|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО** | **УТВЕРЖДАЮ** |
| Проректор по научной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»  Ю.А. Равикович  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. | Заместитель Генерального директора, заместитель Генерального конструктора  АО «ВПК «НПО машиностроения»  по космическому направлению  П.А. Широков  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. |
|  |  |

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

НА СОСТАВНУЮ ЧАСТЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

«Исследование принципов построения и моделирования системы генерирования электроэнергии космического аппарата с импульсной работой полезной нагрузки при использовании батареи суперконденсаторов»

Шифр СЧ НИР «Каскад-МАИ»

№А145-02ТЗ

**Редакция от 11.10.2021**

**Содержание**

[1 НАИМЕНОВАНИЕ, ШИФР СЧ НИР И ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР 3](#_Toc81048572)

[2 ИСПОЛНИТЕЛЬ, ЗАКАЗЧИК, СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР 3](#_Toc81048573)

[3 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ СЧ НИР 3](#_Toc81048574)

[4 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СЧ НИР 5](#_Toc81048575)

[5 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗДЕЛИЯМ, ПРЕДЛАГАЕМЫМ К СОЗДАНИЮ 6](#_Toc81048576)

[6 ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР 19](#_Toc81048577)

[7 ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ 20](#_Toc81048578)

[8 ТРЕБОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЧ НИР 21](#_Toc81048579)

[9 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРИЁМКИ СЧ НИР 21](#_Toc81048580)

[10 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ 22](#_Toc81048581)

[11 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ 22](#_Toc81048582)

[12 ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ 23](#_Toc81048583)

[Приложение А (обязательное). Перечень принятых сокращений 25](#_Toc81048584)

[Приложение Б (обязательное). Нормы внешних воздействующих факторов 27](#_Toc81048585)

[Приложение В (обязательное). Требования к 3D-моделям приборов 47](#_Toc81048586)

[Приложение Г](#_Toc81048587). [Перечень ссылочных документов 48](#_Toc81048588)

# НАИМЕНОВАНИЕ, ШИФР СЧ НИР И ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР

Наименование СЧ НИР – «Исследование принципов построения и моделирования системы генерирования электроэнергии космического аппарата с импульсной работой полезной нагрузки при использовании батареи суперконденсаторов».

Шифр СЧ НИР – «Каскад-МАИ».

Основание для выполнения СЧ НИР – приказ Генерального директора АО «ВПК «НПО машиностроения» № \_\_\_\_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# ИСПОЛНИТЕЛЬ, ЗАКАЗЧИК, СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР

Заказчик – акционерное общество «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» (далее по тексту Заказчик).

Исполнитель – «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (далее по тексту Исполнитель).

Настоящее техническое задание является основанием для заключения Договора между Заказчиком и Исполнителем на выполнение СЧ НИР.

Сроки выполнения СЧ НИР устанавливаются договором.

# ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ СЧ НИР

Цель СЧ НИР

Целью СЧ НИР является техническое обоснование возможности создания системы генерирования электроэнергии (далее по тексту – СГЭ) космического аппарата (КА) с использованием батареи суперконденсаторов (БСК).

Задачи, решение которых обеспечивает достижение поставленных целей:

1. определение энергомассовых и удельномощностных граничных условий целесообразности применения суперконденсаторов;
2. разработка структурно-функциональной схемы СГЭ, определение режимов работы и функционирования СГЭ.
3. расчет энергобаланса. Расчет средневиткового, минимального и максимального тепловыделения СЧ СГЭ на типовом витке. Моделирование работы СГЭ в различных режимах работы;
4. определение технических характеристик СЧ СГЭ, в том числе расчет собственного потребления АРК в различных режимах;
5. формирование ИД для создания ЭО БСК;
6. формирование ИД для создания стенда-имитатора СГЭ;
7. разработка рабочей конструкторской документации ЭО БСК;
8. разработка эскизной документации АРК;
9. разработка рабочей конструкторской документации стенда-имитатора СГЭ и его составных частей;
10. разработка перечня ЭКБ для БСК и АРК;
11. разработка программы и методики испытаний по моделированию работы СГЭ на стенде-имитаторе СГЭ;
12. разработка программного обеспечения стенда-имитатора СГЭ;
13. разработка частной ПМ для отладки стенда-имитатора СГЭ;
14. разработка паспортов техпроцессов изготовления стенда-имитатора СГЭ, ЭО БСК, закупка комплектующих;
15. изготовление ЭО БСК;
16. изготовление стенда-имитатора СГЭ;
17. проведение испытаний по моделированию работы СГЭ на стенде-имитаторе СГЭ.

# ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СЧ НИР

Основные направления проводимых исследований

* + 1. Исследование и обоснование принципов построения системы генерирования электроэнергии в обеспечение снижения массовых, габаритных характеристик, обеспечения высоких удельных энергетических характеристик, с учетом импульсной работы полезной нагрузки СГЭ.
    2. Разработка и изготовление ЭО БСК и стенда-имитатора СГЭ.
    3. Проведение испытаний по моделированию работы СГЭ в составе КА в орбитальном полете, отработка циклограмм работы КА.

Перечень (состав, виды) документов, разрабатываемых при выполнении СЧ НИР:

* + - исходные данные к разработке и изготовлению ЭО БСК;
    - исходные данные к разработке и изготовлению стенда-имитатора СГЭ;
    - рабочая конструкторская документация на ЭО БСК в согласованном объеме;
    - рабочая конструкторская документация на стенд-имитатор СГЭ;
    - эскизная конструкторская документация на АРК в согласованном объеме;
    - разработка программы и методики испытаний по моделированию работы СГЭ;
    - отчет по результатам испытаний по моделированию работы СГЭ;
    - итоговый научно-технический отчет в согласованном объеме;

## Результаты выполнения СЧ НИР

### Разработка структурно-функциональной схемы СГЭ с использованием БСК.

### Анализ возможности и целесообразности использования БСК в СГЭ перспективных малых космических аппаратах производства АО «ВПК «НПО машиностроения».

### Рабочая конструкторская документация в составе:

### РКД ЭО БСК;

### РКД стенда-имитатора СГЭ

### ЭКД АРК, предназначенная для реализации СГЭ с использованием БСК.

### ЭО БСК.

### Стенд-имитатор СГЭ.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗДЕЛИЯМ, ПРЕДЛАГАЕМЫМ К РАЗРАБОТКЕ И СОЗДАНИЮ

## **Требования назначения СГЭ**

### СГЭ предназначена для обеспечения бортовых систем КА электрической энергией мощностью в соответствии с режимами работы КА при наземных испытаниях и в процессе летной эксплуатации в течение всего срока активного существования (САС) КА.

### СГЭ должна функционировать в диапазоне высот орбит от 500 до 700 км и наклонении от 62° до 99°.

### Состав СГЭ:

1. аппаратура регулирования и контроля;
2. батарея солнечная;
3. батарея суперконденсаторов;
4. батарея химических аккумуляторов;
5. межблочная кабельная сеть.

### Масса СГЭ (без учета БС и МКС) должна быть не более 40 кг (может уточняться в процессе выполнения СЧ НИР).

### САС СГЭ в составе КА составляет 5 лет.

### Срок хранения СГЭ составляет 3 года.

### СГЭ должна иметь две выходные шины с нестабилизированным напряжением: шина «27 В» и шина «100 В».

### Выходное нестабилизированное напряжение СГЭ по шине питания «27 В» изменяется в диапазоне от 23 В до 32,8 В (может уточняться в процессе выполнения СЧ НИР).

### Выходное нестабилизированное напряжение СГЭ по шине питания «100 В» изменяется в диапазоне от 81,5 В до 95,5 В (может уточняться в процессе выполнения СЧ НИР).

### Средневитковая мощность СГЭ на момент окончания САС КА должна составлять не менее 250 Вт при максимальной мощности СГЭ не менее 3500 Вт с длительностью не менее 60 с на витке.

### Циклограмма электропотребления КА по шине «27 В» и по шине «100 В» для типового витка при работе ПН длительностью 60 с приведена на рисунке 1.

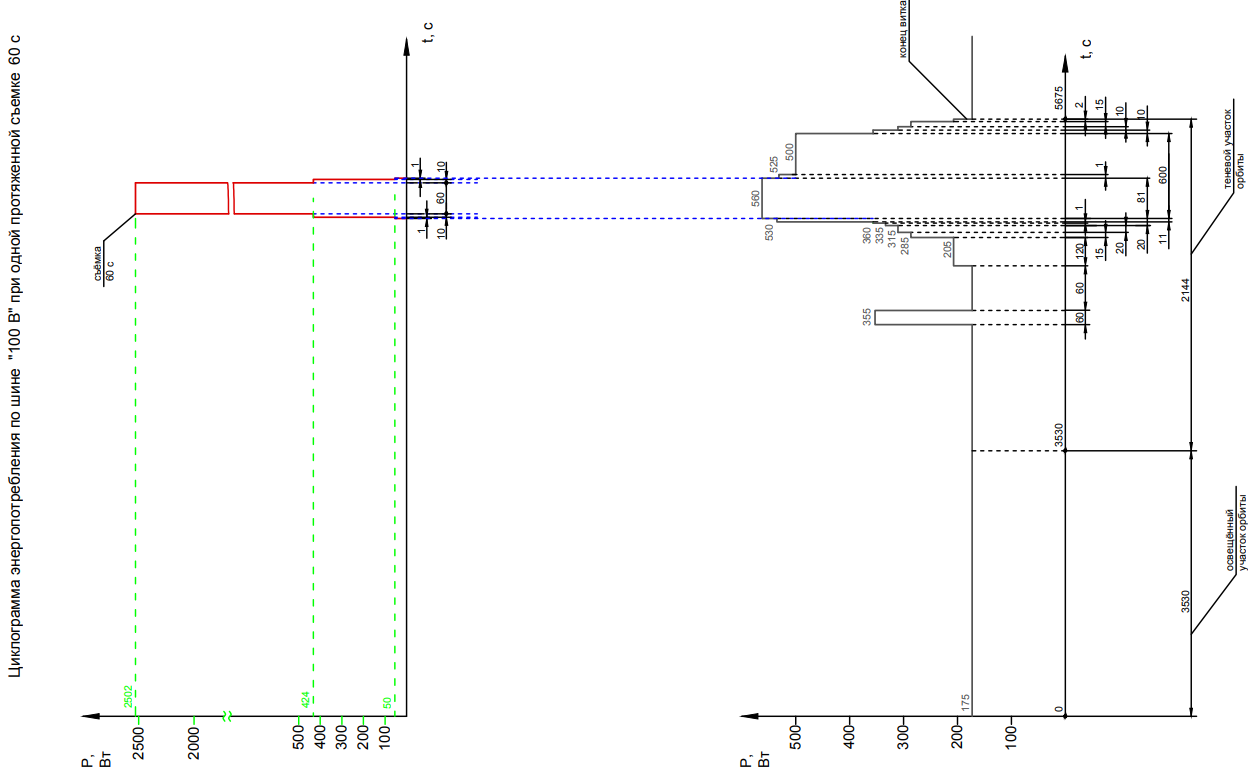


Рисунок 1 – Циклограмма электропотребления КА на шине «27 В» и

«100 В В» на типовом витке при работе ПН длительностью 60 с

### В таблицах 1, 2 приведены потребляемая мощность и длительность потребления по шинам «27 В» и «100 В» для типового витка.

Таблица 1 – Энергопотребление по шине «27 В» для типового витка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Мощность, Вт | Продолжительность, с |
| 1 | 175 | 3530 |
| 2 | 175 | 1201 |
| 3 | 355 | 60 |
| 4 | 175 | 60 |
| 5 | 205 | 120 |
| 6 | 285 | 15 |
| 7 | 315 | 20 |
| 8 | 335 | 20 |
| 9 | 360 | 1 |
| 10 | 530 | 11 |
| 11 | 560 | 81 |
| 12 | 525 | 1 |
| 13 | 500 | 517 |
| 14 | 360 | 10 |
| 15 | 315 | 10 |
| 16 | 285 | 15 |
| 17 | 205 | 2 |

Таблица 2 – Энергопотребление по шине «100 В» для типового витка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Мощность, Вт | Продолжительность, с |
| 1 | 50 | 1 |
| 2 | 424 | 10 |
| 3 | 2502 | 60 |
| 4 | 424 | 10 |
| 5 | 50 | 1 |

## **Требования назначение АРК**

### АРК в составе СГЭ предназначена для обеспечения бортовых систем КА электрической энергией мощностью в соответствии с режимами работы КА, преобразования электрической энергии, генерируемой БС, в энергию постоянного тока с заданными параметрами качества, обеспечения накопления необходимого количества энергии в БХА и в БСК и отдачи ее потребителю.

### АРК должна обеспечивать решение следующих задач:

#### совместную работу с БС, БХА и БСК на общую электрическую нагрузку;

#### преобразование электрической энергии, генерируемой БС, в электрическую энергию постоянного тока с заданными параметрами;

#### заданные параметры электрической энергии на своих выходных шинах при всех изменениях тока нагрузки КА в пределах заданных выходных характеристик СГЭ (п. 5.1.10) и освещённости БС;

#### максимальное использование электроэнергии БС для питания БА КА вне зависимости от режима работы и состояния БХА и БСК;

#### накопление необходимого количества электрической энергии в БХА и БСК для питания КА;

#### контроль и управление зарядно-разрядными режимами БХА, БСК;

#### выравнивание напряжений аккумуляторов БХА;

#### приём и исполнение команд управления;

#### формирование и выдачу сигналов об исполнении команд управления;

#### контроль параметров АРК, БХА и БСК, БС на всех этапах эксплуатации с выдачей соответствующей информации;

#### формирование и выдачу сигнала «Ограничение нагрузки»;

### Состав АРК определяет Исполнитель в процессе выполнения СЧ НИР. Состав должен быть минимальным для функционального обеспечения решения задач п. 5.5.2 и согласовывается с Заказчиком.

### АРК должен иметь моноблочное исполнение (может уточняться в процессе выполнения СЧ НИР по согласованию с Заказчиком).

### «Минусовые» и «плюсовые» цепи должны быть выведены:

- от шины «27» В на один соединитель;

- от шины «100 В» на два отдельных соединителя.

### Преобразователи напряжения, при их наличии в составе АРК, должны иметь защиту от короткого замыкания.

### АРК должен обеспечивать следующие способы взаимодействия с БА КА:

– командный и информационный обмен по протоколу SpaceWire и МКИО;

– передачу телеметрических данных (ТМ) аналоговым сигналом, который формируется в виде напряжения пропорционально измеряемой величине;

– прием и выполнения разовых команд (РК), выдаваемые БА КА импульсом напряжения постоянного тока.

П р и м е ч а н и я:

1 – перечень, характеристики команд и информации определяются в рамках СЧ НИР;

2 – протокол электрического и информационно-логического сопряжения с БА КА должен быть согласован с Заказчиком.

### АРК должна обеспечивать защиту БХА от перезаряда и переразряда прекращением (запрещением) её заряда и разряда по РК.

### АРК должна обеспечивать активный способ балансировки напряжений АК БХА – дополнительный заряд (дозаряд) каждого АК БХА без использования энергии БХА.

### АРК должна предусматривать возможность обеспечения включения (выключения) балансировки АК БХА по РК.

### Характеристики и требования к АРК уточняются в процессе проведения СЧ НИР и могут быть откорректированы.

## **Требования назначения БСК**

### БСК обеспечивает питание ПН КА по шине «100 В».

### Состав БСК:

#### суперконденсаторы;

#### температурные датчики;

#### силовой корпус.

#### П р и м е ч а н и е - состав БСК может быть дополнен Исполнителем в процессе выполнения СЧ НИР

### БСК должна иметь моноблочное исполнение (может уточняться в процессе выполнения СЧ НИР по согласованию с Заказчиком).

### Выходное напряжение БСК определяет Исполнитель в зависимости от выбранной схемы построения СГЭ и требований по обеспечению напряжения по шине «100 В».

### БСК должна обеспечивать работу ПН КА при мощности разряда 3500 Вт суммарно до 60 с на витке.

### БСК должна обеспечивать на конец САС разрядный ток не менее 43 А.

### Собственные частоты колебаний БСК на элементах штатного крепления относительно жесткого основания должны быть не менее 40 Гц.

### БСК должна выдавать АРК следующую информацию:

#### напряжение БСК;

#### температуру с каждого датчика температуры;

### Характеристики и требования к БСК уточняются в процессе проведения СЧ НИР и могут быть откорректированы.

## **Требования к стенду-имитатору СГЭ**

### Состав стенда-имитатора СГЭ:

1. имитатор БХА;
2. имитатор нагрузки по шине «27 В»;
3. имитатор нагрузки по шине «100 В»;
4. источник питания (имитатор БС);
5. измерительно-управляющий комплекс, реализующий функционал АРК, прием телеметрии, имитацию командного обмена со стороны бортовой аппаратуры;
6. технологическая оснастка для установки ЭО БСК, составных частей стенда-имитатора СГЭ, организации охлаждения (при необходимости).
   * 1. Требования к имитатору БХА.

#### БХА обеспечивает питание БА КА по шине «27 В» при отсутствии генерируемой мощности БС (теневой участок орбиты) или при её значении меньше потребляемой мощности БА КА и накапливает электрическую энергию при превышении генерируемой мощности БС потребляемой мощности КА.

#### Состав имитатора БХА:

#### аккумуляторы;

#### температурные датчики;

#### силовой корпус.

#### П р и м е ч а н и е - состав имитатора БХА может быть откорректирован Исполнителем в процессе выполнения СЧ НИР

#### Тип аккумуляторов имитатора БХА – литий-ионный.

#### Выходное напряжение имитатора БХА соответствует штатной БХА и определяется Исполнителем в зависимости от выбранной схемы построения СГЭ и требований по обеспечению напряжения по шине «27 В».

#### Имитатор БХА должен обеспечивать электроэнергию не менее 170 Вт·ч, что соответствует требованию к БХА по обеспечению КА электроэнергией на конец САС на теневом участке орбиты.

#### Имитатор БХА должен обеспечивать разрядный ток не менее 25 А, что соответствует требованию по разрядному току к БХА на конец САС.

#### Максимальный зарядный ток имитатора БХА составляет 12 А.

#### Имитатор БХА должен выдавать АРК следующую информацию:

#### напряжение имитатора БХА;

#### напряжение каждого аккумулятора;

#### температуру с каждого датчика температуры;

#### Характеристики и требования к имитатору БХА уточняются в процессе проведения СЧ НИР и могут быть откорректированы.

* + 1. Требования к источнику питания (имитатору БС).

#### БС обеспечивает питание БА КА и заряд вторичных источников питания на освещённых участках полёта КА.

#### Источник питания должен обеспечивать выходное напряжение 100±15 В (рабочее напряжени1е).

#### В режиме имитации работы БС выходной ток источника питания должен изменяться в диапазоне от 0 до 12 А (при рабочем напряжении).

#### Источник питания должен иметь возможность изменять выходные характеристики согласно циклограммы работы, передаваемой измерительно-управляющим комплексом.

#### Характеристики источника питания могут уточняются во время выполнения СЧ НИР.

* + 1. Требования к имитаторам нагрузки

#### Имитатор нагрузки шины «27 В» должен имитировать работу БА КА по шине «27 В» согласно циклограмме энергопотребления, приведенную в таблице 1.

#### Диапазон напряжения работы имитатора нагрузки шины «27 В» должен соответствовать п.5.1.8.

#### Имитатор нагрузки шины «100 В» должен имитировать работу БА КА по шине «100 В» согласно циклограмме энергопотребления, приведенную в таблице 2.

#### Диапазон напряжения работы имитатора нагрузки шины «100 В» должен соответствовать п.5.1.9.

#### Циклограмма работы имитаторов нагрузок по шинам «27 В» и «100 В» задаются и изменяются измерительно-управляющим комплексом.

### Требования к измерительно-управляющему комплексу.

#### Измерительно-управляющий комплекс предназначен для организации взаимодействия ЭО БСК с СЧ стенда-имитатора СГЭ, моделирования работы СГЭ в составе КА по заданным циклограммам энергопотребления, моделирование взаимодействия КА с СГЭ, приема телеметрической информации.

#### Измерительно-управляющий комплекс должен реализовывать функционал АРК, приведенный в п.5.2.

#### Измерительно-управляющий комплекс должен формировать циклограммы работы имитаторов нагрузки по шинам «27 В» и «100 В», источника питания.

#### Программное обеспечение измерительно-управляющего комплекса должно предоставлять возможность ввода циклограмм работы СЧ частей стенда-имитатора, ввода команд управления, выводить телеметрическую информацию СЧ стенда-имитатора СГЭ, ЭО БСК в режиме реального времени.

#### Выходная информация измерительно-управляющего комплекса должна сохранятся в файлах для последующего анализа. Формат файлов согласовывается с Заказчиком на этапе выполнения СЧ НИР.

### Требования к технологической оснастке.

#### Технологическая оснастка предназначена для установки СЧ стенда-имитатора, ЭО БСК при проведении испытаний.

#### Технологическая оснастка должна обеспечивать охлаждение СЧ стенда-имитатора и ЭО БСК (при необходимости).

#### Требования к технологической оснастки, ее состав определяет Исполнитель на основе сформированном в результате разработки состава и компоновки стенда-имитатора СГЭ и ЭО БСК. Требования и состав технологической оснастки согласовывается с Заказчиком.

### . Характеристики и требования к стенду-имитатору уточняются в процессе проведения СЧ НИР и могут быть откорректированы.

## **Требования надежности**

### Требования надежности СГЭ

#### Обеспечение и контроль надежности (изделия) должны осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ РО 1410-001-2009, ГОСТ РО 1410-002-2010.

#### В отчете по выполнению СЧ НИР должны быть представлены материалы по оценке надежности СГЭ расчетным методом.

#### Критерием отказа является не выполнение требований назначения, приведенных в п.5.1.

## **Требования радиоэлектронной защиты**

### Требования радиоэлектронной защиты АРК и БСК приведены в приложении Б.

## **Требования стойкости к внешним воздействующим факторам**

### Требования живучести не предъявляются.

### Требования стойкости БСК и АРК к внешним воздействующим факторам приведены в приложении Б.

* + 1. БСК, АРК, БХА относятся к аппаратуре, предназначенной для установки в негерметизированных приборных отсеках, а также на внешней поверхности КА с применением ЭВТИ.
    2. БС относится к аппаратуре, предназначенной для установки на внешней поверхности КА без применения ЭВТИ.

## **Требования к каталогизации**

### Требования не предъявляются

## **Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта**

### Требования к условиям эксплуатации, хранению, транспортированию, техническому обслуживанию и ремонту ЭО БСК и стенда-имитатора СГЭ.

#### В конструктивном и схемном исполнении БСК и стенда-имитатора СГЭ должны быть предусмотрены мероприятия, направленные на предотвращение ошибочных действий личного состава при выполнении штатных операций.

### **Требования к транспортабельности.**

#### ЭО БСК и стенд-имитатор СГЭ поставляется в таре.

#### Конструкция ЭО БСК и стенда-имитатора СГЭ должна допускать его многократную перевозку автомобильным транспортом на расстояние до 2000 км со скоростями до 40 км/ч по шоссе и до 20 км/ч по грунтовым дорогам.

## **Требования безопасности**

### Требования не предъявляются.

## **Требования к видам обеспечения**

### Требования к программному обеспечению

#### Требования к программному обеспечению стенда-имитатора СГЭ определяются в процессе выполнения СЧ НИР.

## **Требования к метрологическому обеспечению**

### Наименования и обозначения единиц величин, результаты измерений должны представляться в соответствии с Положением о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.10.2009 №879) и ГОСТ 8.417-2002. Формы представления результатов измерений должны соответствовать МИ 1317-2004.

### По завершению монтажа и пусконаладочных испытаний стенд-имитатор СГЭ должен пройти процедуру первичной аттестации в соответствии с ГОСТ Р 8.568 2017.

### Примечание - бумажные оригиналы программ и методик первичной аттестации должны быть переданы для согласования в адрес Заказчика до начала процедуры первичной аттестации.

## **Требования к сырью, материалам и комплектующим межотраслевого применения**

### Номенклатура (виды, марки, типы) применяемого сырья, материалов, покупных изделий при изготовлении изделия в основном должна иметь сырьевую и производственную базу в Российской Федерации.

### Применяемые материалы должны быть нетоксичными и пожаровзрывобезопасными.

### В БСК и АРК должна применяться ЭКБ отечественного производства (ЭКБ ОП).

### ЭКБ ОП допускаются к применению в режимах и условиях отличных от ТУ на эти изделия по протоколам разрешения применения, оформленных в соответствии с ГОСТ 2.124-2014.

### Применение ЭКБ иностранного производства (ЭКБ ИП) при разработке БСК и АРК допускается в исключительных случаях при отсутствии отечественных аналогов, по согласованию с Заказчиком.

### Применение в БСК и АРК изделий ЭКБ ОП в пластмассовых (негерметичных, полимерных) корпусах, а также с покрытием выводов, содержащим чистое олово (содержание свинца в составе покрытия менее 4 %) и никель, запрещается.

### Применяемая в БСК и АРК ЭКБ должна иметь подтверждённую с учётом схемотехнических и конструктивных решений стойкость к ИИ КП, обеспечивающую выполнение требований данного ТЗ

### При разработке стенда-имитатора СГЭ допускается применение ЭКБ ОП и ЭКБ ИП.

## **Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики**

### Требования к эргономическому обеспечению, обитаемости и технической эстетике не предъявляются.

## **Требования стандартизации и унификации**

### Требования стандартизации и унификации не предъявляются.

## **Требования технологичности**

### Требования технологичности не предъявляются

# ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СЧ НИР

## Работы по настоящему ТЗ проводятся по Договору между АО «ВПК «НПО машиностроения» и «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

## Работы выполняются в один этап. Содержание работ и разрабатываемая НТД приведены в таблице 3.

## Сроки выполнения этапов СЧ НИР определяются ведомостью исполнения, являющейся необъемлемой частью Договора между Исполнителем и Заказчиком.

Таблица 3 – Этап выполнения СЧ НИР

| № эта-па | Подэтапы | Содержание работ по этапу | Разрабатываемая НТД |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1.1 | Техническое обоснование и определение принципов построения системы генерирования электроэнергии малого космического аппарата с использованием батареи суперконденсаторов.  Определения оптимального варианта направления исследований, разработка ИД к ЭО БСК и стенду-имитатору СГЭ | Промежуточный научно технический отчет  Технический акт.  Исходные данные к ЭО БСК  Исходные данные к стенду-имитатору СГЭ |
| 1.2 | Разработка рабочей конструкторской документации на ЭО БСК,  Разработка рабочей конструкторской документации на стенд-имитатор СГЭ.  Разработка эскизной документации на АРК, разработка программ и методик, программного обеспечения | Промежуточный научно-технический отчет  Технический акт  Эскизная конструкторская документация АРК  Рабочая конструкторская документация ЭО БСК, стенда-имитатора СГЭ  Программы и методики испытаний моделирования работы СГЭ  Программное обеспечение стенда-имитатора СГЭ |
| 1.3 | Изготовление стенда-имитатора СГЭ, БСК, проведение испытаний по моделированию работы СГЭ. Поставка стенда-имитатора СГЭ, ЭО БСК  Проведение НТС. | Итоговый научно-технический отчет  Акт об изготовлении ЭО БСК  Акт об изготовлении стенда-имитатора СГЭ  Отчет по результатах испытаний  Технический акт |

# ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

## НТД должна соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ 2.105-2019, оформлена на электронном и бумажном носителях в двух экземплярах. Допускаются отклонения от ГОСТ 7.32-2017 с целью выделения части текста, рисунков, таблиц с учётом возможностей текстовых редакторов.

## В НТО должны быть включены:

## - перечни критических элементов;

## - предложения по использованию результатов работы;

## - ориентировочная стоимость БСК и АРК.

## Исполнитель по завершению СЧ НИР представляет Заказчику СЧ НИР отчетную документацию в бумажном виде и на электронном носителе.

## В процессе выполнения СЧ НИР должна быть разработана 3D модель БСК в соответствии с требованиями приложения В.

# ТРЕБОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЧ НИР

## Требования обеспечения режима секретности не предъявляются.

## Требования защиты от несанкционированного доступа не предъявляются.

## Требования противодействия ИТР не предъявляются.

# ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРИЁМКИ СЧ НИР

## Выполнение СЧ НИР осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 15.101-98.

## На первом этапе работ должны быть сформированы исходные данные для разработки КД БСК, стенда-имитатора СГЭ и согласованы с Заказчиком.

## На втором этапе должна быть разработана и согласована с Заказчиком КД на БСК, стенд-имитатор СГЭ, программа и методика испытаний по моделированию работы СГЭ, ЭКД АРК, программное обеспечение стенда-имитатора СГЭ.

## На третьем этапе должны быть изготовлены ЭО БСК, стенд-имитатор СГЭ. Проведены испытания по моделированию работы СГЭ. Произведена поставка Заказчику ЭО БСК и стенда-имитатора СГЭ. После поставки осуществляется входной контроль с представителем Исполнителя.

## При исследованиях необходимо использовать современные методы проектирования, моделирования, планирования, проведения и отработки экспериментов с применением теории системного анализа и экспертных оценок. Проведение исследований, обоснование результатов СЧ НИР, их представление и визуализация должны осуществляться с использованием современных средств вычислительной техники и программного обеспечения.

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Цена работ является твердой, индексации не подлежит и определяется Договором между Исполнителем и Заказчиком.

# СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

## Испытания должны проводится по утверждённой Исполнителем и согласованной с Заказчиком программой и методики испытаний.

## Права на созданные в ходы выполнения СЧ НИР результаты интеллектуальной деятельности (РИД), в том числе охраноспособные, принадлежат Заказчику.

## Каждая из сторон принимает на себя обязательства по принятию мер и усилий, направленных на сохранение конфиденциальной информации в режиме ограниченного доступа, предотвращения её незаконного разглашения, тиражирования (в том копирования), передачи и использования.

## Для выполнения СЧ НИР, стороны обязуются заключить соглашение о конфиденциальности, по форме Заказчика.

## Каждая из сторон сохраняет за собой права на РИД, которые использовались в ходе выполнения работ и принадлежавшие ей до его заключения, либо приобретенные стороной за счет собственных средств специально для выполнения работ. При передаче исполнителю РИД, необходимых для выполнения работ, сторонами составляется акт, в котором указываются все передаваемые РИД.

## Исполнитель несет ответственность за нарушение прав третьих лиц на объекты интеллектуальной собственности. В случае невозможности использования результатов работ по причине нарушения прав третьих лиц, Исполнитель возмещает Заказчику все нанесенные убытки и за счет собственных средств приобретает у третьих лиц права на использование принадлежащих им объектов интеллектуальной собственности, либо меняет результаты работ таким образом, чтобы отсутствовали нарушения прав третьих лиц на объекты интеллектуальной собственности.

# ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ

## Данное техническое задание может уточняться и дополняться в процессе выполнения работ по согласованию сторон.

|  |  |
| --- | --- |
| От федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» | От АО «ВПК «НПО машиностроения» |
| Директор дирекции космических систем  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.Н. Комм | Первый заместитель начальника ЦКБМ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.Г. Куранов |
| Директор института №12  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_П.А. Иосифов | Начальник отдела 01-02  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г.В. Савосин |
|  | Начальник отдела 08-30  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.И. Журавлев  Начальник отдела 01-17  \_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Д. Бородавина  Начальник отдела 32-09  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.В. Тарасевич  Начальник отдела 32-14  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_О.В. Зубко  Начальник сектора 08-30-02  \_\_\_\_\_\_\_\_\_Ю.Ю. Лохматов |

Приложение А  
(обязательное).  
Перечень принятых сокращений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| АК | – | аккумулятор |
| АО | – | акционерное общество |
| АРК | – | аппаратура регулирования и контроля |
| БА | – | бортовая аппаратура |
| БС | – | батарея солнечная |
| БСК | – | батарея суперконденсаторов |
| БХА | – | батарея химический аккумуляторов |
| ВПК | – | военный промышленный комплекс |
| ЗИ | – | Завод-изготовитель |
| ИЗ | – | инженерная записка |
| ИИ | – | ионизирующее излучение |
| ИП | – | иностранное производство |
| КА | – | космический аппарат |
| КД | – | конструкторская документация |
| КП | – | космическое пространство |
| ЛИ | – | летные испытания |
| НИР | – | научно-исследовательская работа |
| НПО | – | научно-производственное объединение |
| НТД | – | научно-техническая документация |
| ОП | – | отечественное производство |
| ПН | – | полезная нагрузка |
| РД | – | рабочая документация |
| РК | – | разовая команда |
| РКД | ­– | рабочая конструкторская документация |
| САС | – | срок активного существования |
| СГЭ | – | система генерирования электроэнергии |
| СК | – | стартовый комплекс |
| СЧ | – | составная часть |
| СЭ | – | статическое электричество |
| ТЗ | – | техническое задание |
| ТК | – | технический комплекс |
| ТМ | – | телеметрические данные |
| ФЭП | – | фотоэлектропреобразователь |
| ЭКБ | – | электронная компонентная база |
| ЭКД | ­ | эскизная конструкторская документация |

Приложение Б  
(обязательное).  
Нормы внешних воздействующих факторов

В.1 Основные положения

В.1.1 В приложении приведены нормы внешних факторов, воздействующих на аппаратуру КА, приборы, устройства и оборудование (далее по тексту аппаратура) и служат для разработки технической документации (ТЗ, ТУ и др.) и программ испытаний при их наземной отработке и изготовлении.

В.1.2 Нормы внешних воздействующих факторов определены, исходя из требований ТЗ, нормативных документов и опыта АО «ВПК «НПО машиностроения» в создании космических систем и аппаратов.

В.1.3 Классификация аппаратуры КА

В зависимости от назначения и условий эксплуатации аппаратура КА классифицируется:

* группа 5.3 - аппаратура, предназначенная для установки в негерметизированных приборных отсеках, а также на внешней поверхности КА с применением ЭВТИ;
* группа 5.4 - аппаратура, предназначенная для установки на внешней поверхности космических аппаратов без применения ЭВТИ.

В.1.4 На аппаратуру КА действуют следующие виды ВВФ:

* механические ВВФ;
* электромагнитные поля и токи естественного и искусственного происхождения;
* ионизирующие излучения космического пространства;
* электромагнитное взаимовлияние систем;
* питающие напряжения и радиопомехи;
* климатические.

В.2 Нормы механических внешних воздействующих факторов

В.2.1 Приведенные нормы механических ВВФ предназначены для задания испытательных режимов и методов испытаний КА, бортовой аппаратуры, систем, устройств и агрегатов КА.

В.2.2 Нормы представлены в виде параметров механических воздействующих факторов - линейных ускорений, вибраций, механических ударов, виброударов и акустического шума, отражающих условия нагружения при эксплуатации в составе КА.

В.2.3 Требования норм механических воздействующих факторов являются обязательными при составлении технических заданий, технических условий, программ испытаний и при выпуске рабочей документации на аппаратуру КА.

В.2.4 Требования при автономной эксплуатации бортовой аппаратуры, систем, устройств и агрегатов КА (транспортировании в таре, хранении, кантовании) определяются разработчиком на основании действующей нормативной документации.

В.2.5 Направление действия положительных ускорений в представленных нормах, кроме специально оговоренных случаев, совпадает с направлением осей РКН (схема представлена на рисунке В.1).

Направление

движения РКН

0

X

Z

Y

Рисунок В.1 – Направление осей РКН

В.2.6 Ось 0Х РКН совпадает с направлением движения РКН, ось 0Y перпендикулярна оси 0Х и направлена вверх, ось 0Z перпендикулярна плоскости Х0Y и дополняет систему координат до правой. Продольная ось КА при его эксплуатации в составе РКН может составлять угол от 0 до 15° с продольной осью РКН.

В.2.7 Нормы внешних воздействующих факторов при транспортировании всеми видами транспорта приведены в осях транспортного средства (ТС) (схема представлена на рисунке В.2).

Направление

движения ТС

0

X

Z

Y

Рисунок В.2 – Направление осей транспортного средства

В.2.8 Ось 0Х ТС совпадает с направлением движения ТС, ось 0Y перпендикулярна оси 0Х и направлена вверх, ось 0Z перпендикулярна плоскости Х0Y и дополняет систему координат до правой.

В.2.9 Нормы распространяются на места крепления аппаратуры, систем, устройств и агрегатов к конструкции КА.

В.2.10 Собственные частоты колебаний блоков аппаратуры, систем, устройств и агрегатов КА на элементах крепления относительно жесткого основания должны быть не менее 40 Гц.

В.2.11 Вибрационные, ударные и акустические воздействия приведены с коэффициентами запаса:

* по амплитуде виброускорений – 1,0;
* по спектральной плотности – 1,0;
* по времени воздействия – 2,0;
* по пиковому ударному ускорению, значению спектра удара и количеству ударов – 1;
* – по уровню звукового давления +3дБ.

В.2.12 Настоящие нормы могут корректироваться в процессе разработки СЧ НИР.

В.2.13 Нормы механических воздействий при транспортировании КА и такелажных работах.

В.2.13.1 Линейные ускорения при транспортировании

Максимальные значения линейных ускорений, действующих при транспортировании КА железнодорожным, автомобильным и воздушным транспортом, приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Максимальные значения линейных ускорений, действующих при транспортировании КА железнодорожным, автомобильным и воздушным транспортом

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вид транспортирования** | | **Линейное ускорение  (эксплуатационная перегрузка)** | | |
| **Аx (n), м/с2 (ед.)** | **Аy (n), м/с2 (ед.)** | **Аz (n), м/с2 (ед.)** |
| По железной дороге в вагонах общего назначения | | ±30 (±3,0)  ±10 (±1,0) | 10±10,0 (1±1,00)  10±12,5 (1±1,25) | ±8,0 (±0,8)  ±10,0 (±1,0) |
| Автотранспортом | | ±20,0 (±2,0) | 10±20,0 (1±2,00) | ±12,5 (±1,25) |
| Авиационный | Штатный | ±15,0 (±1,5) | 47,0 (4,70) | 0 |
| Аварийный  (расчетная  перегрузка) | = - 9,0 | от минус 2,0  до плюс 4,0 | = ±1,5 |
| На ТК | | ±15,0 (±1,5) | 10±5,0 (1±0,50) | ±3,0 (±0,3) |
| Транспортирование в составе РКН | | ±5,0 (±0,5) | 10±5,5 (1±0,55) | ±3,0 (±0,3) |
| Примечания  1 Линейные ускорения заданы в правой системе координат, связанной с ТС, и действуют совместно в направлении каждой из осей;  2 Для других видов транспортирования линейные ускорения не должны превосходить значений, приведенных в таблице В.1;  3 Расчетная перегрузка при аварийном авиационном транспортировании определена с коэффициентом безопасности, равным 1, и задана для обеспечения прочности узлов крепления.  4 Продолжительность воздействия линейных ускорений при отработке: по 3 минуты в каждом направлении («+» и «-»). | | | | |

В.2.13.2 Линейные ускорения при такелажных работах представлены в таблице В.2

Таблица В.2 – Линейные ускорения при такелажных работах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Случай нагружения** | **Линейное ускорение  (эксплуатационная перегрузка)** | **Направление действия ускорения (перегрузки)** | |
| **м/с2(ед.)** | **КА** | **Узел** |
| Подъем краном | 14,7 (1,5) | По линии подъема | В конусе с углом полураствора при вершине 10° |
| Кантование | 14,7 (1,5) |
| Укладка | 11,8 (1,2) | По линии подъема | |

В.2.14 Вибрационные и ударные нагрузки при транспортировании

В.2.14.1 Механические нагрузки, действующие при транспортировании в составе КА всеми видами транспорта, имитируются воздействием многократных ударов в направлении осей 0X, 0Y, 0Z согласно таблице В.3 или воздействием СВ согласно таблице В.4.

Выбор режима испытаний осуществляется разработчиком программы и методики испытаний, в зависимости от наличия испытательных стендов.

Параметры многократных ударов, воздействующих при транспортировании в составе КА всеми видами транспорта, приведены в таблице В.3.

Таблица В.3 – Параметры многократных ударов, воздействующих при транспортировании в составе КА всеми видами транспорта

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Пиковое ударное ускорение,  м∙с-2 (g)** | **Длительность импульса,  мс** | **Частота повторения ударов,  мин-1** | **Число ударов (по каждой оси  0X, 0Y, 0Z)** |
| 29,4 (3) | 5 ‑ 20 | 40 ‑ 80 | 65000 |
| Примечание ‑ Форма ударного импульса треугольная или полусинусоидальная. | | | |

Параметры СВ при транспортировании в составе КА всеми видами транспорта приведены в таблице В.4.

Таблица В.4 – Параметры СВ при транспортировании в составе КА всеми видами транспорта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление воздействия  в осях ТС** | **Амплитуда ускорения, м/с2** | **Частота, Гц** | | | | | | | | | |
| **5** | **10** | **15** | **20** | **25** | **30** | **35** | 40 | 45 | 50 |
| **Продолжительность воздействия, мин** | | | | | | | | | |
| 0Y | 9,81  7,85  5,9  3,9  1,96 | -  2,0  54,0  184  600 | 4,5  18,5  104  270  443 | -  1  29  170  640 | -  -  -  12,5  827 | -  -  -  17,5  822 | -  -  -  18  822 | -  -  0,5  25  815 | -  -  3  55  781 | -  -  0,5  31  808 | -  -  -  15,5  894 |
| 0Х | 6,86  5,9  3,9  2,9  1,96 | -  0,5  10,5  37  120 | 1  4  21  54  89 | -  0,5  6  34,0  128 | -  -  -  2,5  165 | -  -  -  3,5  165 | -  -  -  3,5  164 | -  -  -  5  163 | -  -  -  11  156 | -  -  -  6  162 | -  -  -  3  165 |
| 0Z | 5,9  4,9  3,9  2,9  1,96 | -  0,5  16  55  180 | 1,5  5,5  31  81  133 | -  0,5  8,5  51  192 | -  -  -  4  248 | -  -  -  5  246 | -  -  -  5,5  247 | -  -  0,5  7,5  244 | -  -  1,0  16,5  234 | -  -  0,5  9,5  242 | -  -  -  4,5  247 |

В.2.14.2 Механические нагрузки, действующие при транспортировании в составе КА в составе РКН в пределах космодрома, имитируются воздействием СВ в направлении осей 0X, 0Y, 0Z согласно таблице В.5.

Таблица В.5 – Параметры низкочастотной синусоидальной вибрации при транспортировании в составе РКН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диапазон частот,  Гц | Амплитуда СВ,  м/с2 (g) | Продолжительность воздействия СВ по каждой оси, с | Направление воздействия |
| 5-10 | 10,0 (1,0) | 35 | 0Х, 0Y, 0Z |
| 10-20 | 14,0 (1,4) | 35 |
| 20-40 | 14,0 (1,4) | 35 |

В.2.15 Механические нагрузки при выведении РКН, на участке работы разгонного блока и орбитальном участке

В.2.15.1 Линейные ускорения

В.2.15.2 Максимальные квазистатические линейные ускорения на участке выведения КА РКН приведены в таблице В.6.

Таблица В.6 – Линейные ускорения при выведении

|  |  |
| --- | --- |
| **Линейное ускорение (эксплуатационная перегрузка), м/с2** | |
| **Продольное** | **Поперечное** |
| ±50 | ±50 |
| Примечания  1 Продольное и поперечное (в произвольном поперечном направлении) линейные ускорения действуют совместно.  2 Положительные значения продольных ускорений соответствуют разгону РКН и сжатию конструкции КА.  3 Продолжительность воздействия линейных ускорений не менее 60 с по каждой оси в каждом направлении. | |

В.2.15.3 Вибрационные и ударные нагрузки

2.15.3.1 Параметры вибрационного воздействия при выведении РКН приведены в таблицах В.7, В.8.

Таблица В.7 – Широкополосные случайные вибрации (ШСВ) по осям 0Х, 0Y, 0Z при выведении РКН

| **Диапазон частот,**  **Гц** | **Спектральная плотность ШСВ, м2·с-4·Гц-1** | |
| --- | --- | --- |
| **Старт и участок Qmax** | **Выведение (кроме участков старта и Qmax)** |
| 20 ‑ 80 | 2,0 ‑ 6,7 | 0,5 ‑ 2,5 |
| 80 ‑ 320 | 6,7 | 2,5 |
| 320 ‑ 1000 | 6,7 ‑ 4,5 | 2,5 |
| 1000 ‑ 2000 | 4,5 ‑ 2,0 | 2,5 ‑ 0,5 |
| Продолжительность воздействия ШСВ по каждой оси, с | 120 | 480 |
| Примечание ‑ Спектральная плотность ШСВ внутри диапазонов частот изменяется по линейному закону в логарифмической системе координат. | | |

Таблица В.8 – Параметры низкочастотной синусоидальной вибрации по осям 0Х, 0Y, 0Z при выведении РКН

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Диапазон частот,  Гц** | **Амплитуда СВ,  м/с2 (g)** | **Продолжительность воздействия СВ по каждой оси, с** |
| 5 ‑ 10 | 10,0 (1,0) | 120 |
| 10 ‑ 30 | 14,0 (1,4) | 120 |
| 30 ‑ 40 | 8,0 (0,8) | 120 |

В.2.15.3.2 Параметры вибрационного воздействия на участке работы разгонного блока приведены в таблице В.9.

Таблица В.9 – Параметры широкополосных случайных вибраций по осям 0Х, 0Y, 0Z на участке работы разгонного блока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Диапазон частот,**  **Гц** | **Спектральная плотность, м2·с-4·Гц-1** | **Продолжительность воздействия ШСВ по каждой оси, с** |
| 20 ‑ 50 | 0,5 | 1500 |
| 50 ‑ 100 | 0,5 |
| 100 ‑ 200 | 0,5 |
| 200 ‑ 500 | 0,5 |
| 500 ‑ 1000 | 0,5 |
| 1000 ‑ 2000 | 0,5 ‑ 0,25 |

В.2.15.3.3 Параметры вибрационного воздействия на участке орбитального полета приведены в таблице В.10.

Таблица В.10 – Параметры широкополосных случайных вибраций по осям 0Х, 0Y, 0Z при ориентации и коррекции на орбите

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Диапазон частот,**  **Гц** | **Спектральная плотность, м2·с-4·Гц-1** | **Продолжительностьвоздействия ШСВ по каждой оси, с** |
| 20 ‑ 50 | 0,4 | 5200 |
| 50 ‑ 100 | 0,4 |
| 100 ‑ 200 | 0,4 |
| 200 ‑ 500 | 0,4 ‑ 1,0 |
| 500 ‑ 1000 | 1,0 |
| 1000 ‑ 2000 | 1,0 ‑ 0,5 |

В.2.15.3.4 Требования по стойкости к воздействию угловых колебаний основания для аппаратуры с чувствительными элементами приведены в таблице В.11.

Таблица В.11 – Параметры угловых колебаний основания для аппаратуры с чувствительными элементами

|  |  |
| --- | --- |
| **Диапазон частот, Гц** | **Спектральная плотность угловых скоростей колебаний, (º/с)2·Гц-1** |
| 10 - 20 | 0,016 |
| 20 - 40 | 0,002 |
| 40 - 80 | 0,007 |
| 80 - 160 | 0,001 |
| Продолжительность воздействия, с | 900 |

В.2.15.3.5 Параметры виброударного воздействия при эксплуатации изделия приведены в таблице В.12.

Таблица В.12 – Параметры виброударного воздействия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Направление воздействия** | **Частота, Гц** | **Амплитуда ударного спектра, м/с2** | **Количество воздействий по каждой оси** |
| 0X, 0Y, 0Z | 30 | 29 | 3 |
| 50 | 49 |
| 100 | 140 |
| 200 | 392 |
| 500 | 1720 |
| 1000 | 4900 |
| 2000 | 4900 |
| 5000 | 4900 |
| Примечания:   1. 1 Изменение значений в пределах диапазонов линейное – при логарифмическом масштабе частоты и значений спектра удара. 2. 2 Параметры механических ударов, эквивалентных виброударным воздействиям приведены в таблице 12а. 3. 3 Ударные воздействия допускается подтверждать натурным срабатыванием пиросредств на этапе НЭО. | | | |

Таблица В.12а – Параметры эквивалентных механических ударов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Направление воздействия** | **Пиковое ударное ускорение, м/с2** | **Длительность импульса, мс** | **Количество воздействий** |
| 0X, 0Y, 0Z | 1500 | 1 - 3 | 3 по каждой оси |
| Примечание - Форма ударного импульса треугольная или полусинусоидальная. | | | |

В.2.15.3.6 Эксплуатационные значения ударного спектра (при добротности Q = 10) от срабатывания системы отделения КА по каждой из осей 0X, 0Y, 0Z в стыке адаптера КА с интерфейсом РКН приведены в таблице 13.

Таблица В.13 – Эксплуатационные уровни ударного спектра от срабатывания системы отделения КА в стыке адаптера КА с интерфейсом РКН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Направление воздействия** | **Частота, Гц** | | | |
| **30** | **500** | **1000** | **2000** |
| **Амплитуда ударного спектра, м/с2** | | | |
| 0X, 0Y, 0Z | 30 | 700 | 1200 | 2000 |
| Примечания  1 Значения изменяются в пределах диапазонов частот линейно при логарифмическом масштабе частоты и значений спектра удара.  2 Количество воздействий по каждой оси в каждом направлении - 1. | | | | |

Ударное нагружение с приведенным спектром допускается заменять ударным нагружением с параметрами в соответствии с таблицей В.14, по одному удару в каждом направлении каждой из осей 0X, 0Y, 0Z

Таблица В.14 – Параметры эквивалентного ударного воздействия

|  |  |
| --- | --- |
| **Пиковое ударное ускорение, м/с2** | **Длительность импульса, мс** |
| ±1000 | 0,5–1 |

В.2.16 Акустический шум

В.2.16.1 Параметры акустического шума при выведении РКН приведены в таблице В.15.

Для неамортизированных блоков, при отсутствии в их составе элементов, критичных к акустическому шуму, допускается замена испытаний на воздействие акустического шума испытаниями на эквивалентные вибрационные нагрузки.

Таблица В.15 – Параметры акустического шума на участке выведения

| **Центральная частота диапазона, Гц** | **Уровень звукового давления, дБ  (относительно 2·10-5 Па)** |
| --- | --- |
| 31,5 | 128 |
| 63 | 135 |
| 125 | 137 |
| 250 | 139 |
| 500 | 137 |
| 1000 | 128 |
| 2000 | 124 |
| Суммарный уровень звукового давления, дБ | 144 |
| Продолжительность воздействия, с | 120 |

В.3 Нормы электромагнитных полей и токов естественного и искусственного происхождения

В.3.1 Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов

Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов для аппаратуры электрического инициирования пиросредств приведены в таблице В.16.

Таблица В.16 – Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов для аппаратуры электрического инициирования пиросредств

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид поля** | **Наименование параметра** | **Значение параметра** |
| Электрическое | Максимальная напряженность вертикальной составляющей, В/м | 5⋅105 |
| Длительность фронта импульса, с | 4⋅10-7 |
| Длительность импульса, с | 1·10-5 |
| Магнитное | Максимальная напряженность вертикальной составляющей, А/м | 3000 |
| Длительность фронта импульса, с | 2,5⋅10-7 |
| Длительность импульса, с | 1·10-4 |

Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов для бортовой аппаратуры приведены в таблице В.17.

Таблица В.17 – Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов для бортовой аппаратуры

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид поля** | **Наименование параметра** | **Значение параметра** |
| Электрическое | Максимальная напряженность вертикальной составляющей, В/м | 2,5⋅105 |
| Длительность фронта импульса, с | 4⋅10-7 |
| Длительность импульса, с | 1·10-5 |
| Магнитное | Максимальная напряженность вертикальной составляющей, А/м | 1500 |
| Длительность фронта импульса, с | 2,5⋅10-7 |
| Длительность импульса, с | 1·10-4 |

Примечание – Нормы электромагнитных полей молниевых разрядов заданы без учёта экранирующих свойств корпуса обтекателя (контейнера), и будут уточняться на этапе рабочего проектирования с учетом конкретных условий эксплуатации.

В.3.2 Нормы электромагнитных полей и токов ЭСР

В.3.2.1 Разряд при транспортировке транспортным средством на транспортируемые объекты:

* максимальное напряжение разряда 2•105 В;
* разрядная емкость 1•10-9 Ф;
* разрядное сопротивление 0,5 Ом.

Примечание – Нормы по ЭСР при транспортировке транспортным средством заданы для аппаратуры электрического инициирования пиросредств.

В.3.2.2 Разряд с тела человека на корпуса приборов и соединителей:

* максимальное напряжение разряда 2,5•104 В;
* разрядная емкость 2,5•10-10 Ф;
* разрядное сопротивление 500,0 Ом.

В.3.2.3 Нормы ЭСР, связанных с электризацией КА и приборов в космическом пространстве, на внешние элементы корпуса приборов, не защищенных корпусом КА:

* максимальное напряжение разряда 20 кВ;
* разрядная емкость 1•10-9 Ф;
* разрядное сопротивление 150 Ом;
* длительность фронта импульса тока до 1•10-7 с;
* длительность импульса тока от 2•10-8 до 2•10-6 с.

В.3.3 Импульсы напряжения в шинах «+», «-» БС, связанные с электризацией защитных стекол БС:

- при измерении между шинами «+», «-»

и корпусом КА 20 кВ;

- при измерении между шинами «+» и «-» 10 кВ;

- длительность фронта импульса тока до 1·10-7 с;

- длительность импульса тока от 2•10-8 до 1•10-6 с.

Примечание – Аппаратура СГЭ должна обеспечивать защиту от указанных импульсов.

В.3.4 Квазистатическая разность потенциалов между аппаратурой и корпусом КА до 100 В, продолжительность воздействия до нескольких минут при токах до минус 1мА по «+» или «-» шинам БС.

Нормы по квазистатической разности потенциалов между аппаратурой и корпусом КА могут уточняться на этапе рабочего проектирования.

В.3.5 Нормы электромагнитных полей ВЛЭП и КСЖД:

- максимальная напряженность электрического поля 3•104 В/м,

- продолжительность воздействия электрического поля 0,1 с;

- максимальная напряженность магнитного поля 3•103 А/м;

- продолжительность воздействия магнитного поля 0,1 с.

Примечание – Нормы электромагнитных полей ВЛЭП и КСЖД заданы для аппаратуры электрического инициирования пиросредств.

В.3.6 Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций

Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций для бортовой аппаратуры приведены в таблице В.18.

Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций для аппаратуры электрического инициирования пиросредств приведены в таблице В.19.

Таблица В.18 – Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций для бортовой аппаратуры

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Диапазон частот, МГц** | **Значение параметра** |
| Напряженность электрического поля, В/м | от 1,5 до 30  от 30 до 300 | 50  25 |
| Плотность потока излучения, Вт/м | от 300 до 3000  от 3000 до 30000  от 30000 до 300000 | 10  2,5  5 |

Таблица В.19 – Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций для аппаратуры электрического инициирования пиросредств

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Диапазон частот, МГц** | **Значение параметра** |
| Напряженность электрического поля, В/м | от 1,5 до 30  от 30 до 300 | 150  100 |
| Плотность потока излучения, Вт/м | от 300 до 3000  от 3000 до 30000  от 30000 до 300000 | 1000  3000  300 |

Нормы электромагнитных полей радиопередающих и радиолокационных станций заданы без учёта экранирующих свойств корпуса обтекателя (контейнера), и будут уточняться на этапе рабочего проектирования с учётом конкретных условий эксплуатации.

В.4 Нормы ионизирующего излучения космического пространства

В.4.1 Материалы, конструкция, оборудование и аппаратура КА должны нормально функционировать на рабочей орбите в условиях естественной космической радиации от потоков протонов (Dp) и электронов (Dе) ЕРПЗ, протонов СКИ (D1р). За 1 год срока активного существования:

- на поверхности КА (за экраном толщиной 0,01 г/см2 по Al):

Dе(0,01) = 105 рад, Dp(0,01) = 5•103 рад, D1р (0,01) = 2,1•103 рад,

суммарная доза D = 1,07•105 рад;

- за экраном толщиной 0,1 г/см2 по Al:

Dе(0,1) = 5•103 рад, Dp(0,1) = 5•102 рад, D1р (0,1) = 2,1•102 рад,

суммарная доза D = 5,71•103рад;

- за экраном толщиной 0,6 г/см2 по Al:

Dе(0,6) = 3•102 рад, Dp(0,6) = 2•102 рад, D1р (0,1) = 1,8•102 рад,

суммарная доза D = 6,8•102 рад;

- за экраном толщиной 1 г/см2 по Al:

Dе(1) = 102 рад, Dp(1) = 1,5•102 рад, D1р (1) = 77 рад,

суммарная доза D = 327рад;

- за экраном толщиной 3 г/см2 по Al:

Dе(3) = 0 рад, Dp(3) = 70 рад, D1р (1) = 7,3 рад,

суммарная доза D = 77,3 рад;

- за экраном толщиной 5 г/см2 по Al:

Dе(5) = 0 рад, Dp(5) = 50 рад, D1р (5) = 5,1 рад,

суммарная доза D = 55,1 рад.

Характеристики, для срока активного существования – 5 лет определяются в соответствии с ОСТ 134-1044-2007 или рассчитываются с использованием программы COSRAD.

В.4.2 БА (составные части аппаратуры - системы, приборы, блоки) КА должна быть сбое- и отказоустойчивой в условиях воздействия высокоэнергетичных протонов (ВЭП) ЕРПЗ, СКЛ и ГКЛ, ТЗЧ СКЛ и ГКЛ в течение установленного срока активного существования КА в космическом пространстве со спектрами, определяемыми по ОСТ 134-1044-2007 или рассчитанными с использованием программы COSRAD.

Стойкость к ВЭП и ТЗЧ подтверждать для круговой орбиты с параметрами: высота от 500 до 700 км, наклонение от 62 до 99°. Срок активного существования КА – 5 лет. Считать массовую толщину защиты собственного корпуса КА равной 0,6 г/см2 (по алюминию).

Подтверждение выполнения данных требований проводить по   
РД 134-0139-2005.

Нормы ионизирующего излучения космического пространства будут уточняться на этапе проведения СЧ НИР с учётом конкретных условий эксплуатации (орбиты).

В.5 Электромагнитная совместимость систем (технических средств), входящих в состав КА

В.5.1 Нормы на допустимые уровни электромагнитных помех, создаваемых техническими средствами (электротехническими, электронными или радиоэлектронными изделиями), входящими в состав КА.

В.5.1.1 Требования норм эмиссии помех

В.5.1.1.1 Технические средства не должны создавать на входных соединителях питания пульсаций с амплитудой более 30 мВ в диапазоне частот от 0,3 до 150 кГц

В.5.1.1.2 Квазипиковые значения напряжения радиопомех, создаваемые техническими средствами на соединителях питания, управления, коммутации, подключаемых к бортовой кабельной сети, не должны превышать следующих значений:

* в диапазоне частот от 9 кГц до 150 кГц – от 110 до 80 дБ (мкВ);
* в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц – от 110 до 60 дБ (мкВ);
* в диапазоне частот от 30 МГц до 100 МГц – 80 дБ (мкВ).

В.5.1.2 Требования норм устойчивости

Технические средства должны устойчиво функционировать (выходные параметры не должны выходить за пределы, установленные в ТУ на них) в условиях воздействия на них, следующих факторов:

* напряжения радиопомех на соединителях питания, управления, коммутации бортовой кабельной сети, уровень которого на 20 дБ больше указанных в п. В.5.1.1.2 значений;
* напряженности поля радиопомех, уровень которых на 20 дБ больше указанных в п. В.5.1.1.3;

В.6 Нормы питающих напряжений

В.6.1 Напряжения постоянного тока на выходе СГЭ:

* от 81,5 В до 95,5 В для ПН (шина «100 В»);
* от 23 В до 32,8 В для остальной аппаратуры (шина «27 В»).

Д.6.3 Аппаратура должна сохранять работоспособность при внезапном (аварийном) отключении и повторном штатном включении питания.

Примечание – Приведенные характеристики норм питающих напряжений могут уточняться на этапе выполнения СЧ НИР.

В.7 Нормы климатических ВВФ

В.7.1 Нормы климатических факторов, воздействующих на бортовую аппаратуру при хранении в складских помещениях, испытаниях в составе КА на ЗИ и ТК, приведены в таблице В.20.

Таблица В.20 – Нормы климатических факторов при хранении в складских помещениях, испытаниях в составе КА на ЗИ и ТК

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Воздействующий фактор** | **Значение воздействующего фактора для групп аппаратуры 5.3 и 5.4** | **Примечание** |
| Повышенная предельная температура среды, К (о С) | 308 (35) | Уточняется для отдельных блоков с учетом их размещения на КА |
| Повышенная рабочая температура среды, К (о С) | 303 (30) | То же |
| Пониженная рабочая температура среды, К (о С) | 278 (5) | « |
| Пониженная предельная температура среды, К (о С) | 278 (5) | « |
| Относительная влажность при температуре  293 К (20 о С), % | 80 | Допускается суммарно 98 %  не более 3 суток при температуре 298 К (25 о С) |
| Рабочее давление,  Па (мм рт.ст.) | 0,86∙105 – 1,06∙105  (645 – 795) |  |

В.7.2 Нормы климатических факторов, воздействующих на бортовую аппаратуру на СК, приведены в таблице В.21.

Таблица В.21 – Нормы климатических факторов, воздействующих на бортовую аппаратуру на СК

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Воздействующий фактор** | **Значение воздействующего фактора для групп аппаратуры 5.3 и 5.4** | **Примечание** |
| Повышенная предельная температура среды, К (о С) | 298 (25) | Уточняется для отдельных блоков с учетом их размещения на КА |
| Пониженная предельная температура среды, К (о С) | 283 (10) | « |
| Рабочее давление,  Па (мм рт.ст.) | 0,86∙105 – 1,06∙105  (645 – 795) |  |
| Относительная влажность при температуре 293 К (20 о С), % | 80 | Допускается суммарно до 98 % не более 3 суток при температуре 298 К (25 о С) |

В.7.3 Нормы климатических факторов, воздействующих на бортовую аппаратуру в условиях транспортирования, приведены в таблице В.22.

Таблица В.22 – Нормы климатических факторов, воздействующих на бортовую аппаратуру в условиях транспортирования

| **Воздействующий фактор** | **Значение воздействующего фактора для аппаратуры групп 5.3 и 5.4** | **Примечание** |
| --- | --- | --- |
| Повышенная предельная температура среды, К (оС) | 323 (50)  333 (60)\* | \* Продолжительность воздействия 15 сут. в течение 1 года |
| Пониженная предельная температура среды, К (оС) | 223 (минус 50) |  |
| Диапазон изменения температуры среды, К (оС) | От 223 до 323  (от минус 50 до + 50) |  |
| Относительная влажность при температуре 293 К  (20оС), % | 80 |  |
| Повышенная относительная влажность при  температуре 298 К (25оС), % | 98 | Суммарно в течение не более 3 сут. |
| Рабочее давление,  Па (мм рт.ст.) | 0,86·105 – 1,06·105  (645 – 795) |  |
| Пониженное предельное давление среды,  Па (мм рт.ст.) | 1,2·104 (90) | Авиатранспортирование в негерметичном отсеке |

В.7.4 Нормы температурных факторов и параметров давления, воздействующих на бортовую аппаратуру КА в орбитальном полете, приведены в таблице В.23.

Таблица В.23 – Нормы параметров температуры и давления в орбитальном полете

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Воздействующий фактор** | **Значение воздействующего фактора для групп аппаратуры** | | | **Примечание** |
| 5.3 | | 5.4 |
| КА | ПН (АФАР) |
| Повышенная рабочая температура, К (о С) | Согласно  п. В.7.5 | 323(50)\* | 398 (125) | Уточняется для отдельных блоков с учетом их размещения на изделии |
| Повышенная предельная температура, К (о С) | То же | 323(50)\* | 398 (125) | То же |
| Пониженная рабочая температура, К (о С) | « | 253  (минус 20)\* | 123  (минус 150) | « |
| Пониженная предельная температура, К (о С) | « | 253  (минус 20)\* | 123  (минус 150) | « |
| Пониженное рабочее давление, Па (мм рт.ст.) | 1,33∙10-4 (1∙10-6) | | |  |
| Изменение давления среды:  1) скорость изменения давления, Па·с-1 (мм рт.ст.·с-1) | 2,7∙103 (20) | | |  |
| 2) диапазон изменения давления, Па (мм рт.ст.) | 0,86∙105 – 1,33∙10-4  (645 – 1∙10 –6) | | |  |
| Примечание – Параметры, отмеченные (\*), уточняются при проектировании | | | | |

В.7.5 Нормы температурных факторов, воздействующих на аппаратуру КА в орбитальном полете

В.7.5.1 Температурный режим аппаратуры группы 5.3 обеспечивается путем ее установки на термостабилизированные силовые сотовые панели корпуса КА и закрытием экранно-вакуумной теплоизоляцией.

В.7.5.2 Температура посадочных мест аппаратуры на силовых сотовых панелях корпуса КА на участке выведения и орбитального полета поддерживается СОТР в диапазоне:

от 0 до 30 °С для посадочных мест аппаратуры СГЭ (кроме БХА);

от 5 до 30 °С для посадочных мест БХА;

от 5 до 40 °С для блока хранения и подачи топлива;

от минус 10 до 40 °С для остальной аппаратуры бортовых систем.

В.7.5.3 Стендовые тепловые испытания бортовой аппаратуры группы 5.3 в условиях, имитирующих орбитальный полет, проводить в вакуумной камере при давлении не более 1,33·10-3 Па (1∙10-5 мм рт. ст.).

Приборы должны быть установлены на термостабилизированных панелях с температурой посадочных поверхностей, соответствующей верхнему и нижнему значениям диапазона, указанного в п. В.7.5.2.

Наружная поверхность приборов должны быть закрыта экранно-вакуумной теплоизоляцией с количеством экранов не менее 20 шт.

При наличии в приборах, расположенных на внешних поверхностях корпуса КА, мест, не закрытых теплоизоляцией, нормы температурных воздействий на открытые поверхности прибора аналогичны указанным для аппаратуры группы 5.4.

Приложение В  
(обязательное).  
Требования к 3D-моделям приборов

1. Модель должна содержать габариты и внешнюю геометрию прибора (полное совпадение очертаний, включая электрические разъемы).
2. Модель не должна содержать внутренних компонентов прибора.
3. Модель должна иметь посадочные и присоединительные места.
4. В местах расположения электрических разъемов должна быть нанесена их маркировка (для Creo Parametric допускается маркировка в виде аннотаций).
5. Формат модели: Creo Parametric (\*.prt, \*.asm), STEP протокола 214 (\*.stp). Настройки импорта STEP 214 для SolidWorks, Компас-3D и др. выбирать по умолчанию, модель должна быть твердотельной.
6. В случае выполнения модели в Creo Parametric дополнительными требованиями являются:
7. Модель должна содержать параметры:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Тип | Значение | Доступ |
| ОБОЗНАЧЕНИЕ | Строка | Обозначение документа | Полный |
| НАИМЕНОВАНИЕ | Строка | Наименование документа | Полный |

1. Масса модели должна соответствовать массе прибора.

(для этого необходимо зайти в «Параметры модели» на вкладке «Инструменты», сменить вкладку «Главный» на «Альтернативные физические свойства», изменить значение параметра PRO\_MP\_ALT\_MASS на массу прибора).

Центр масс прибора должен быть обозначен системой координат с именем «Ц.М.».

Приложение Г

Перечень ссылочных документов

| Наименование | Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта, перечисления, приложения разрабатываемого документа, в котором дана ссылка |
| --- | --- |
| ГОСТ 8.417-2002 | 5.12.1 |
| МИ 1317-2004 | 5.12.1 |
| ГОСТ Р 8.568 2017 | 5.12.2 |
| ГОСТ РО 1410-001-2009 | 5.5.1.1 |
| ГОСТ РО 1410-002-2010 | 5.5.1.1 |
| ГОСТ 2.124-2014 | 5.13.4 |
| ГОСТ 7.32-2017 | 7.1 |
| ГОСТ 2.105-2019 | 7.1 |
| ГОСТ 15.101-98 | 9.1 |