

ГЛАВА 9

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ

СОДЕРЖАНИЕ

1.	описание	4
2.	ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	4
3.	ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
3.1.	Определения.....	4
3.2.	Перечень сокращений	5
4.	Функциональные требования	5
5.	ТРЕБОВАНИЯ МИССИИ.....	6
6.	ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСАМ	6
6.1.	Телеметрия (ТМ).....	6
6.2.	Прочие интерфейсы	6
7.	ТРЕБОВАНИЯ внешних воздействий.....	6
8.	ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	6
9.	ТРЕБОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ	7
10.	ТРЕБОВАНИЯ К ОБЩЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ	7
11.	ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ	7
12.	требования по гарантии качества.....	7
13.	ТРЕБОВАНИЯ К КОНФИГУРАЦИИ	7
14.	ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ	8
15.	ТРЕБОВАНИЯ ПО подтверждение.....	9
15.1.	Общие положения	9
15.2.	подтверждение испытанием	9
15.2.1.	Общие положения.....	9
15.2.2.	Корреляция температурной математической модели	10
15.3.	подтверждение анализом	10
15.4.	подтверждение при проектном рассмотрении.....	11
15.5.	Проверка осмотром.....	11
15.6.	Матрицы функциональной проверки.....	11
15.6.1.	Функциональные требования.....	11
15.6.2.	Требования к полету.....	11
15.6.3.	Требования к интерфейсу	12
15.6.4.	Экологические требования.....	12
15.6.5.	Эксплуатационные требования.....	12
15.6.6.	Требования, связанные с человеческим фактором.....	12
15.6.7.	Требования к материально-техническому обеспечению.....	12
15.6.8.	Физические требования.....	13
15.6.9.	Требования к качеству продукта	13
15.6.10.	Требования к конфигурации	13

Приложение В - СПЕЦИФИКАЦИЯ

15.6.11.	Требования к конструкции	13
15.7.	Требования по испытаниям и проверочные матрицы	14

1. ОПИСАНИЕ

В этой Главе определяются общие требования к Системе обеспечения теплового режима (СОТР).

Система обеспечения теплового режима включает в себя все аппаратное и программное обеспечение КА, используемое для удержания температуры всего оборудования, конструкций и выступающих элементов КА в рамках установленного теплового диапазона на протяжении САС.

2. ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

В дополнение к документам, оговоренным в Гл. 1, следующие документы входят в состав Ссылочных документов (RD) к данной Главе.

RD(B9-1)	(TBD)
RD(B9-2)	(TBD)
RD(B9-3)	(TBD)
RD(B9-4)	(TBD)
RD(B9-5)	(TBD)
RD(B9-6)	(TBD)

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Приемлемая температура

Приемлемой температурой является заданная температура плюс (т.е. выше не более чем на) или минус (т.е. ниже не более чем на) **5°C**.

Расчетная температура

Расчетной температурой является температура оборудования, конструкций или выступающих элементов, полученная с помощью аналитического исследования наиболее неблагоприятных полетных условий (напр., соответствующего сочетания величин внешних потоков, свойств материалов и профилей рассеяния отдельных узлов, применяемого для описания "горячих" и "холодных" условий).

Корреляция

Соответствие аналитических предварительных оценок и результатов испытаний

Геометрическая математическая модель (GMM)

Математическая модель, в которой объект и его окружение представляются обменивающимися излучением поверхностями, характеризующимися их температурно-оптическими свойствами. *Примечание: в рамках GMM вырабатываются поглощаемые потоки окружающего тепла и радиационное взаимодействие между поверхностями.*

Анализ чувствительности

Аналитическое исследование, в рамках которого используются изменения входных параметров для оценки воздействия погрешностей на результаты анализа.

Испытание теплового баланса

Испытание, проводимое для проверки адекватности температурной модели и тепловых расчетов

Температурная математическая модель (ТММ)

Числовое представление определенного объекта и его непосредственного окружения, представленное узлами или элементами концентрированной удельной теплоемкости, связанные сеть теплопроводников (излучательных, кондуктивных и конвективных).

Заданная температура (также Гарантированная температура)

Заданной температурой является расчетная температура плюс (т.е. выше не более чем на) или минус (т.е. ниже не более чем на) погрешность анализа. Для всех прогнозов принимается минимальная погрешность анализа в **5°C**; если погрешность анализа превышает **5°C**, берется фактическая погрешность.

Температура, соответствующая квалификационным требованиям

Температурой, соответствующей квалификационным требованиям, является заданная температура плюс (т.е. выше не более чем на) или минус (т.е. ниже не более чем на) **10°C**.

Тепловой узел

Представление конкретного объема определенного объекта через характерную температуру, характерные свойства материала и характерное давление (для диффузионного узла), используемое в математическом подходе сосредоточенных параметров.

Погрешность

Неточности в расчетах температуры вследствие неточностей физических параметров, характеристик окружающей среды и параметров моделирования.

3.2. ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

Для целей настоящего документа используются следующие сокращения

AD	Applicable Document	Применимый документ
DRD	Document Requirements Definition	Определение требований к документам
TMM	Thermal Mathematical Model	Температурная математическая модель
VCD	Verification Control Document	Контрольный документ проверки
MLI	Multi Layer Insulation	Многослойная изоляция
TM/TC	Telemetry/Telecommand	Телеметрия и телеуправление
TS	Technical Specification	Технические спецификации
GSE	Ground Support Equipment	Наземное оборудование
GSO	Geosynchronous Orbit	Геосинхронная орбита
EOL	End-Of-Life	Конец срока жизни
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis	Анализ типов характера, последствий и критичности отказа
GEO	Geostationary Orbit	Геостационарная орбита
TCS		

4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

СОТР должна удерживать температуру всего оборудования, конструктивных элементов и выступающих конструкций КА в рамках диапазона заданных температур в любое время^(09/4-1):

- а) во всех возможных режимах работы системы связи, включая действия с оборудованием системы связи, которое отключено частично или полностью^(09/4-2);

От Подрядчика

От ГПКС

- b) при всех условиях наихудшего случая, внешних воздействиях и деградации характеристик КА в течение периода, начинающегося с предстартовых работ, и затем на протяжении всех этапов выполнения задания на протяжении всего срока жизни ^(09/4-3);
- c) при операциях во всех возможных резервных режимах ^(09/4-4).

5. ТРЕБОВАНИЯ МИССИИ

СОТР должна обеспечить соответствие температур КА требованиям миссии, включая

- наземные виды работ (в частности, функциональный контроль, испытания и транспортировку КА); ^(09/5-1)
- предстартовые и стартовые работы вплоть до отделения от РН (в том числе подключение, хранение, старение и транспортировку); ^(09/5-2)
- все этапы полета от отделения от ракеты-носителя до маневров перевода на орбиту захоронения и отключения двигательной установки (ДУ). ^(09/5-3)

6. ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕРФЕЙСАМ

6.1. ТЕЛЕМЕТРИЯ (ТМ)

В состав системы телеметрии КА входят следующие параметры системы обеспечения температурного режима:

- a) температурные параметры, необходимые для определения температуры всех блоков; ^(09/6-1)
- b) Температура всех критически важных компонентов; *Примечание: в данном разделе под критически важными компонентами понимаются любые компоненты, утрата которых приведет к потере ресурса резервирования.* ^(09/6-2)
- c) статус "вкл./выкл." всех нагревателей; ^(09/6-3)
- d) ток нагрузки всех нагревателей, с разрешением, необходимым для определения рабочих параметров индивидуальных нагревателей или комплекта нагревателей; ^(09/6-4)
- e) температура всех (температурных) датчиков. ^(09/6-5)

6.2. ПРОЧИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

зарезервировано

7. ТРЕБОВАНИЯ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Требования внешних воздействий, определяются в Главе 12 настоящих Технических требований. ^(09/7-1)

8. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

От Подрядчика

От ГПКС

Примечание: Любой автоматически включаемый нагреватель должен быть оснащен возможностью отключения по команде с Земли.^(09/8-1)

9. ТРЕБОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

зарезервировано

10. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЩЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ

зарезервировано

11. ТРЕБОВАНИЯ К ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

зарезервировано

12. ТРЕБОВАНИЯ ПО ГАРАНТИИ КАЧЕСТВА

зарезервировано

13. ТРЕБОВАНИЯ К КОНФИГУРАЦИИ

зарезервировано

14. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ

СОТР должна обеспечить отсутствие каких-либо ограничений, налагаемых на системы КА в любом рабочем режиме в течение всего САС. ^(09/14-1)

СОТР должна выдерживать воздействие однократного отказа тепловых труб. ^(09/14-2)

СОТР должна выдерживать воздействие однократного отказа нагревателя. ^(09/14-3)

СОТР должна выдерживать воздействие однократного отказа любого датчика температуры в любой группе контроля температуры. ^(09/14-4)

СОТР должна предоставлять возможность проверить в испытаниях контуры нагревателей при нормальном давлении и при комнатной температуре в полной полетной конфигурации без отката позиции в последовательности проверки КА. ^(09/14-5)

15. ТРЕБОВАНИЯ ПО ПОДТВЕРЖДЕНИЮ

15.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Процесс функциональной проверки должен соответствовать требованиям, изложенным в разделе 4, главы 6 Содержания работ.

15.2. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ИСПЫТАНИЕМ

15.2.1. Общие положения

В испытаниях должно быть продемонстрировано, что работа каждого прибора, конструкции и внешние блоки будут работать безопасно и удовлетворять всем требованиям к рабочим характеристикам во всем диапазоне температур, удовлетворяющим квалификационным требованиям.

Все рассеиватели мощности в конструкции управления температурным режимом должны быть проверены путём измерения оборудования летного типа.

Температурно-оптические характеристики класса обработки всех поверхностей будут получены в результате анализа и подтверждены результатами измерений.

Конструкция температурной подсистемы должна пройти квалификационную проверку в ходе испытания вакуумного баланса, с максимально возможным приближением к фактическим условиям на протяжении всего срока жизни КА.

В программу испытаний должны входить имитации переходной, геостационарной орбит геосинхронной и орбиты дрейфа. В имитация геосинхронной должны быть включены ухудшение качества поверхностей, сезонные изменения, условия затмения, начала и конца срока жизни, а также предельные изменения рабочих режимов КА.

Целями испытания являются квалификационная проверка конструкции температурной подсистемы, проверка аналитических моделей, используемых для оценки конструкции и прогнозирования значений температуры, а также прогнозирование значений температуры КА во время температурно-вакуумных полетных испытаний КА.

В ходе испытаний также должна имитироваться разгерметизация при запуске (в рамках ограничений рабочего диапазона испытательного стенда).

Для КА, одна "горячая" и одна "холодная" проверка теплового баланса будет выполнена для корреляции тепловой модели.

Точки температурных измерений должны совпадать с узлами, определенными в температурной математической модели. Адекватность последней должна проверяться калибровкой при вакуумных испытаниях теплового баланса.

Для проверки температурной математической модели (ТММ) в ходе вакуумных испытаний температурного баланса будут использоваться следующие критерии устойчивости:

менее **0.5°C/час** в течение достаточного времени для устойчивого достижения всех необходимых значений температуры.

15.2.2. Корреляция температурной математической модели

Критериями успешного подтверждения температурной математической модели в результате корреляции с измерениями в ходе вакуумных испытаний теплового баланса будут являться:

- a) среднее отклонение температуры менее, чем на **2°C** для блоков оборудования;
- b) максимальное отклонение менее **5°C** в каждой точке.

ТММ обновляется и используется для прогнозирования полетных температур таким образом, чтобы после усовершенствования проекта тепловой конструкции, если это необходимо, СОТР должна сохранять соответствие величин температуры оборудования диапазону ожидаемой температуры.

Подрядчик должен обеспечить соответствие точек температурных измерений узлам, определенным в рамках температурной математической модели.

15.3. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ АНАЛИЗОМ

Подрядчик должен провести полные и всесторонние температурные анализы, включая все внешние блоки (напр., рефлекторы антенн, солнечные батареи).

Анализ проводится для всех режимов работы КА, включая, как минимум, хранение, предстартовую подготовку (в частности, условия герметизации и подготовку на стартовой площадке), запуск, пребывание на опорной орбите (по необходимости), переходной орбите, переходные перигейные (по необходимости) и апогейные запуски двигателей, последовательности операций для дрейфовых орбит и захвата/развертывания, солнцестояния и равноденствия на начало и конец срока жизни, в том числе условия переходных состояний, нагрев газового шлейфа и все режимы обеспечения живучести.

Следует рассмотреть влияние теплового воздействия на отдельные узлы (напр., изолятор высокой мощности) или отказы каналов транспондера.

Особое внимание следует уделить анализам интерфейсов с критически важными элементами КА (напр., рефлекторы антенны, солнечными батареями).

Подрядчик должен следить за тем, чтобы значение температуры, соответствующей квалификационным требованиям, любой детали, содержащей топливные компоненты (ТК), оставалось как минимум на **10 C** выше, чем максимальная точка замерзания любого ТК на борту.

Во всех проектных вариантах должны учитываться ухудшение характеристик термоуправляемых поверхностей с управлением температурой в течение САС КА.

Термо анализы должны быть задокументированны и представлены в ГПКС как часть отчета по проектным анализам и должны включать, как минимум, следующие данные:

- a) количество узлов и описание их разбиения;
- b) профиль температурного рассеяния КА, включая опорное разделение на узлы для каждого проанализированного варианта;
- c) Коэффициент черноты и коэффициент поглощения солнечного излучения (по необходимости) поверхностей, включая радиацию и ухудшение параметров вследствие старения и загрязнения;
- d) поглощенная солнечная энергия для выбранных внешних поверхностей, для каждого проанализированного варианта;
- e) удельная теплоемкость назначенная каждому узлу, рассматриваемому в

От Подрядчика

От ГПКС

- анализе;
- f) кондуктивное связность и значение теплопроводности при передаче кондуктивного тепла. Полное описание подузлов, если используются тепловые трубы с постоянной теплопроводностью;
 - g) демонстрация того, что радиационная связность при передаче тепла источниками излучения включена в анализ;
 - h) нагреватели замещения и/или компенсирования;
 - i) неточность модели должна быть учтена и применена;
 - j) рассмотрение и оценка результатов анализа.

Анализы должны описывать метод определяющий факторы кондуктивного и радиационного обмена.

Чтобы дать возможность изготовителям ракеты-носителя (РН) провести комплексный тепловой анализ, Подрядчик должен предоставить тепловую модель КА, соответствующую спецификации, которые требуются изготовителем РН.

Подрядчик должен предоставить ожидаемые значения температур при испытаниях на уровне системы и полетной модели КА, которые основаны на термобалансных испытаниях коррелированные с моделью, использующей наихудший случай моделируемых параметров и условий внешних воздействий для всех фаз полета.

15.4. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТНОМ РАССМОТРЕНИИ

Reserved	Зарезервировано
----------	-----------------

15.5. ПРОВЕРКА ОСМОТРОМ

Reserved	Зарезервировано
----------	-----------------

15.6. МАТРИЦЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ

15.6.1. Функциональные требования

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

15.6.2. Требования к полету

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

От Подрядчика

От ГПКС

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					
Reserved					
Reserved					
Reserved					
Reserved					
Reserved					

15.6.4. Экологические требования

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

15.6.5. Эксплуатационные требования

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

15.6.8. Физические требования

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

15.6.10. Требования к конфигурации

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

15.6.11. Требования к конструкции

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

15.7. ТРЕБОВАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЯМ И ПРОВЕРОЧНЫЕ МАТРИЦЫ

Обозначения

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	
Reserved	
Reserved	
Reserved	
Reserved	
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																	Reserved