

СОГЛАСОВАНО

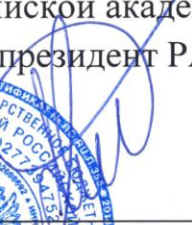
Первый заместитель генерального
конструктора по научной работе
ОАО «РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва»,
академик РАН


В.П. Легостаев
2014 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки
Института космических исследований
Российской академии наук,
вице-президент РАН


Л.М. Зеленый
2014 г.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

**«Определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы
при исследовании генезиса атмосферных катастроф»**

Шифр: «Конвергенция»

№ _____

СОГЛАСОВАНО

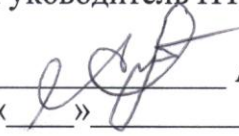
Председатель секции № 3 КНТС ФКА
«Исследование Земли из космоса»,
академик РАН


Ю.В. Гуляев
2013 г.



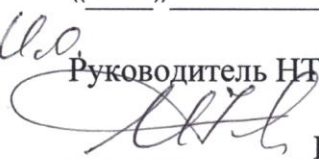
Продолжение титульного листа
ТЗ на КЭ «Конвергенция»

От ОАО «РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва»
Руководитель НТЦ

 А.В. Марков
« » 2014 г.

Заместитель руководителя НТЦ

 М.Ю. Беляев
« » 2014 г.

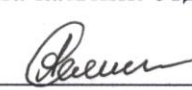
 Руководитель НТЦ

И.И. Хамиц
«14» 08 2014 г.

/ Начальник отделения

 А.Г. Бидеев
«14» 08 2014 г.

Начальник отдела

 А.Ю. Семин
«13» 08 2014 г.

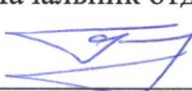
/ Начальник отдела

 В.А. Масленников
«13» 08 2014 г.

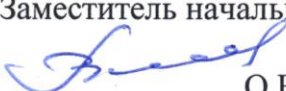
Начальник отдела

 Е.А. Демина
« » 2014 г.

Начальник отдела

 С.И. Гусев
« » 2014 г.

Заместитель начальника отдела

 О.Н. Волков
«13» август 2014 г.

От ФГБУ науки ИКИ РАН

Научный руководитель КЭ:

Заведующий отделом исследования Земли из
космоса ИКИ РАН,
д-р физ.-мат. наук, профессор,

подпись на стр. 4 Е.А. Шарков
« » 2014 г.

Ответственный исполнитель КЭ:

Заведующий лабораторией микроволновой
радиометрии ИКИ РАН, канд. физ.-мат. наук

подпись на стр. 4 А.В. Кузьмин
« » 2014 г.

От ФГБУ науки ИРЭ
им. В.А. Котельникова РАН

Заведующий лабораторией, канд. физ.-мат.
наук

подпись на стр. 4 В.П. Саворский
« » 2014 г.

От филиала ФГУП ГНПРКЦ
«ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭКС»

Первый заместитель директора филиала —
заместитель главного конструктора НПП
«ОПТЭКС»

подпись на стр. 4 М.В. Ключников
« » 2014 г.

Продолжение титульного листа
ТЗ на КЭ «Конвергенция»

/ Начальник отдела

 Д.Б. Пуган
« » 2014 г.

От ФГБУ науки ИКИ РАН

Научный руководитель КЭ:

Заведующий отделом исследования
Земли из космоса ИКИ РАН,
д-р физ.-мат. наук, профессор,


« 18 » 09 2013 г. Е.А. Шарков

Ответственный исполнитель КЭ:

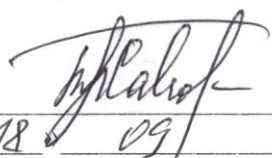
Заведующий лабораторией
микроволновой радиометрии ИКИ РАН,
канд. физ.-мат. наук


« 18 » 09 2013 г. А.В. Кузьмин

От ФГБУ науки ИРЭ

им. В.А. Котельникова РАН

Заведующий лабораторией, канд. физ.-
мат. наук


« 18 » 09 2013 г. В.П. Саворский

От филиала ФГУП ГНПРКЦ

«ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭКС»

Первый заместитель директора филиала
— заместитель главного конструктора
НПП «ОПТЭКС»


« 11 » 10 2013 г. М.В. Ключников

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень принятых сокращений	6
1. Общие положения	8
2. Задачи КЭ.....	9
3. Технические требования к НА.....	11
4. Требования к средствам обеспечения КЭ.....	18
5. Требования к наземной подготовке КЭ	19
6. Технические требования к ПКК	19
7. Обязанности участников КЭ	26
Лист согласования.....	30

Перечень принятых сокращений

АСОТР	— автоматическая система обеспечения теплового режима
БЗУ-ДМ	— блок запоминающего устройства детектора молний
БИТС	— бортовая информационно-телеметрическая система
БШИ	— бортовой широкоапертурный излучатель
ВнеКД	— внекорабельная деятельность
ВнуКД	— внутрикорабельная деятельность
ГЛ	— гидролаборатория
ГО	— гермоотсек
ГОГУ	— главная оперативная группа управления
ДМ	— детектор молний
ЗУ	— запоминающее устройство
ИД	— исходные данные
ИКИ РАН	— Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук
ИРЭ РАН им. В.А. Котельникова	— Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук
ИУС	— информационно-управляющая система
ИЭ	— инструкция по эксплуатации
КА	— космический аппарат
КДИ	— конструкторско-доводочные испытания
КК	— космический корабль
КНТС	— координационный научно-технический Совет ФКА и РАН
КС	— комплексный стенд
КЭ	— космический эксперимент
ЛОИ	— лабораторные отработочные испытания
МА	— модуль антенный
МК	— модуль коммутации
МКС	— международная космическая станция
МЛМ	— многоцелевой лабораторный модуль
МНД	— модуль накопления данных
МП	— модуль привода

МПОД	— модуль предварительной обработки данных
МИРС	— микроволновый радиометр-спектрометр
МУП	— модуль управления привода и компенсатора
МУСД	— модуль управления и сбора данных
НА	— научная аппаратура
НКУ	— наземный комплекс управления
НТО	— научно-технический отчёт
ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»	— ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва»
ОВЛС	— оптико-волоконная линия связи
ОЭБ-ДМ	— оптико-электронный блок детектора молний
ПКК	— пилотируемый космический комплекс
РАН	— Российская академия наук
РС МКС	— российский сегмент Международной космической станции
СА	— спускаемый аппарат
СБИ	— система бортовых измерений
СУБК	— система управления бортовым комплексом
ТГК	— транспортный грузовой корабль
ТЗ	— техническое задание
ТМИ	— телеметрическая информация
ТПО	— температура поверхности океана
УПЧ	— усилитель промежуточной частоты
УРМ	— универсальное рабочее место
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»	— Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно- исследовательский испытательный «Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина»
ФГУП ЦНИИмаш	— Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
ФКА	— Федеральное космическое агентство
ЦПК	— центр подготовки космонавтов
ЦУП	— центр управления полётами
ЭП	— эскизный проект

1. Общие положения.

1.1. Полное наименование эксперимента

Определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы при исследовании генезиса атмосферных катастроф.

1.2. Шифр эксперимента

«Конвергенция»

1.3. Цель эксперимента

Целями космического эксперимента являются исследование основ зарождения и эволюции крупномасштабных кризисных атмосферных процессов типа тайфунов и тропических циклонов, как одних из основных элементов в формировании глобального массо и влагообмена в системе океан-атмосфера, измерение абсолютных радиоярких температур системы атмосфера–океан тропиков в диапазоне 6 – 220 ГГц, определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы, проведение натурного эксперимента по круглосуточному обнаружению вспышек молний, определение энергетических, пространственных и временных характеристик вспышек молний, определение зон грозовой деятельности.

1.4. Документ, на основании которого выполняется КЭ

Основанием для проведения КЭ является Долгосрочная программа НПИ, планируемых на РС МКС (версия 2012 г). Решение о включении КЭ в упомянутую программу принимается по итогам рассмотрения заявки на эксперимент в КНТС Роскосмоса.

1.5. Тип космического корабля, на котором проводится эксперимент

Российский сегмент международной космической станции (РС МКС).

2. Задачи КЭ

2.1 Задачи, решаемые в процессе проведения КЭ

2.1.1. Высокоточные измерения абсолютных радиоярких температур в диапазоне 6...220 ГГц с точностью не хуже 1 К.

2.1.2. Измерение интегрального содержания атмосферного водяного пара от 0 до 80 кг/м² с относительной погрешностью не более 10 %.

2.1.3. Восстановление профилей влажности и температуры тропосферы на 8–10 уровнях на высотах от 0 до 10 км с относительной погрешностью не более 20 %.

2.1.4. Измерение интегрального содержания капельной влаги атмосферы в диапазоне 0...2 кг/м² с относительной погрешностью не более 10 %.

2.1.5. Измерение интенсивности осадков в пределах 0...20 мм/ч с относительной погрешностью не более 10 %.

2.1.6. Измерение ТПО с погрешностью не более 1 К и относительной погрешностью не более 0,1 К.

2.1.7. Измерение скорости ветра над морской поверхностью с точностью 1...2 м/с по величине и 10...20° по направлению.

2.1.8. Определение статистических характеристик вспышек молний: распределения плотности вероятности вспышек молний по следующим параметрам — интегральная по времени поверхностная яркость светового пятна от молнии на поверхности облаков, количество импульсов во вспышке, диаметр светового пятна, длительность интервалов между импульсами во вспышке.

2.1.9. Составление карт грозовой активности.

Результаты, полученные в ходе решения этих задач, направлены на выявление влияния крупномасштабных кризисных процессов в атмосфере тропиков на циклогенез и эволюцию тайфунов и циклонов.

2.2. Требования к КЭ в отношении объектов исследований

Объектами исследования при проведении КЭ являются собственное излучение атмосферы и океана, которое измеряется с помощью микроволнового радиометрического комплекса МИРС с целью определения детальных профилей температуры и влажности атмосферы на масштабах от десятков до тысяч километров, включая их высотные профили, а также излучение от молнии, прошедшее через слой облаков (в том числе освещённых

Солнцем) с целью регистрации не менее 90 % вспышек молний, попавших в поле зрения детектора молний.

2.3. Объём исследований и число сеансов КЭ

2.3.1. Объём исследований определяется масштабностью исследуемых кризисных процессов в атмосфере, таких как тайфуны и тропические циклоны. Поскольку взаимодействие указанных процессов во времени может достигать нескольких дней и недель, то принципиально новая информация может быть получена только в режиме длительных наблюдений.

2.3.2. Планируемое время проведения космического эксперимента «Конвергенция» 2018 — 2022 гг.

Радиометрическая аппаратура МИРС после включения должна работать в непрерывном режиме. Непрерывный режим работы МИРС, кроме повышения стабильности работы приемных устройств МИРС, позволит также исключить дестабилизирующее механическое воздействие момента вращения подвижной части МИРС, возникающее при включении / выключении радиометра.

ОЭБ-ДМ может работать как совместно с МИРС, так и независимо и включается на время съёмки. БЗУ-ДМ детектора молний включается во время приёма информации от ОЭБ-ДМ и МИРС и во время передачи информации в ЗУ МКС.

2.3.3. Съём информации с аппаратуры МИРС для КЭ «Конвергенция» проводится по программе из расчёта примерно 150 мин/сут. Съёмка с использованием детектора молний, помимо совместной работы с МИРС, может проводиться ориентировочно в течение 12–24 ч, 1–5 сеансов съёмки в месяц. Планирование съёма информации из БЗУ-ДМ должно осуществляться, исходя из фактической загрузки радиолинии.

2.4. Методы регистрации результатов КЭ и требования к качеству информации

2.4.1. Информация МИРС хранится в модуле накопления данных МИРС, передается по локальной сети РС МКС на БЗУ-ДМ, а затем передается в цифровом виде в ИУС модуля МКС для последующей передачи на Землю по бортовой радиолинии. Информация ОЭБ-ДМ хранится в БЗУ-ДМ, а затем передается в цифровом виде в ИУС модуля МКС для последующей передачи на Землю по бортовой радиолинии.

При невозможности передачи на Землю информации от НА по бортовой радиолинии, резервным каналом является запись информации на сменные носители информации и спуск их на Землю в спускаемом аппарате ТПК «Союз».

2.4.2. Поток информации от МИРС составляет 0,1 МБ/с (900 МБ/сеанс, 26 ГБ/месяц), а для ДМ составляет 15,7 МБ/с (0,7-1,4 ТБ/сеанс, 0,7 – 7 ТБ/месяц).

2.5. Критерии полноты выполнения задач КЭ

КЭ «Конвергенция» считается выполненным в полном объеме, если более 50% полученных данных являются качественными.

3. Технические требования к НА

3.1. Наименование и назначение научной аппаратуры (НА), устанавливаемой на МКС.

3.1.1. Наименование НА: блок микроволнового радиометра-спектрометра МИРС, оптико-электронный блок детектора молний ОЭБ-ДМ и блок запоминающего устройства детектора молний БЗУ-ДМ.

3.1.2. Назначение НА

НА КЭ «Конвергенция» предназначена для измерения радиотеплового излучения атмосферы Земли и ее поверхности в микроволновом диапазоне и представляет собой многоканальный радиометр панорамного типа обзора со сканированием пространства лучами, вращающимися вокруг направления в надир под постоянным углом $45 \pm 0,1$ градуса (коническое сканирование) с периодом 1,29 с. При таком способе обзора поверхности Земли для высоты орбиты космического аппарата 450 км полоса обзора составит 810 км. Второй задачей является обнаружение вспышек молний в полосе захвата 680 км. Наблюдение вспышек молний ведётся в надир.

3.2. Блоки и агрегаты, входящие в состав НА и их назначение

3.2.1. Состав НА.

В состав НА входит:

- МИРС;
- ОЭБ-ДМ;
- БЗУ-ДМ.

Структурная схема НА приведена на рис. 1

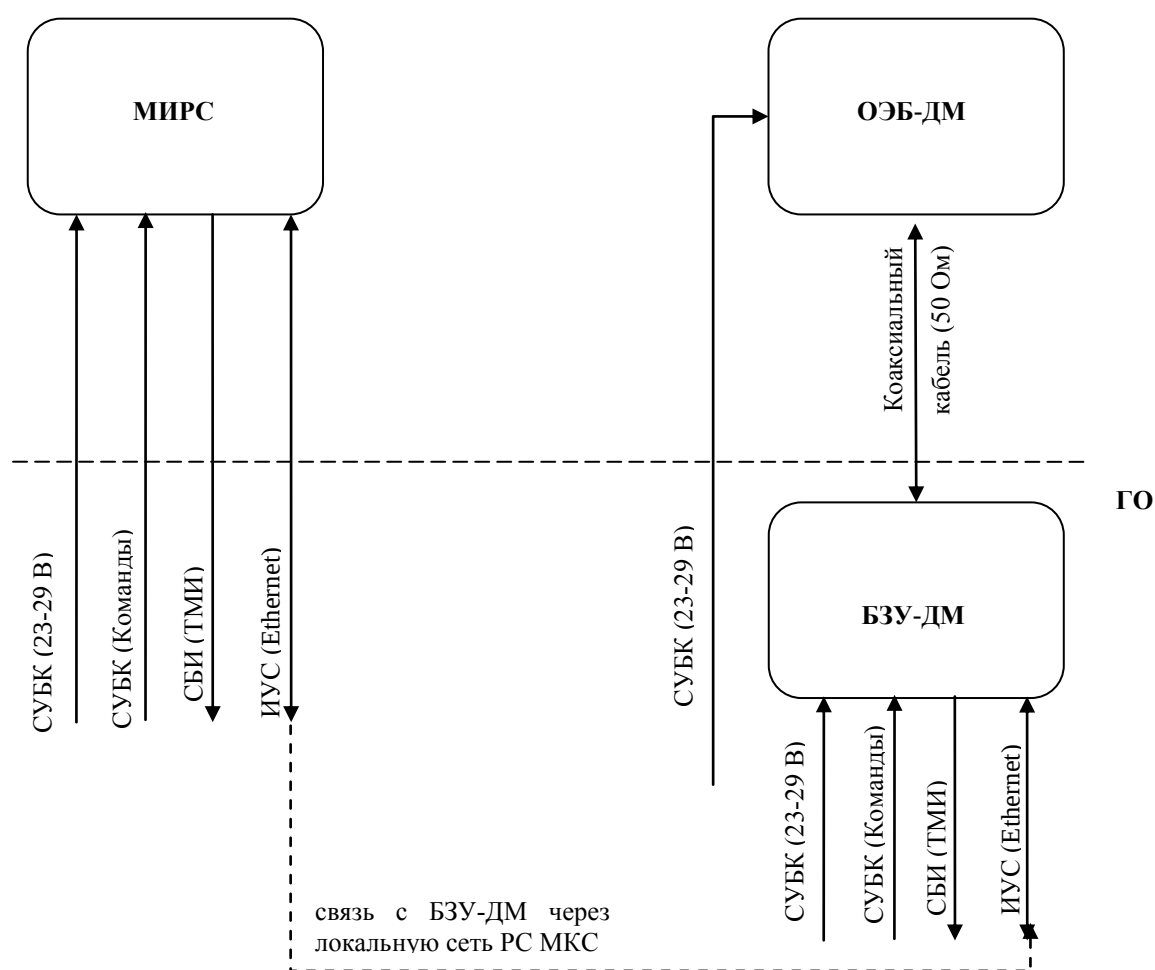


Рисунок 1. Структурная схема НА

3.2.2. МИРС

Блок МИРС устанавливается вне гермоотсека космического аппарата.

В состав МИРС входят следующие модули:

- антенный модуль - МА;
- модуль управления и сбора данных – МУСД;
- модуль привода – МП;
- компенсатор - К;
- модуль управления привода и компенсатора – МУП;
- модуль предварительной обработки данных – МПОД;
- модуль накопления данных - МНД;
- модуль коммутации — МК;
- автоматическая система обеспечения теплового режима (АСОТР) МИРС.

Структурная схема МИРС приведена на Рис.2, а эскиз МИРС - на Рис.3.

```

graph TD
    F1[СУБК Фидер 1] -- Питание 23-29В --> ASOTR[АСОТР МНРС]
    ASOTR --> MUP[МУП]
    MUP --> MP[МП]
    MUP --> MK[МК]
    MP --> MA[МА]
    MP --> K[К]
    MA --> MUSD[МУСД]
    MUSD --> MPOD[МПОД]
    MUSD --> MK
    MPOD --> MND[МНД]
    MK --> MND
    MK --> MUP
    MK --> MP
    MK --> MUSD
    MK --> MPOD
    F2[СУБК Фидер 2 - Питание 23-29В] --> MK
    MK -- "СУБК - Команды управления" --> MUP
    MK -- "СУБК - Команды управления" --> MPOD
    MND -- "СБИ" --> MK
    MND -- "ИУС" --> MK
  
```

Рисунок 2. Структурная схема МИРС

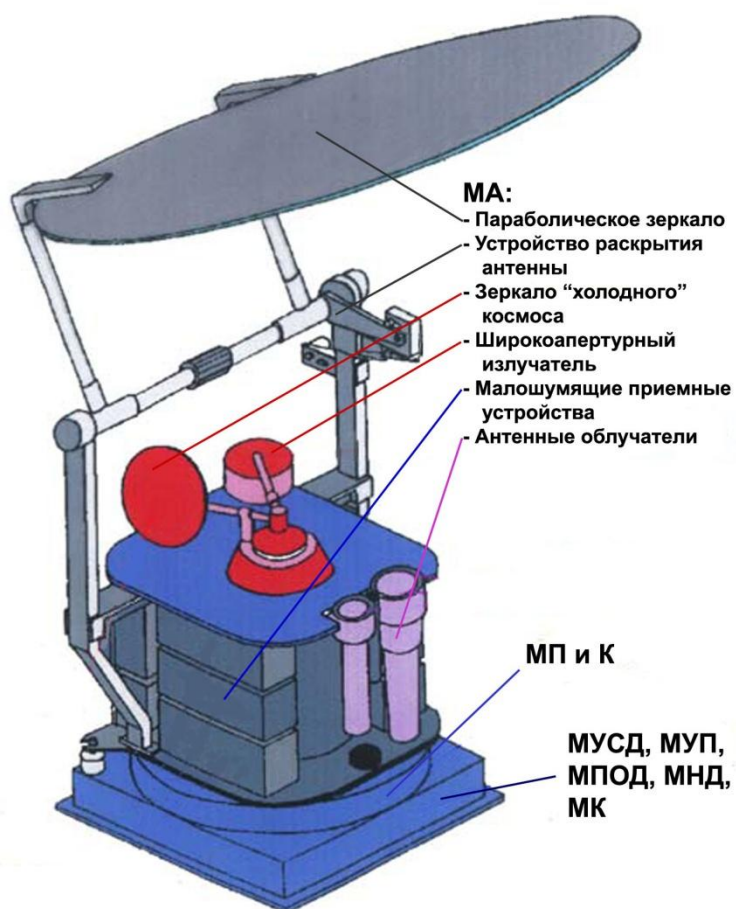


Рисунок 3. Внешний вид МИРС

МА включает в себя антенную систему, систему калибровки (калибровочное зеркало «холодного космоса» и бортовой широкоапертурный излучатель) и малошумящие приёмные устройства.

МУСД вырабатывает управляющие сигналы, необходимые для функционирования СВЧ-устройств радиометрических каналов. Кроме того, МУСД преобразует аналоговый сигнал, поступающий с приемников и датчиков температур, в цифровой код и формирует последовательный поток данных, передаваемых в МПОД.

МП обеспечивает вращение МА вокруг оси, направленной в надир. Компенсация момента количества движения привода антенного блока выполняется компенсатором К. МУП предназначен для контроля и управления работой привода и компенсатора.

3.2.3. ОЭБ-ДМ и БЗУ-ДМ

Оптико-электронный блок детектора молний (ОЭБ-ДМ) устанавливается вне гермоотсека космического аппарата, блок запоминающего устройства детектора молний (БЗУ-ДМ) устанавливается в гермоотсеке.

В состав ОЭБ-ДМ входят следующие блоки:

- оптико-электронный блок - ОЭБ
- АСОТР ДМ

Структурная схема ОЭБ-ДМ и БЗУ-ДМ приведена на Рис.4.

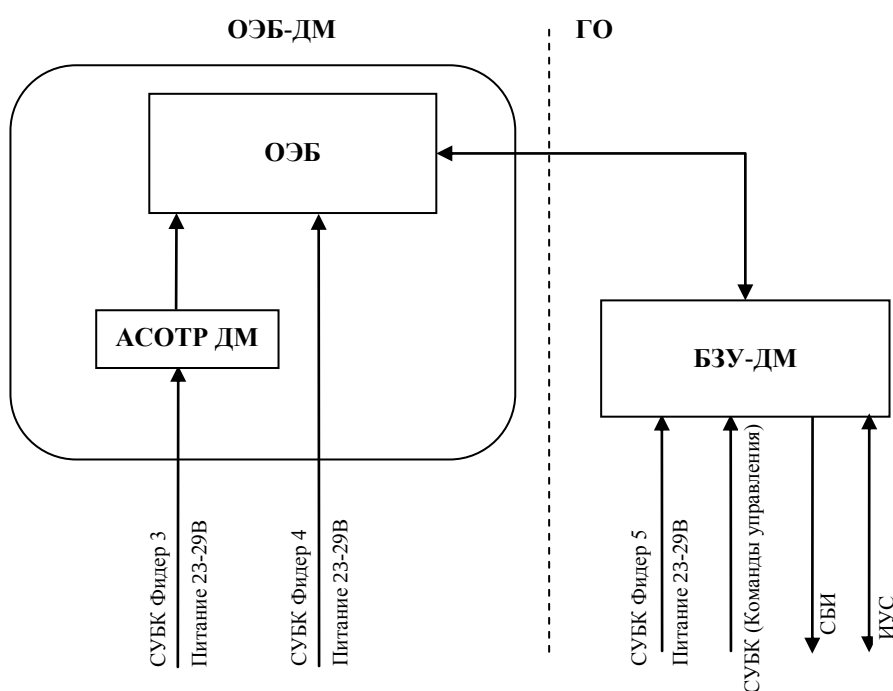


Рисунок 4. Структурная схема ДМ

3.3. Технические требования к характеристикам НА, обеспечивающим выполнение задач КЭ

3.3.1. Технические требования к характеристикам МИРС. Технические характеристики МИРС приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры радиометра МИРС

Частота, ГГц	6,8	10,6	18,7	22,0	36,0	85,0	118,75	150,0	183,3
Кол-во каналов	2	4	4	1	4	2	5*	2	7**
Поляризация	Г, В	Г, В, ±45°	Г, В, ±45°	Г	Г, В, ±45°	Г, В	Г	Г, В	Г
Динамический диапазон, К	2,7...350								
Чувствительность, К	0,35	0,8	0,76	0,25	0,56	0,4	0,9	0,55	0,62
Элемент разрешения, км	75×11 5	48×74	27×42	23×35	14×22	6×9	6×9	6×9	6×9
Угол визирования, °	45±0,1								
Поле зрения, °	Луч в сечении не более 5° вращающийся по конусу с углом 45 ° относительно надира из него: Передний обзор: сектор ±60° по вектору скорости, в плоскости перпендикулярно плоскости орбиты; Задний обзор: сектор от 120° до 240° по вектору скорости, в плоскости перпендикулярно плоскости орбиты								
Полоса обзора, км	810								
Период сканирования, с	1,29								
Информационный поток, кБ/с	100								
Масса, кг	50								
Потребляемая мощность, Вт	60 – МИРС, 20 – АСОТР МИРС								
Габариты, мм	500 × 500 × 750 (в транспортном положении), 500 × 500 × 1300 (в рабочем положении)								

Характеристики в таблице приведены для высоты орбиты 450 км, апертура антенны 700 мм.

* На частоте 118,75 ГГц супергетеродинный двухполосный приёмник с пятью спектральными каналами, ширина полос УПЧ 150 МГц.

** На частоте 183,3 ГГц супергетеродинный двухполосный приёмник с семью спектральными каналами, ширина полос УПЧ 500 МГц.

Все радиометрические каналы независимы, обладают повышенной стабильностью и линейностью; регистрируемые данные усредняются цифровым образом.

Во время проведения измерений радиотеплового излучения Земли обеспечивается непрерывная калибровка принимаемых данных с помощью поочередного переотражения в апертуру антенны реликтового космического излучения с радиояркостной температурой $\sim 2.7\text{К}$ и БШИ с контролируемой термодинамической температурой $\sim 350\text{К}$.

Тепловой режим МИРС обеспечивается путем использования автономной системы терморегулирования радиометра. МИРС оснащен системой датчиков температуры в отдельных элементах и точках аппаратуры, а также системой датчиков, регистрирующих рабочие параметры основных функциональных узлов аппаратуры. Данные датчиков поступают на выход аппаратуры для последующей телеметрии по служебным каналам.

Доставка НА КЭ «Конвергенция» на космическую станцию производится транспортным грузовым кораблем. Конструкция МИРС должна позволить его пронос через люк диаметром 800 мм. На время транспортировки все подвижные элементы модуля должны быть зачекованы.

3.3.2. Технические требования к характеристикам ОЭБ-ДМ. Технические характеристики ОЭБ-ДМ приведены в табл. 2. и табл. 3.

Модельная вспышка молнии характеризуется следующими параметрами:

- диаметр светового пятна на верхней границе облачности — 10 км;
- интегральная по времени поверхностная яркость вспышки — $6 \text{ мкДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ср})$;
- количество импульсов во вспышке — 3;
- интервал времени между начальным и конечным импульсами — не более 1 с.

Таблица 2. Параметры ОЭБ-ДМ

Характеристики	Режим работы	
	Основной	Координатной привязки
Разрешающая способность в надир, км	4,32	0,54
Рабочая длина волны, мкм	0,7774	
Размер кадра, км	680×550	
Формат кадра, пикселы	160×128	1280×1024
Размер пиксела, мкм	96×96 (объединение 8×8 пикселов)	12×12
Разрядность АЦП, бит	10-12	
Количество кадров в секунду	500	0,02 (одиночные кадры)

Отношение сигнал/шум для модельной вспышки молнии	7	Не определяется
Вероятность регистрации модельной вспышки молнии	98%	Не определяется
Количество ложных срабатываний за 1 с	Не более 1	Не определяется
	Режим работы	
	Круглосуточный	Только над поверхностью, освещённой Солнцем
Информационный поток, Мбайт/с	15,7	2 Мбайт/кадр
Масса, кг	4,5	
Габаритные размеры, мм	Ø150×250	
Энергопотребление, Вт	10 – ОЭБ, 5 – АСОТР ДМ	

Таблица 3. Параметры БЗУ-ДМ

Характеристики	Значения
Ёмкость ЗУ детектора молний, ТБ	10 (соответствует 7-14 сеансам)
Масса, кг	7
Масса сменного ЗУ, кг	0,300
Габаритные размеры, мм	250×200×200
Энергопотребление, Вт	45

3.4. Требования к интерфейсам КА

Связь МИРС с КА осуществляется посредством:

- интерфейса питания и металлизации, величина питающего напряжения на входе составляет 23 – 29 В;
- интерфейса команд и управления, количество команд определяется на этапе ЭП;
- интерфейса связи с системой бортовых измерений (СБИ);
- интерфейса связи с информационно-управляющей системой (ИУС).

Связь ДМ с КА осуществляется посредством:

- двух интерфейсов питания и металлизации для ОЭБ-ДМ и БЗУ-ДМ, величина питающего напряжения на входе составляет 23 – 29 В;

- интерфейса команд и управления, количество команд определяется на этапе ЭП;
- интерфейса связи БЗУ-ДМ с СБИ;
- интерфейса связи с ИУС.

Для интеграции МИРС и БЗУ-ДМ в бортовую информационную сеть ИУС СУБК(Ethernet), их программное и аппаратное обеспечение должно штатно поддерживать набор протоколов стека TCP/IP на разных уровнях модели сетевых протоколов OSI (ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99).

4. Требования к средствам обеспечения КЭ

4.1. Состав и назначение технических средств (наземных, морских, воздушных), привлекаемых для проведения и обработки материалов КЭ

4.1.1. Наземная оперативная работа в ходе выполнения КЭ «Конвергенция» должна обеспечиваться специалистами ГОГУ с участием специалистов ИКИ РАН, РКК «Энергия» и НПП «ОПТЭКС».

4.1.2. Для наземной обработки экспериментов, постановщиком эксперимента, будет использоваться рабочая станция с мощным графическим процессором.

4.1.3. Необходимость создания специальных средств обеспечения сеансов КЭ или порядок привлечения уже существующих определяется на этапе разработки ТЗ на НА.

4.1.4. Для обеспечения сопровождения КЭ в составе наземного комплекса может использоваться образец НА, изготовленный для КДИ НА «Конвергенция».

4.1.5. Других внешних средств при проведении штатных сеансов КЭ не требуется.

4.2. Требования к создаваемым средствам обеспечения КЭ и порядок использования привлекаемых средств

4.2.1. Местом проведения КЭ «Конвергенция» на РС МКС, обеспечивающим необходимые для КЭ условия, являются модули МЛМ или НЭМ.

4.2.2. Для реализации КЭ требуется установка НА вне гермоотсека (ГО).

4.2.3. МИРС устанавливается таким образом, чтобы ось вращения антенного модуля была направлена в надир (в центр Земли).

4.2.4. ОЭБ-ДМ может устанавливаться как вместе с МИРС, так и отдельно.

5. Требования к наземной подготовке КЭ

5.1. Порядок и сроки разработки, изготовления, испытаний и поставки НА:

Разработка, изготовление и испытания аппаратуры должны осуществляться в соответствии с требованиями, установленными в **Положении НА–99**.

5.2. Основные программные и методические документы по КЭ:

- программа КЭ;
- методические положения по КЭ;
- методика проведения КЭ;
- бортовая инструкция по проведению КЭ.

5.3. Перечень средств обработки полученных материалов, а также сроки разработки необходимого математического обеспечения:

- программно-аппаратный комплекс для обработки материалов КЭ;
- срок разработки программного обеспечения – 1 год.

6. Технические требования к ПКК

6.1. Требования к пилотируемому космическому комплексу (ПКК)

6.1.1 Требования по доработке РС МКС

Необходима разработка соединительных кабелей.

6.1.2. Требования к конструкции КА, обеспечивающие эксплуатацию НА при проведении экспериментов

МИРС должен размещаться снаружи МКС. При установке МИРС ось вращения антенной системы должна быть параллельна оси, направленной с МКС в надир.

Панорамный обзор поверхности Земли производится аппаратурой МИРС при полете КА за счет привода МИРС; при этом диаграмма направленности антенной системы движется по конусу с углом в $45 \pm 0,1$ градусов относительно оси вращения (угол визирования). Зоны обзора поверхности организуются при вращении МА в пределах углов обзора ± 60 град. относительно направления вектора скорости полета КА (передний обзор) или в пределах угла обзора от $+120^0$ до $+240^0$ (задний обзор). При размещении МИРС на МКС должна быть обеспечена реализация не менее одной из зон обзора (лучше обеих зон).

В модуле МА МИРС размещен зеркальный отражатель, так что антенная система принимает излучение звездного неба с температурой 2.7 К, являющееся калибровочным для

радиометрических каналов. Для бортовой калибровки МИРС по космосу должно быть предусмотрено незатенение области наблюдения Космоса со стороны калибровочного зеркала МИРС не менее 30 градусов в зоне углов от +60 до +120 град. (или от -60 до -120 град.) относительно вектора скорости полета КА и от 0 до 30 град. в сторону Земли относительно плоскости, касательной траектории КА.

ОЭБ-ДМ устанавливается вне ГО таким образом, чтобы в его поле зрения ($75 \times 62^\circ$) не попадали элементы конструкции МКС и других приборов. Оптическая ось ОЭБ-ДМ должна быть параллельна оси, направленной с МКС в надир.

В поля зрения МИРС и ОЭБ-ДМ допускается попадание элементов конструкции МКС, конкретные поля зрения и возможные затенения антенны МИРС и ОЭБ-ДМ согласуются на этапе выпуска ЭП.

Техническое обслуживание и ремонт НА в полёте не требуется.

6.1.3. Требования к служебным системам РС МКС по обеспечению выполнения задач КЭ.

6.1.3.1. Должна быть обеспечена возможность подключения НА МИРС:

а) к СУБК в части:

- получения электропитания (не более 80 Вт);
- получения дискретных команд управления

б) к СУБК (ИУС) в части:

- получения бортового времени с точностью 10 мс и баллистической информации для географической привязки измерений раз в секунду на протяжении всего сеанса;
- промежуточного хранения цифровой научной информации;
- сброса служебных данных на Землю– сброса научной информации на Землю
- получения цифровых команд управления.

в) к СБИ в части:

- оперативного сброса информации с ТМ-датчиков на Землю.

Должна быть обеспечена возможность подключения НА ДМ:

а) к СУБК в части:

- получения электропитания (не более 60 Вт);
- получения дискретных команд управления

б) к СУБК (ИУС) в части:

- получения бортового времени с точностью 10 мс и баллистической информации для географической привязки измерений раз в секунду на протяжении всего сеанса;

- сброса служебных данных на Землю
- сброса научной информации на Землю
- получения цифровых команд управления.

в) к СБИ в части:

- оперативного сброса информации с ТМ-датчиков на Землю.

6.1.3.2. Для включения аппаратуры МИРС и управления работой её блоков со стороны функциональных систем РС МКС необходима выдача команд управления. Общее число команд управления до 10 (определяется на этапе ЭП). Вид команд — напряжение бортсети длительностью 150-250 мс, токовая нагрузка 0,5 мА – 1 А.

Управление детектором молний осуществляется либо от пульта оператора, встроенного в БЗУ-ДМ, либо по командам из ЦУПа.

6.1.3.3. Контроль работоспособности МИРС и его блоков осуществляется от датчиков функциональных узлов аппаратуры в виде аналоговых сигналов с уровнем 0...6 В. Число датчиков — 5. Скорость опроса при формировании телеметрических сигналов не реже 1 раза за 30 с.

Контроль работоспособности детектора молний осуществляется путём вывода диагностических сообщений на пульт оператора и выдачи телеметрической информации в составе целевой информации.

6.1.3.4. Тепловой режим МИРС обеспечивается с помощью АСОТР МИРС. МИРС оснащён системой датчиков температуры в отдельных элементах и точках аппаратуры. Данные датчиков поступают в МУСД, который оцифровывает их и формирует последовательный поток данных, передаваемых в МПОД.

Тепловой режим ОЭБ-ДМ обеспечивается с помощью АСОТР ДМ.

6.1.3.5. Обмен данными между НА МИРС и СУБК (ИУС), как и управление аппаратурой, должно осуществляться по интерфейсу Ethernet. Синхронизация НА по времени производится не реже одного раза в сутки.

Объём и процедура передачи на Землю информации могут уточняться и согласуются отдельным протоколом между ИКИ РАН, РКК «Энергия» и ФГУП ЦНИИмаш.

Обмен данными между детектором молний и СУБК (ИУС) должен осуществляться по интерфейсу Ethernet. Синхронизация детектора молний по времени производится не реже одного раза в сутки. Информация от детектора молний хранится в

БЗУ-ДМ детектора молний и может передаваться по интерфейсу Ethernet в ИУС для дальнейшей передачи на Землю по радиоканалу. Вторым способом доставки информации от детектора молний является замена модулей ЗУ оператором с последующим возвратом записанных модулей на Землю в СА КК «Союз».

6.1.4 Требования к условиям функционирования НА на борту ПКК (допустимые вибрации, температура, давление и т.п.)

6.1.4.1 Состав газовой среды

- кислород – 21-40% (при парциальном давлении 120-350 мм.рт.ст.);
- углекислый газ – до 3%;
- водород – до 2%;
- гелий – до 0,01%;
- азот – остальное.

6.1.4.2 Температура

- для частей НА, устанавливаемых в гермоотсеке МКС (БЗУ-ДМ, внутренние кабели) – от 0 до 40°C;
- для спускаемых грузов (внешние носители информации – ВНИ) – от минус 50 до 50°C;
- для пассивных частей НА, устанавливаемых вне гермоотсека МКС (крепления, внешние кабели) – от минус 150 до 125°C;
- для МИРС и ОЭБ-ДМ, устанавливаемых вне гермоотсека МКС, – от минус 150 до 125°C.

6.1.4.3 Влажность (при температуре 20°C)

- для спускаемых грузов (ВНИ) – от 0 до 98%;
- для остальной НА – от 20 до 90%.

6.1.4.4 Давление

- в условиях хранения – от 350 до 970 мм.рт.ст., максимальная скорость падения давления – до 100 мм.рт.ст./с;
- в условиях эксплуатации, для частей НА, устанавливаемых в гермоотсеке МКС (БУ, внутренние кабели) – от 450 до 970 мм.рт.ст.;
- в условиях эксплуатации, для частей НА, устанавливаемых вне гермоотсека МКС (МИРС, ОЭБ-ДМ, консоли крепления, внешние кабели) – от 10^{-7} до 10^{-3} мм.рт.ст.

6.1.4.5 Механические воздействия

— Все блоки НА в транспортной таре должны выдерживать стандартные механические нагрузки при авиа и железнодорожной транспортировке. В ТГК «Прогресс» НА доставляется на орбиту без транспортной тары.

— ВНИ в транспортной таре в составе возвращаемого аппарата пилотируемого корабля «Союз» должен дополнительно выдерживать нагрузки, возникающие при управляемом и нештатном (баллистическом) спуске.

— Конструкция оборудования, устанавливаемого на внешней поверхности РС МКС в непосредственной близости от трассы перемещения космонавтов, должна выдерживать эксплуатационную нагрузку в 50 кгс (490,5 Н) в произвольном направлении, вызванную случайным непреднамеренным воздействием космонавта.

— Конструкция оборудования, устанавливаемого на внешней поверхности РС МКС, должна выдерживать локальные эксплуатационные давления от струй двигателей: нормальное давление – 16,7 кгс/м², касательное давление – 3,91 кгс/ м². Площадь действия этих давлений: до 0,25 м². Коэффициент безопасности для этих воздействий задавать равным 2.

6.1.4.6 Требования к электрическим условиям

— НА не требует подключения к сети электропитания во время хранения и транспортировки.

— Электропитание от бортовой сети станции осуществляется постоянным током с напряжением на входе в аппаратуру 23–29 В.

— Все токопроводящие элементы конструкций должны быть металлизированы. Переходное сопротивление металлизации – не более 2,5 мОм.

6.1.4.7 Требования к механическим характеристикам транспортных блоков НА:

— Массы, размеры, инерционные характеристики доставляемых грузов транспортных блоков НА должны соответствовать габаритным чертежам, согласованным с организацией эксплуатирующей ПКК.

6.1.4.8 Требования к упаковке

— Упаковка, используемая в полете, должна обеспечивать сохранность блоков НА в условиях транспортирования и хранения в составе транспортного корабля.

6.1.5 Перечень операций по монтажу НА

Монтаж НА:

- Установка МИРС и ОЭБ-ДМ и соединение кабелей (ВнеКД) – 4 часа;
- Подключение и коммутация кабелей (ВнуКД) – 4 часа.

6.2. Требования к обеспечению расходными материалами

Хранение информации в БЗУ-ДМ детектора молний осуществляется на сменных носителях информации, которые, по мере необходимости, возвращаются на Землю. Взамен их в БЗУ-ДМ детектора молний устанавливаются незаписанные носители, доставляемые на МКС в КК «Союз» и/или ТК «Прогресс». Предполагается замена 1 сменного ЗУ 4 раза в год. Этот канал передачи является резервным.

6.3. Требования к условиям проведения сеансов КЭ

6.3.1. Требования к внешним условиям

Требований по светотеневой обстановке для МИРС нет. При работе ОЭБ-ДМ не допускается попадание прямого солнечного света на входной зрачок ОЭБ-ДМ.

6.3.2. Требования к орбите и точности знания места положения КА при проведении сеанса КЭ

Точность определения высоты орбиты в сеансах КЭ ~ 1.5 км и местоположения КА относительно географической сетки координат $\pm 1,5$ км.

6.3.3. Требования по наведению осей визирования в сеансе эксперимента

Направленность поля зрения НА определяется направленностью оси вращения блока МА МИРС и оси ОЭБ-ДМ в сеансах КЭ (см. 6.1.2.).

6.3.4. Требования по временным характеристикам проведения сеансов КЭ

Число сеансов КЭ с использованием МИРС: не менее одного сеанса в сутки, длительность сеанса 150 мин.

Число сеансов КЭ с использованием ДМ: от 1 до 5 в месяц, длительность сеанса от 12 до 24 часов.

6.3.5. Требования к точности привязки научной информации к системе единого времени

При проведении КЭ должен формироваться код текущего времени в секундах, минутах, часах и сутках. Временная привязка момента смены кода к бортовому времени должна быть не хуже 10 мс. Сигналы кода текущего времени в цифровом виде должны подаваться с систем КА на аппаратуру МИРС.

6.4. Требования к экипажу МКС

6.4.1. Перечень операций, возлагаемых на экипаж в орбитальном полете

К экипажу КА предъявляются требования, исходя из решения задач по п. 6.1.5. Требования по операциям, выполняемым экипажем МКС в сеансах КЭ:

- экипаж МКС выполняет функции оператора ДМ путем ввода команд с пульта на запоминающем устройстве – 15 минут;
- замена ЗУ – 5 минут;
- МИРС в сеансах КЭ работает автономно, требования к экипажу не предъявляются.

Замена ЗУ происходит 4 раза в год по циклограмме, определяемой методикой проведения эксперимента.

В случае выхода НА из строя работа с ней прекращается до выработки рекомендаций и выдачи ИД разработчиками НА по проведению экипажем ремонтно-восстановительных работ и тестовых включений.

6.4.2. Состав научно-тренировочных средств

Для занятий экипажа в ГЛ ЦПК используется ГЛ макет МИРС и ОЭБ-ДМ и механический интерфейс.

6.4.3. Порядок подготовки экипажа к проведению КЭ

Для подготовки экипажа к выполнению КЭ на НА МИРС необходимо планировать занятия экипажа в следующем объеме:

- теоретическая подготовка и ознакомление с целями и задачами КЭ, составом аппаратуры, местами размещения, методикой установки НА вне ГО РС МКС, методикой монтажа кабелей внутри и вне ГО;
- подготовка экипажа к работе в качестве оператора ДМ и по замене ЗУ;
- занятия в ГЛ ЦПК по отработке действий экипажа при ВнеКД по монтажу и демонтажу оборудования с использованием тренажерных макетов НА и макетов механического и электрического интерфейсов.

6.5. Требования к наземному комплексу управления

6.5.1. Требования к контролю и управлению сеансами КЭ

- навигационно-баллистическое обеспечение измерений;

- формирование и выдача команд управления НА (при необходимости, так как аппаратура МИРС включена постоянно);
- обеспечение сброса и обработки ТМИ
- организация взаимодействия между группами ГОГУ и постановщиками КЭ;
- оперативный анализ служебной ТМИ от НА;
- оперативная выдача рекомендаций в случае возникновения нештатных ситуаций в работе НА.

6.5.2. Требования к регистрации научной информации

НКУ должен обеспечить контроль работы НА, работы блоков и узлов по каналам служебной телеметрии и функций регистрации научной информации.

7. Обязанности участников КЭ

7.1. Состав участников КЭ

- **Головная организация по постановке КЭ «Конвергенция» и созданию НА микроволнового радиометра-спектрометра МИРС** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

- **Организация по созданию НА детектора молний ДМ** — филиал ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭКС».

- ФГБУ науки ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

- **Головная организация по реализации КЭ** – ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва».

- ФГБУ ЦПК им. Ю.А.Гагарина;

- ЦУП-М ЦНИИмаш.

7.2. Основные обязанности участников КЭ.

7.2.1. Основные обязанности ИКИ РАН

Основные обязанности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) состоят в следующем:

- разработка ТЗ на эксперимент;
- разработка программы эксперимента;
- разработка основ исследований циклогенеза и эволюции крупномасштабных кризисных атмосферных процессов типа тайфунов и циклонов тропиков;
- разработка программно-математического обеспечения по определению скорости и направления приповерхностного ветра;
- разработка ТЗ на НА;
- разработка и поставка аппаратуры МИРС;
- проведение автономных испытаний МИРС;
- участие в комплексных испытаниях аппаратуры МИРС;
- участие в проведении КЭ «Конвергенция»;
- научный анализ и обработка результатов КЭ;
- подготовка и выпуск экспресс-отчётов;
- подготовка и выпуск итогового НТО с предложениями по развитию данного направления исследований.

7.2.2. Основные обязанности филиала ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭК».

Основные обязанности филиала ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» НПП «ОПТЭК» состоят в следующем:

- участие в разработке ТЗ на эксперимент;
- участие в разработке программы эксперимента;
- проведение эксперимента по круглосуточному обнаружению вспышек молний, определение энергетических, пространственных и временных характеристик вспышек молний, определение зон грозовой деятельности;
- разработка методик и программ определения характеристик вспышек молний и карт грозовой активности;
- разработка и согласование ТЗ на ДМ;
- разработка и поставка аппаратуры ДМ;
- проведение автономных испытаний ДМ;
- участие в комплексных испытаниях аппаратуры ДМ;
- участие в проведении КЭ «Конвергенция»;
- научный анализ и обработка результатов КЭ;

- участие в подготовке и выпуске экспресс-отчётов;
- участие в подготовке и выпуске итогового НТО с предложениями по развитию данного направления исследований.

7.2.3. Основные обязанности ФГБУ науки ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Основные обязанности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН) состоят в следующем:

- разработка программно-математического обеспечения по восстановлению температуры поверхности океана;
- участие в научном анализе и обработке результатов КЭ;
- участие в подготовке и выпуске экспресс-отчётов;
- участие в подготовке и выпуске итогового НТО с предложениями по развитию данного направления исследований.

7.2.4. Основные обязанности ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева».

Основные обязанности ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева» состоят в следующем:

- выпуск заключения о технической реализуемости КЭ;
- реализация КЭ на РС МКС;
- согласование ТЗ на КЭ и программы КЭ;
- выпуск ТЗ на НА;
- разработка методики проведения КЭ;
- комплексные электрические испытания НА;
- разработка бортовой документации;
- выпуск сертификата безопасности доставляемого оборудования;
- участие в подготовке экипажа;
- обеспечение планирования, реализации КЭ и оперативного контроля за работоспособностью НА на борту МКС;
- обеспечивает координацию работ ЦУП;
- распаковка, нормализация и передача данных участникам КЭ;
- спуск и доставка ЗУ
- проводит доставку на Землю и передачу постановщику КЭ ВНИ с научной информацией.

7.2.5. Основные обязанности ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

Основные обязанности ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» состоят в следующем:

- осуществляет подготовку экипажей к проведению КЭ;
- принимает экзамены у экипажа совместно с головным предприятием-разработчиком ПКК с привлечением, при необходимости, постановщика КЭ и разработчика НА.;
- выпускает заключение о готовности экипажа к проведению КЭ.

7.2.6. Основные обязанности ЦУП-М (ЦНИИмаш), головной организации по управлению бортовой НА и сбору данных:

- предоставляет технические средства для управления полетом ПКК и для управления бортовой НА в процессе проведения КЭ;
- осуществляет баллистическое обеспечение КЭ;
- осуществляет передачу, сбор, первичную обработку и хранение научной информации и сопроводительных данных;
- осуществляет прием всех видов информации, необходимой для подготовки и проведения сеансов КЭ;
- осуществляет формирование и передачу информации научного назначения и сопроводительных данных участникам эксперимента.

Лист согласования

[illegible]