистра с привязкой ко времени.

Должен быть предусмотрен механизм защиты команд, привязанных ко времени и времени исполнения после искажения вызванного, в частности, тяжелыми ионами приводящие к нарушениям.

Должна быть предусмотрена возможность удалять, добавлять и вставлять команды в файл команд без необходимости предварительно останавливать процесс привязки ко времени.

В случае запуска механизма выявления неполадок, определения и восстановления (FDIR), должен быть обеспечен механизм очистки команд с привязкой по времени, и предусмотрена возможность отключения этой защиты.

14.1.2.4. Запрос на особую телеметрию

Запрос на дампы памяти должен содержать название и область памяти, которая будет дампована. Требуется только один телекомандный пакет, даже если несколько телеметрических кадров данных необходимы для передачи дампованных данных на Землю.

Для режимов диагностики/ исследования определения диагностического режима предписывает:

- a) набор параметров для выборки;
- b) интервал выборки для каждого параметра.

Должна предусматриваться возможность включения и отключения режима диагностики, например, путём подачи телекоманды

14.2. ТЕЛЕМЕТРИЯ

14.2.1. Общие положения

Каждый из двух декодеров телекоманд должен выдавать собственный отчёт о состоянии (например, CLCW, CPDU, AU, FAR для телекомандного стандарта ECSS). Самый последний отчёт по состоянию, имеющийся на борту, должен автоматически выбираться для вставки в передаваемый телеметрический кадр.

На телеметрические параметры не должны влиять ожидаемые уровни источников шума: радиоактивных, ёмкостных, индуктивных, импульсивных.

14.2.2. опрос телеметрических параметров

Каждый параметр в любом кадре служебного пакета телеметрии должен регулярно выбираться по времени и все выборки должны циклически передаваться на Землю, когда соответствующий пакет готов.

Задержка между отбором образца каждого параметра и его передачей на Землю должна соответствовать требованиям по мониторингу и безопасности полёта.

Во вторичный заголовок всех пакетов вставляется время выборки так, чтобы можно было восстановить момент выборки на борту с точностью не менее **256** миллисекунд по

отношению к внутреннему времени КА. Если есть исключения, они подлежат утверждению в ГПКС перед использованием (например, более длинные циклы телеметрирования температуры).

Минимальная скорость выборки для данных низкой частоты — каждые **64** секунды.

Любой параметр должен входить в пакет с регулярными интервалами.

Данные повышенной коммутации (появляющиеся в пакете более одного раза) должны иметь то же самое смещение от начала каждого пакета и появляются в каждом пакете с такими же интервалами.

В некоторых случаях параметры могут изменять значения за очень короткие периоды времени. Если требуется по рабочим причинам определить такие появления (например, как свидетельство отказа на борту), но невозможно предоставить соответствующий требованиям выборку параметров, то событие следует записать в память (например, циклический счётчик, релейный элемент с фиксацией воздействия) и телеметрировать записанное значение. С Земли также должна обеспечиваться перезагрузка по команде.

14.2.3. Структура параметров

Телеметрический параметр должен всегда иметь одну структуру и интерпретацию, даже если он появляется в нескольких разных пакетах.

Максимальная длина численного телеметрического параметра (целого или с плавающей запятой) должна быть **64** бит.

Данные, которым требуется более **8** бит для достаточного разрешения или передачи информации, используют непрерывные **8**-битные слова.

Биты, отвечающие за знак и область значений, считаются частью данных.

Данные короче 8 бит, например, состояние или событие, должны быть по возможности сгруппированными по функциональности внутри словом или непрерывными словами.

При любом использовании более чем один параметр состояния для сообщения состояния отдельного прибора, и тогда эти параметры должны включаться в один пакет.

14.2.4. Программируемые данные

Возможность выбирать данные для телеметрии по запросу с Земли объединены в следующих определенных функциях:

- a) Функция перерывов в работе, передаваемая циклически, позволяет выборки с переменной частотой и различные комбинации параметров для целей исследования/диагностики.
- b) Функция сброса данных, передаваемая асинхронно, позволяет проверять содержимое любой области памяти (кроме проверки подлинности или шифрования данных).

При использовании этой функции должны быть доступны телеметрические данные, необходимые для нормального слежения за КА.

14.2.5. Особые параметры

Опорное время КА передаётся с точностью, определённой в соответствии с требованиями по синхронизации Земля-борт и требованиями к событиям с бортовой привязкой времени, но не должно быть более **одной** секунды.

Параметры, генерируемые одноразово, такие, как результат принятия команды на борту, отчёт об аномалии или автоматических действиях вследствие неисправностей, должны быть объединены в управляемые пакеты для асинхронной передачи на землю.

14.2.6. Прочие требования для наземной обработки

Вся информация, необходимая на Земле для обработки телеметрии, например, выбор канала или диапазон ячеек памяти, подлежащих сбросу для программируемых данных, должна включаться в тот же телеметрический пакет, в который входят программируемые данные.

Не должна требоваться информация, связанная с рассылкой командами.

Величины телеметрируемых параметров должны быть самодостаточны. Это предотвращает, в частности, телеметрию дельта-изменений (должно сообщаться фактическое значение) или изменений состояния (должно сообщаться фактическое состояние).

Для условно действительного параметра его действительность однозначно должна вытекать из параметров состояния, имеющихся в том же телеметрическом пакете.

Обработка производных параметров не должна основываться на данных из ранее посланных команд.

Данные, которые могут потребоваться для обработки других данных в телеметрии для получения рабочей информации, должны быть доступны в том же самом или раннем телеметрическом пакете.

14.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ

14.3.1. Общие положения

По необходимости, должно применяться шифрование:

- либо по стандарту NIST FIPS 197 с использованием алгоритма AES Rijndael AD(5-31),
- либо по стандарту шифрования Caribou, утверждённому NSA AD(5-32).

Должна быть предусмотрена возможность независимого конфигурирования каждого канала телекоманд путем выдачи команды с Земли, как в открытом режиме, так и в зашифрованном режиме и эта конфигурация должна быть доступна для любой активной команды по линии вверх.

Во время фазы АИТ, в т.ч. кампанию запуска и во время лётных операций, не должно быть возможности сбросить или скачать с КА содержимое ключа шифрования по любым телекомандам.

14.3.2. Шифрование AES (ТВС)

В случае, если выбран стандарт NIST FIPS 197, должно применяться следующее.

- Если режим шифрования активирован на орбите, бортовой дешифратор команд должен использовать фиксированный или программируемый ключ.

- Должна быть возможность фиксированных ключей системы шифрования телекоманд даже во время запуска спутника, не снижая достигнутую степень сборки спутника и подтвержденные результаты (кроме монтажа/демонтажа разъёмов AES, если это применимо).
- При работе с программируемым ключом возможно загружать новый ключ полёта в его номинальный или резервный дешифратор из соответствующего центра управления независимо и безопасно.

Примечание: При работе с фиксированным ключом производитель спутника направляет в ГПКС на рассмотрение план по управлению конфиденциальностью для утверждения до предпускового задействования полётного ключа. (см. Приложение А).

14.3.3. Шифрование Caribou (TBC)

Примечание: Если выбран стандарт Caribou, то хотя общее управление безопасностью и конфиденциальностью осуществляется соответственным национальным агентством, Подрядчик обязуется сотрудничать в области приспособления всех шифровальных систем во время фазы АIT и запуска. (см. Приложение А).

15. ТРЕБОВАНИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОВЕРКЕ

15.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Процесс функциональной проверки должен соответствовать требованиям, изложенным в главе 6 Содержания работ.

15.2. ПРОВЕРКА ИСПЫТАНИЕМ

Зарезервировано

15.3. ПРОВЕРКА АНАЛИЗОМ

Зарезервировано

15.4. ПРОВЕРКА АНАЛИЗОМ КОНСТРУКЦИИ

Зарезервировано

15.5. ПРОВЕРКА ОСМОТРОМ

Зарезервировано

15.6. МАТРИЦЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ

15.6.1. Эксплуатационные требования

Требования	Метод проверки				Замечание
	Испытание	Анализ	Конструкция	Осмотр	
Reserved					

15.6.2. Требования к полету

/ Требования	Метод проверки				Замечание
	Испытание	/ Анализ	Конструкция	Осмотр	
Reserved					

15.6.3. Требования к интерфейсу

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					
Reserved					
Reserved					

От Подрядчика

От ГПКС

Приложение В - СПЕЦИФИКАЦИЯ

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.4. Экологические требования

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.5. Эксплуатационные требования

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.6. Требования, связанные с человеческим фактором

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.7. Требования к материально-техническому обеспечению

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

От Подрядчика

От ГПКС

15.6.8. Физические требования

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.9. Требования к качеству продукта

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.10. Требования к конфигурации

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.6.11. Требования к конструкции

Requirements / Требования	Verification Method / Метод проверки				Remark / Замечание
	Test / Испытание	Analysis / Анализ	RoD / Конструкция	Inspection / Осмотр	
Reserved					

15.7. ТРЕБОВАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЯМ И ПРОВЕРОЧНЫЕ МАТРИЦЫ

Обозначения

--

От Подрядчика

От ГПКС

Уровень модуля или сборочного узла

- T1** подлежит обсуждению
- T2** подлежит обсуждению
- T3** подлежит обсуждению

Уровень КА

- T1** Первоначальная проверка технических характеристик
- EV1** Первая проверка в условиях окружающей среды, напр., вакуум, тепло, холод, переходы
- T2** Промежуточная проверка технических характеристик
- EV2** Вторая проверка в условиях воздействия окружающей среды, напр., механические синусоидальные сигналы, акустика, ударные воздействия
- T3** Окончательная проверка технических характеристик
- T4** ПОДЛЕЖИТ ОБСУЖДЕНИЮ
- T5** EMC/Само-совместимость
- LP** Подготовка к запуску
- ЮТ** Испытания на орбите

TECHNICAL REQUIREMENTS SPECIFICATION

Test Request Reference / Запрос на испытание Ссылка	Requirements / Требования
Reserved	

Reference Requirements / Ссылка на требования	Module or Sub-assembly / Модуль или узел			Spacecraft / Космический аппарат											Test Request Reference / Запрос на испытание		
	T1	T2	T3	T1	EV1			T2	EV2			T3	T4	T5	LP	IO	Ссылка
	H	C	T	S	A	S	T3	T4	T5	LP	IO						
Reserved																	
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved
Reserved																	Reserved