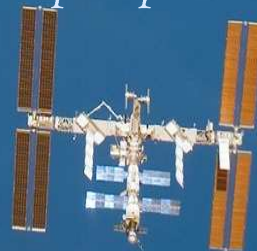


*Беляв Ю.В., Веллер В.В., Домарацкий А.В.,
Синельников В.М. *, Сосенко В.А., Хвалей С.В.*

ОПТИКО-РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕЧЕНИЙ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

*Научно-исследовательское учреждение
«Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко»
Белорусского государственного университета (НИИПФП БГУ),
г. Минск, Беларусь*

**Учреждение российской академии наук
«Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН» (ИЗМИРАН),
г. Троицк Московской обл., Россия*





Исполнители работ

Головной исполнитель – НИИПФП БГУ, г. Минск. Разрабатывает и изготавливает модуль оптический оптико-радиофизического комплекса (ОРФК).

Соисполнитель со стороны РФ – Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г. Троицк Московской обл. – постановщик космического эксперимента (КЭ) «Диагностика». Разрабатывает и изготавливает радиофизический модуль.

Ответственный за реализацию КЭ «Диагностика» - ОАО РКК «Энергия» им. С.П.Королева

КЭ «Диагностика» включен в «Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов на РС МКС» по секции № 2 «Геофизические исследования» КНТС Федерального космического агентства РФ и РАН, раздел 10



Цель выполнения ОКР «Диагностика

разработка и изготовление модуля оптического оптико-радиофизического комплекса (шифр «ОРФК») научной аппаратуры КЭ «Диагностика», ориентированного на спутниковый мониторинг околоземной среды и эффектов природных и техногенных воздействий.

Конструктивные требования

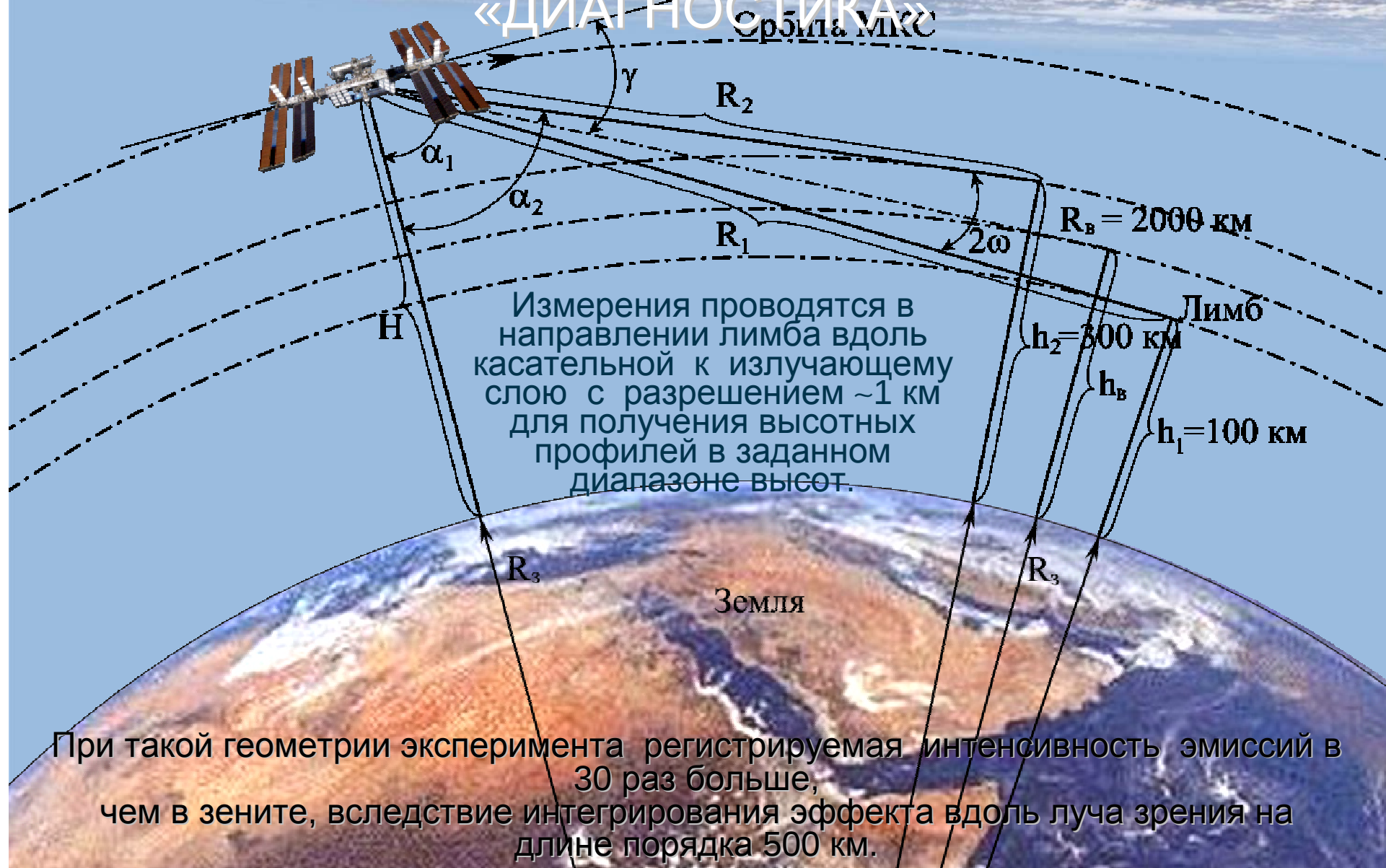
ОРФК должен выполнять свои функции в условиях воздействия факторов, обусловленных космическим орбитальным полетом при размещении вне герметичного отсека.



ОРФК предназначен для:

- измерения параметров атмосферы и ионосферы в высотном диапазоне до 350–400 км, мониторинг их регулярной и неоднородно-волновой структуры (в зависимости от характера и интенсивности различных источников воздействия);
- исследования физических явлений в околоземном космическом пространстве, обусловленных естественными (природными) источниками возмущений и техногенными воздействиями;
- отработки технических средств и методов мониторинга околоземного космического пространства, в том числе эффектов глобальных и региональных возмущений параметров атмосферы и ионосферы Земли вследствие природных и техногенных катастроф;
- повышения достоверности прогнозирования природных и чрезвычайных техногенных событий путём интеграции данных космического и наземного сегментов.

СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ДИАГНОСТИКА»





Научная аппаратура ОРФК включает в свой состав:

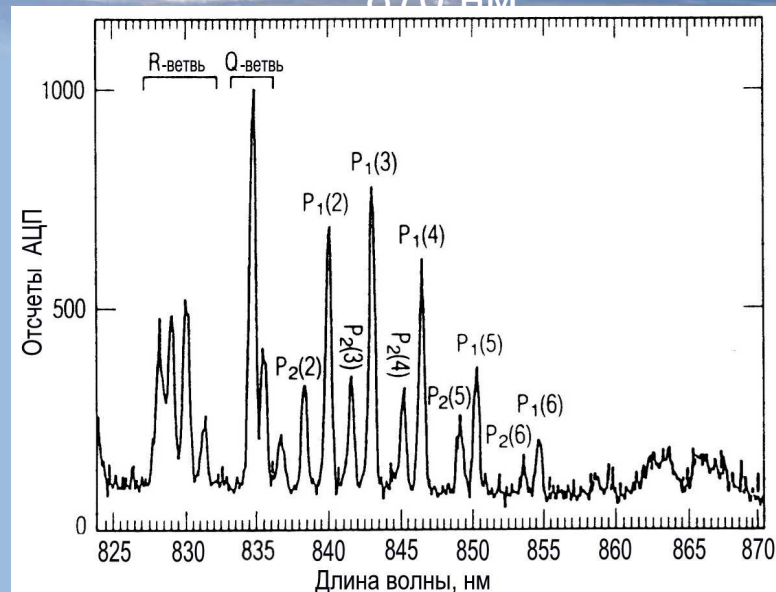
- Модуль оптический (МО).
- Модуль радиофизический (МР).

Модуль оптический предназначен для:

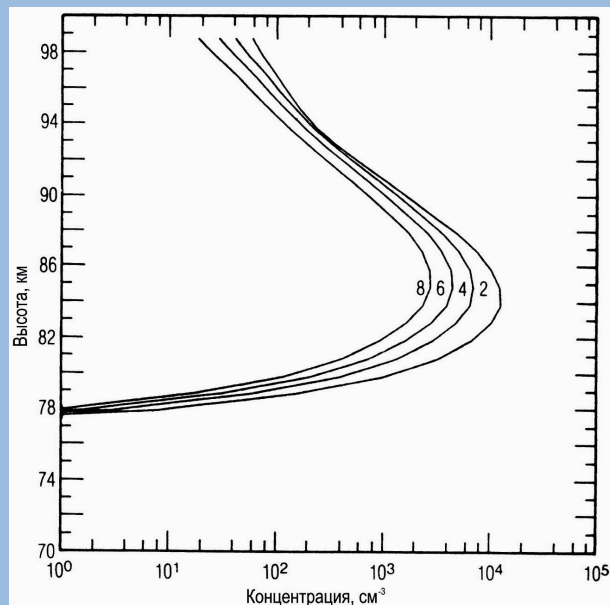
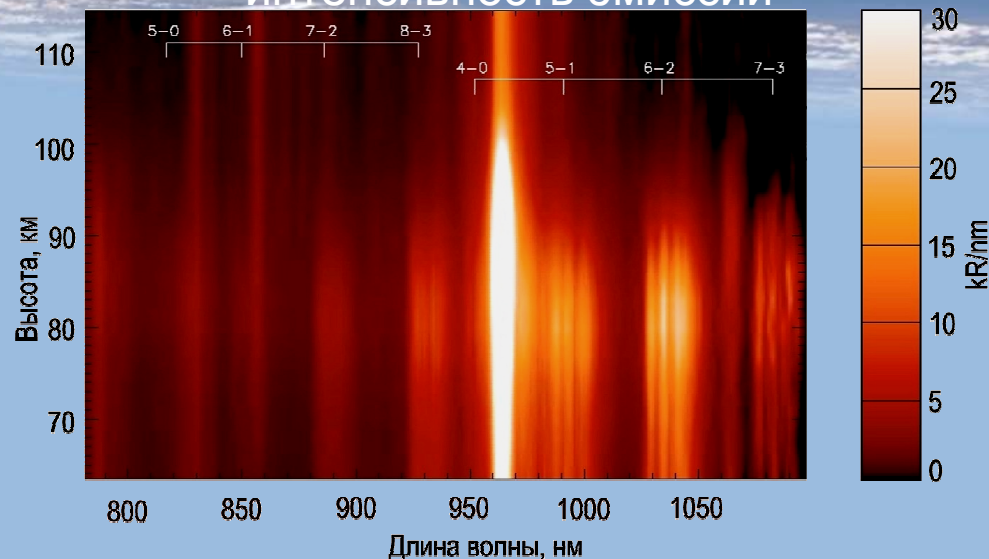
- исследования ночного свечения атмосферы;
- исследования оптических явлений, связанных с высотными электрическими разрядами;
- исследования оптических явлений, связанных с воздействием мощных радиоволн на ионосферу.



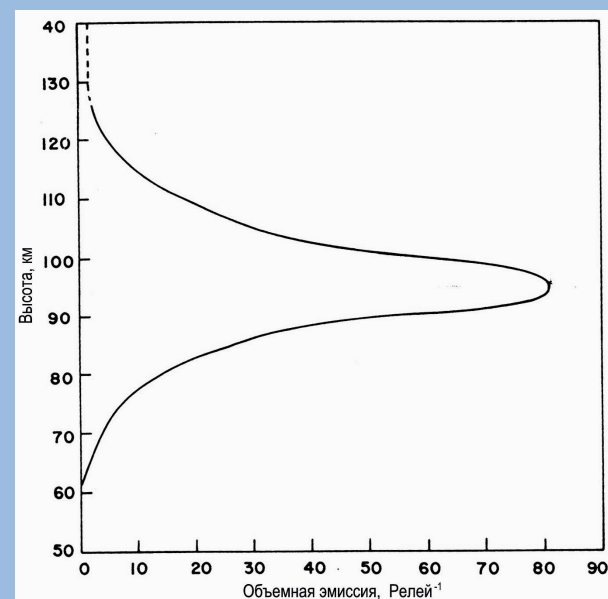
Спектр верхней атмосферы в диапазоне спектра 825 – 870 нм



Вид изображения (компьютерная
эмуляция), получаемого ДГС:
по оси х – развертка спектра,
по оси у – высотное распределение
свечения, градациями цвета показана
интенсивность эмиссии



Типичные
высотные
распределения
объемной эмиссии
и концентраций
возбужденных
молекул
гидроксила OH и
атомарного
кислорода





Характеристики явлений,

СВЯЗАННЫХ С ВЫСОТНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ

1. Диапазон высот наблюдаемых явлений:

RS 45–100 км,
BJ 20–50 км,
Эльф 100 км.

2. Габаритные поперечные размеры наблюдаемых явлений:

RS 20–50 км,
BJ 10–20 км,
Эльф несколько сотен км в диаметре.

3. Спектральный состав излучения:

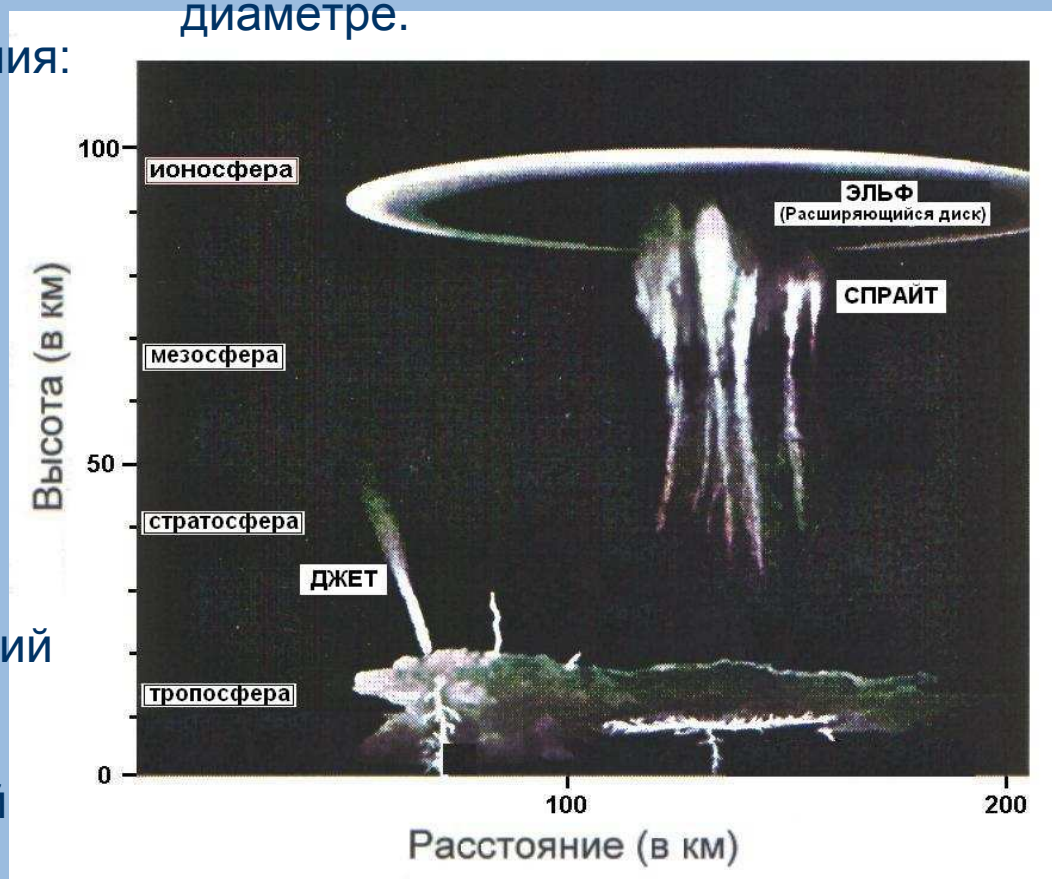
RS 650–790 нм,
BJ 391,4 и 427,8 нм,
Эльф 700–800 нм.

4. Длительность явлений:

RS 3–5 мс,
BJ 100–200 мс,
молний ≤ 2 мс,
Эльф менее 1 мс.

5. Энергетическая яркость явлений (интенсивность):

RS 50 рэлей – 600 килорэлей,
BJ несколько сотен килорэлей



(1 рэлей – светимость, при которой столб с основанием 1 см^2 излучает во всех направлениях 10^6 фотонов в 1 с; при $\lambda = 700 \text{ нм}$ соответствует энергетической светимости $2,84 \cdot 10^{-9} \text{ Вт/м}^2$)

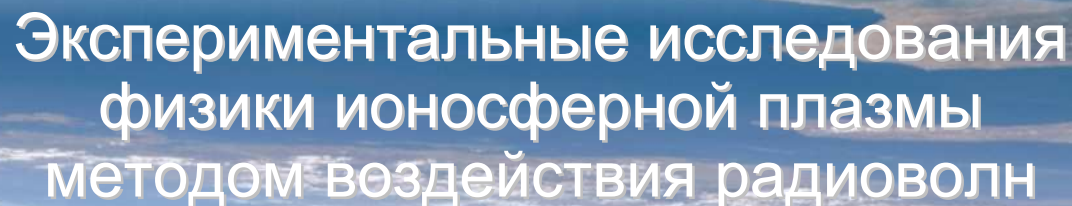


Figure 1 consists of three subplots labeled a, б, and в.

- Plot a:** Shows the intensity of the 630.0 nm emission line (Y-axis, 100 to 500 units) versus time (X-axis, 0 to 60 minutes). The plot includes experimental data points (black asterisks) and a theoretical curve (dashed line). Parameters: $\lambda = 630 \text{ nm}$, $H = 300 \text{ km}$, $f = 3.3 \text{ MHz}$, $P = 20 \text{ MW}$. The right Y-axis is labeled $PG/(PG)_{\text{max}}, \%$ with a scale from 0 to 100.
- Plot б:** Shows the intensity of the 630.0 nm emission line (Y-axis, 100 to 600 units) versus time (X-axis, 3.6 to 5.0 hours) for two different heights: $H = 300 \text{ km}$ (upper curve, black crosses) and $H = 100 \text{ km}$ (lower curve, black crosses). The frequency is $f = 7.8 \text{ MHz}$. The right Y-axis is labeled $PG/(PG)_{\text{max}}, \%$ with a scale from 0 to 100.
- Plot в:** Shows the intensity of the 630.0 nm (solid line) and 427.8 nm (dashed line) emission lines (Y-axis, 200 to 400 units) versus time (X-axis, 0745 to 0830 UT) on April 15, 2002. The right Y-axis is labeled $PG/(PG)_{\text{max}}, \%$ with a scale from 0 to 100.

Станция работала в
фиолетовой
режиме (427,8 нм) линз и
выкл.)



Модуль оптический состоит из:

- блока оптических датчиков;
- блока сбора информации.

Блок оптических датчиков состоит из:

- системы пространственного сканирования (СПС);
- датчика вертикальных распределений (ДВР);
- датчика регистрации изображений (ДРИ);
- датчика гидроксильных свечений (ДГС).

Система пространственного сканирования

предназначена для наведения и удержания полей зрения оптических модулей на объект исследования

Угол поворота по координате X – 330 град.

Угол поворота по координате Y - ± 90 град.



Датчик вертикальных распределений предназначен для регистрации пространственно-временных распределений эмиссий атомарного кислорода на длинах волн 557,7 нм (на высотах 110–130 км), 630,0 нм (на высотах 290–320 км), азота на длине волны 427,8 нм и во всем спектральном диапазоне чувствительности фотоприемной линейки 0,35–1,05 мкм.

Датчик регистрации изображений предназначен для регистрации спектрозональных изображений эмиссий в диапазоне 0,35–1,05 мкм с помощью матричного приемника ПЗС с электронным умножением 1000×1000 элементов, связанных с высотными электрическими разрядами и воздействием мощных радиоволн на ионосферу в широком диапазоне высот у лимба Земли.

Датчик гидроксильных свечений предназначен для регистрации спектрально-временного и пространственного распределения ночных свечений гидроксильных эмиссий и эмиссий, связанных с высотными электрическими разрядами в диапазоне длин волн 350–1040 нм на высотах от 90 до 300 км.



Блок сбора информации

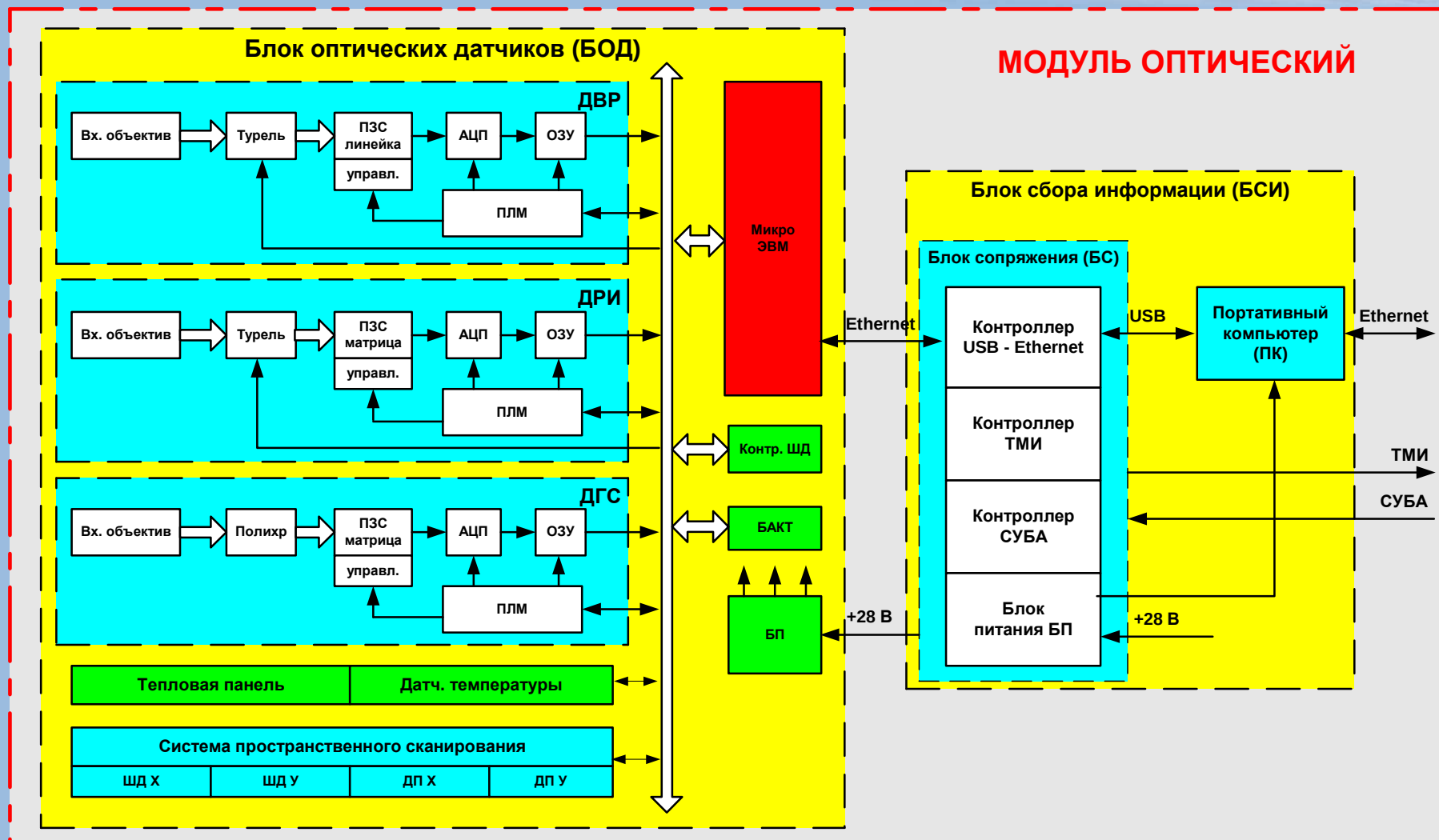
обеспечивает тестирование и управление режимами работы оптических датчиков и системы пространственного сканирования, записи данных и служебной информации, взаимодействие блока оптических датчиков ОРФК со служебными системами РС МКС.

Устанавливается внутри герметичного объема РС МКС.

Блок сбора информации состоит из:

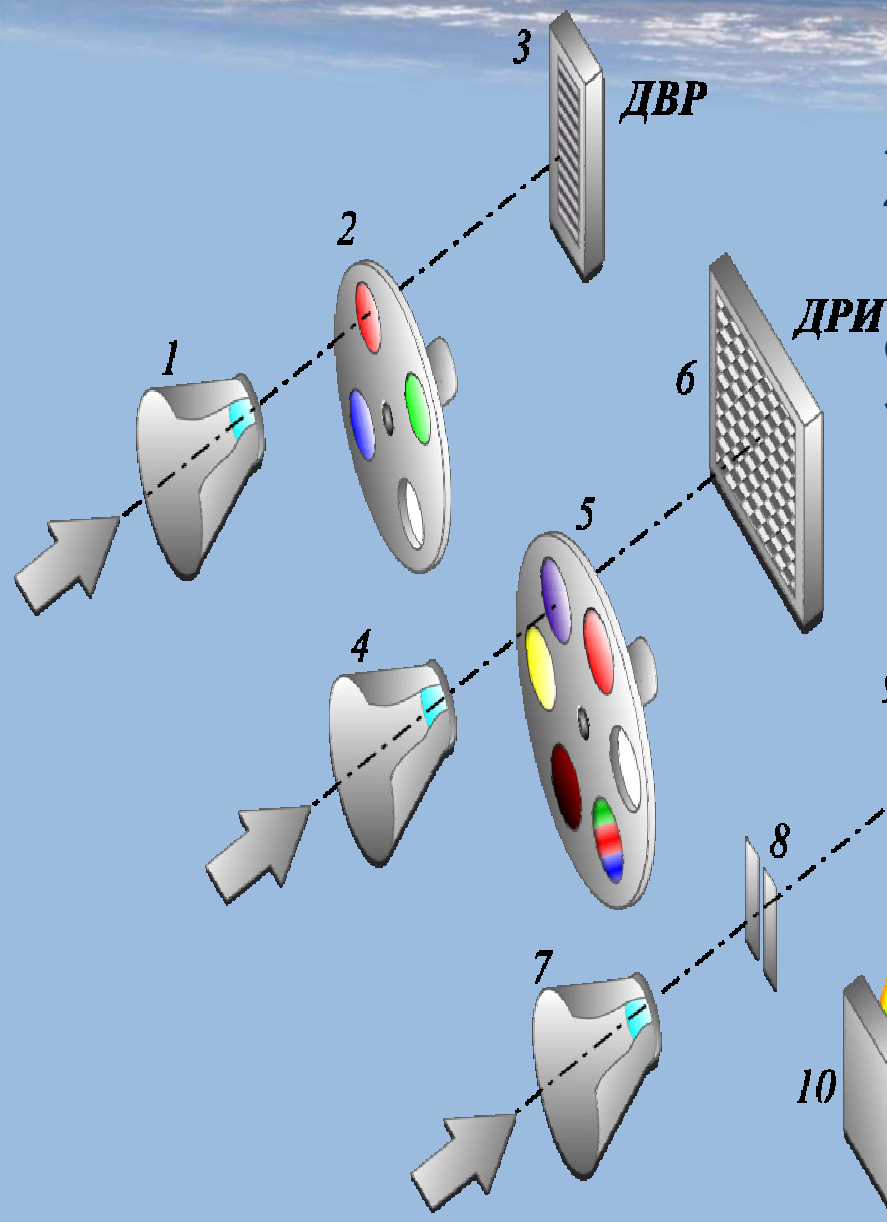
- блока сопряжения (БС);
- портативного компьютера (ПК) типа Notebook.

Структурная схема модуля оптического ОРФК





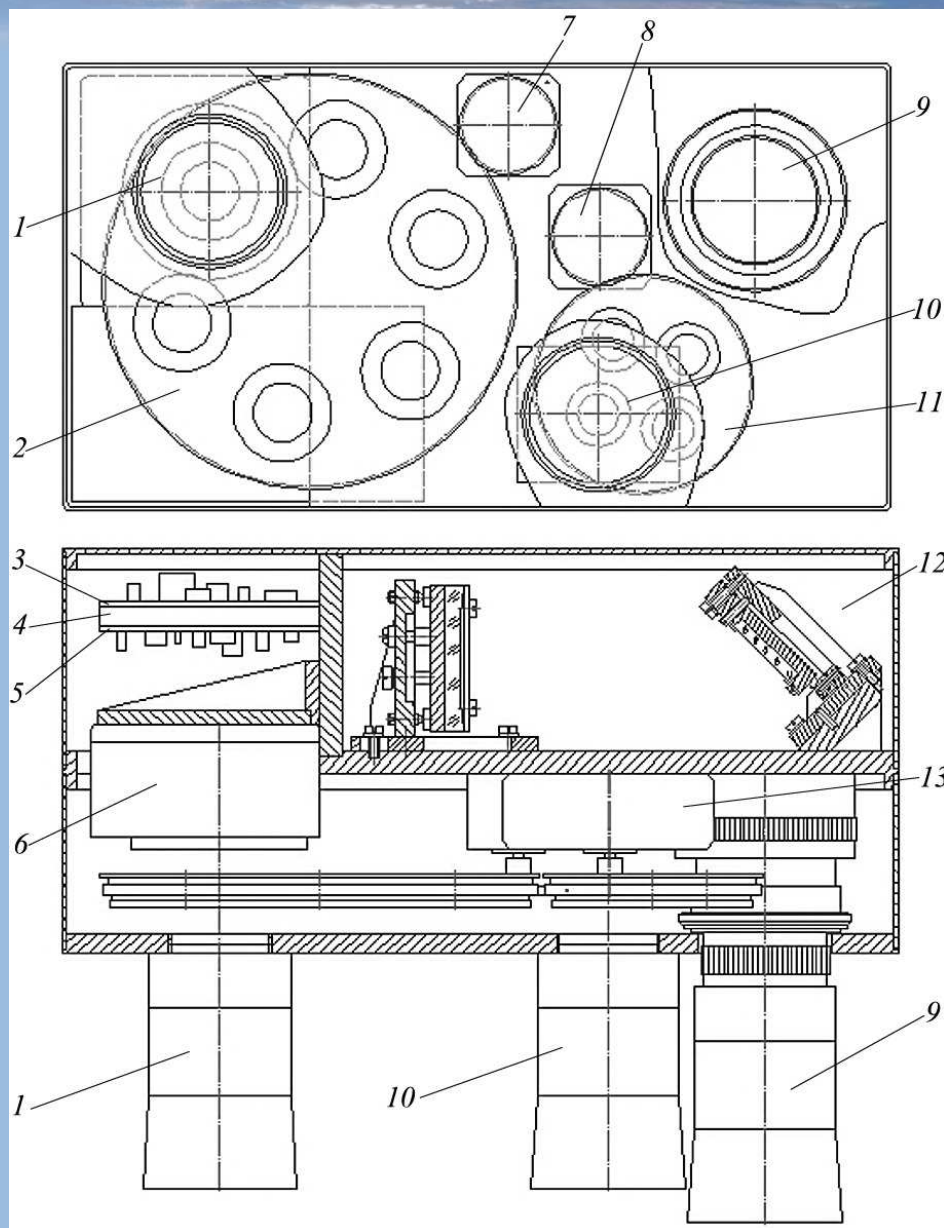
Оптико-кинематическая схема БОД НА ОРФК



1, 4, 7 – входные объективы с блендами;
 2 – турель DVR с шаговым двигателем
 и интерференционными фильтрами
 (1 – 557,7 нм; 2 – 630,0 нм; 3 – 427,8 нм; 4 – без
 фильтра); 5 – турель ДРИ (1 – 650–750 нм
 «Спрайт»; 2 – 390–430 нм «Джет»; 3 –
 «Эльф»; 4 – 868,0 нм «Молния»; 5 –
 мозаичный
 фильтр: 557,7 нм–630,0 нм–
 427,8 нм 6 – приемная матрица
 «Воздействие мощных
 радиоволн на ионосферу», 6 – без фильтра,
 узел входной цепи,
 полихроматора
 ДГС;
 9 – диспергирующий
 элемент;
 10 – поворотное
 зеркало;
 11 – приемная матрица
 полихроматора
 2048 × 250



Конструкция блока оптических датчиков

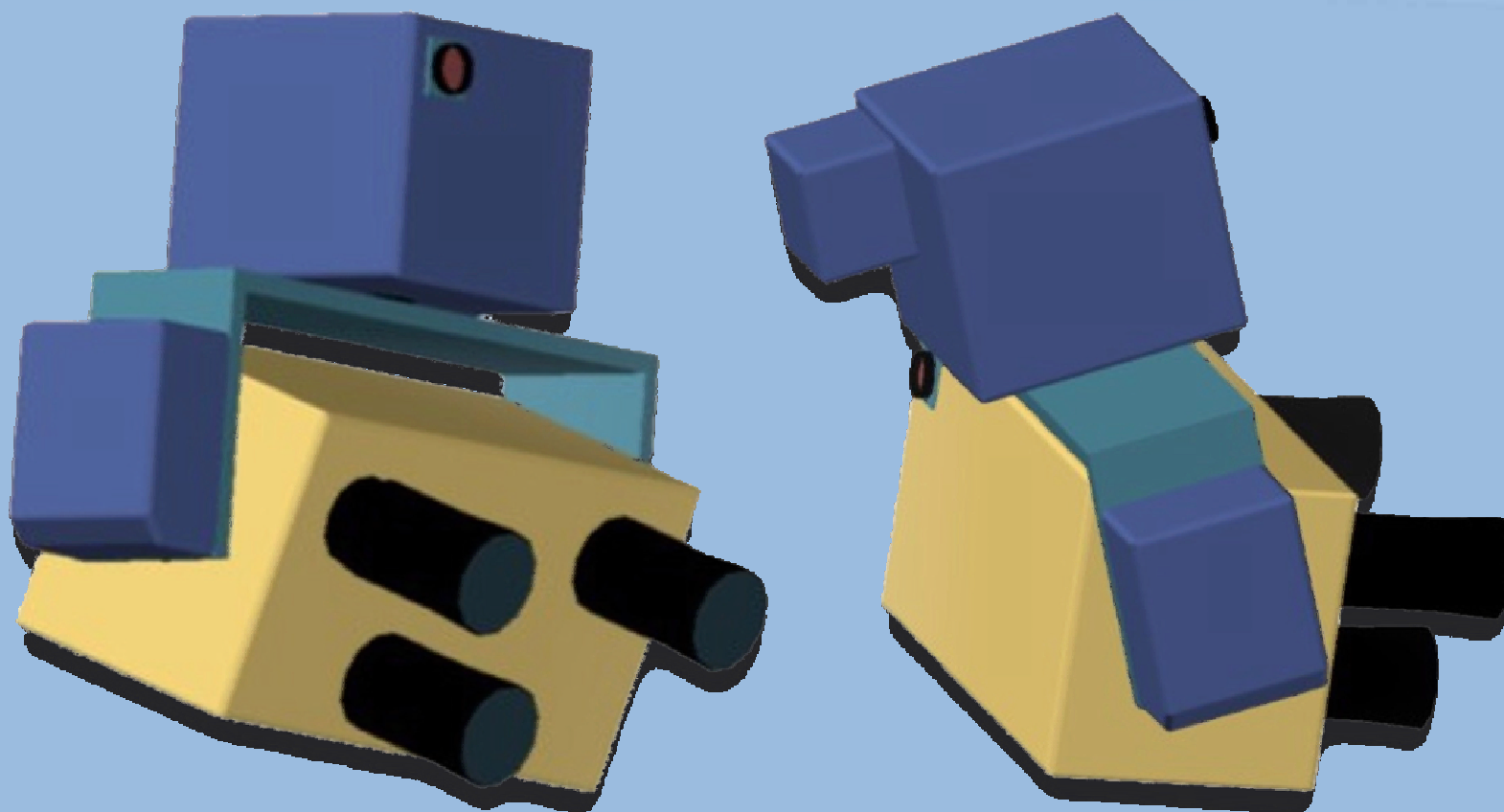


КД общего вида корпуса
оптических датчиков БОД

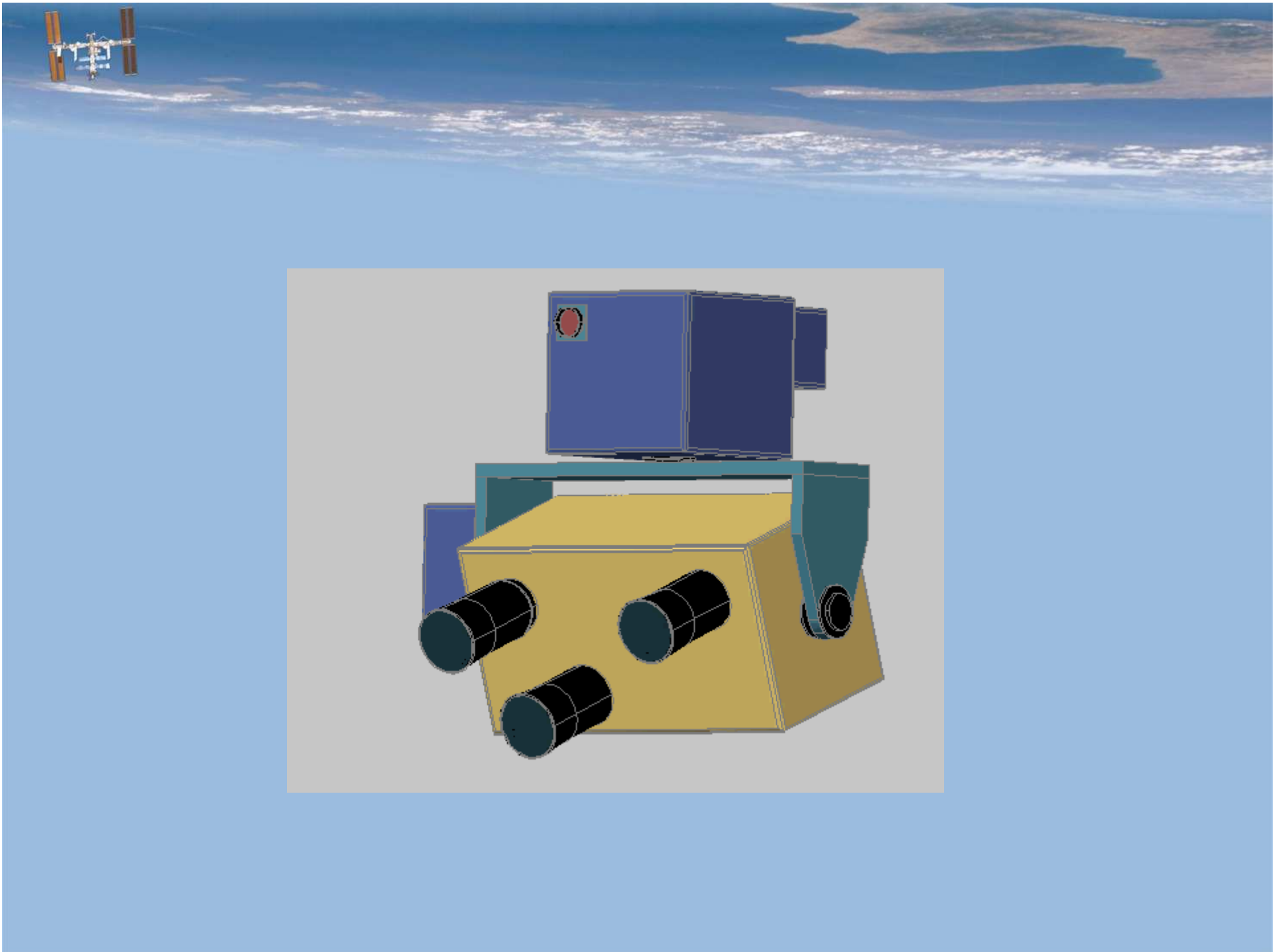
- 1 – объектив ДРИ;
- 2 – турель ДРИ;
- 3 – печатная плата контроллера ШД;
- 4 – теплопанель;
- 5 – печатная плата микроЭВМ БОД;
- 6 – ПЗС матрица ДРИ;
- 7, 8 – ШД;
- 9 – объектив ДГС;
- 10 – объектив ДВР;
- 11 – турель ДВР;
- 12 – полихроматор ДГС;
- 13 – ДВР



3D модель блока оптических датчиков ОРФК

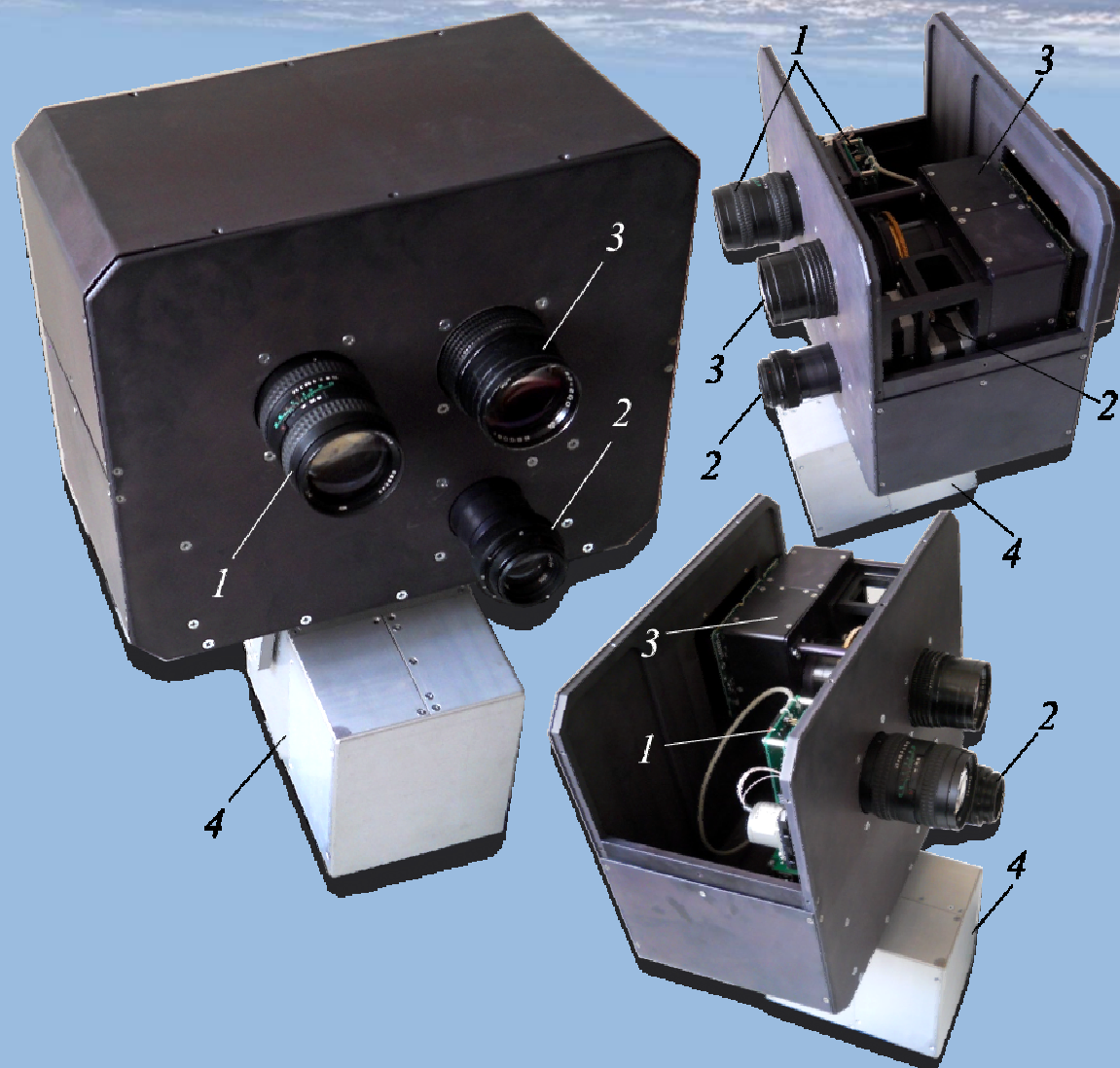


желтый цвет – корпус оптических датчиков; черный – объективы датчиков;
синий – система пространственного сканирования;
голубой – кронштейн системы пространственного сканирования





Образец для лабораторно-отрабочных испытаний БОД МО НА ОРФК



1 – ДВР; 2 – ДГС; 3 – ДРИ; 4 – СПС

Имитатор КЭ «Диагностика»

1) аппаратно-программный комплекс,
делирующий
источники излучения ночной верхней
иосферы

Земли и состоящий из:

- ноутбука;
- проектора;
- экрана отображения атмосферных

иссий;

2) блок, моделирующий движение МКС по
источники излучения ночной верхней атмосферы Земли

3) программное обеспечение

представляют собой имитатор нестационарных
стохастических протяженных источников излучения
отдельных компонент атмосферы, а также оптических
явлений, связанных с воздействием мощных радиоволн
на ионосферу (нагревные стенды типа «СУРА»).

Блок моделирования движения МКС по орбите представляет
собой программно-управляемую поворотную платформу с
установленным
на ней БОД МО «ОРФК».

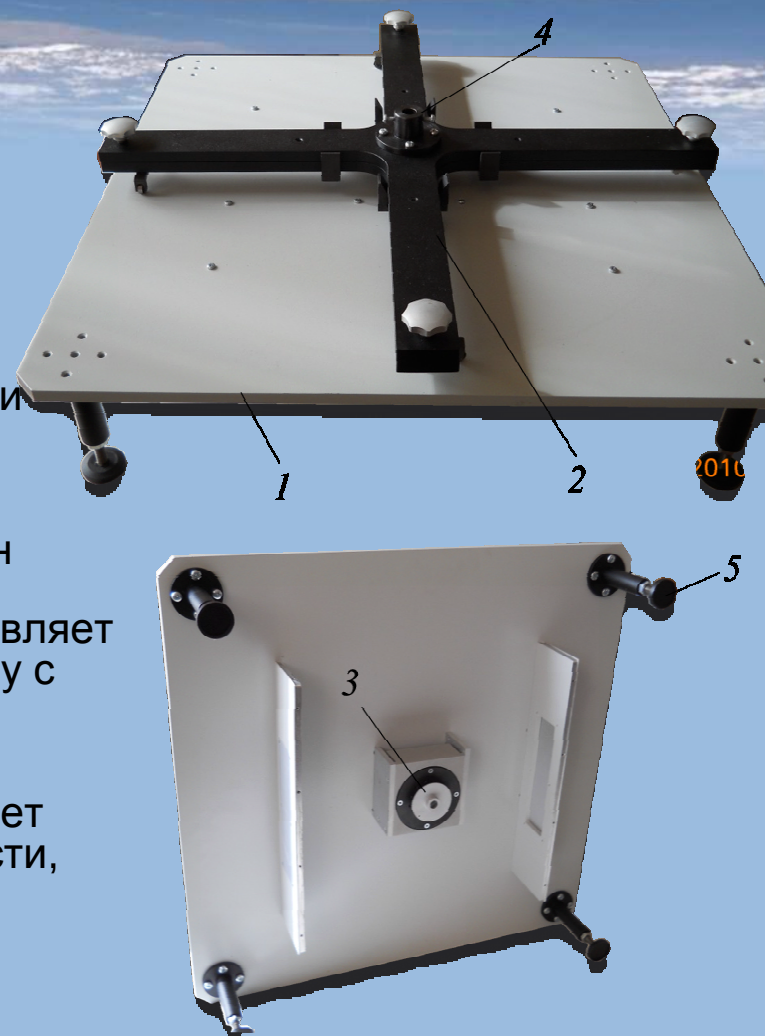
Блок моделирования движения МКС по орбите позволяет
имитировать изменение ориентации оси МКС в плоскости,
перпендикулярной горизонту Земли.

Источники излучения и блок моделирования движения
МКС

по орбите обеспечивают проверку работоспособности
ПО

системы пространственного сканирования (СПС) НА
«ОРФК»

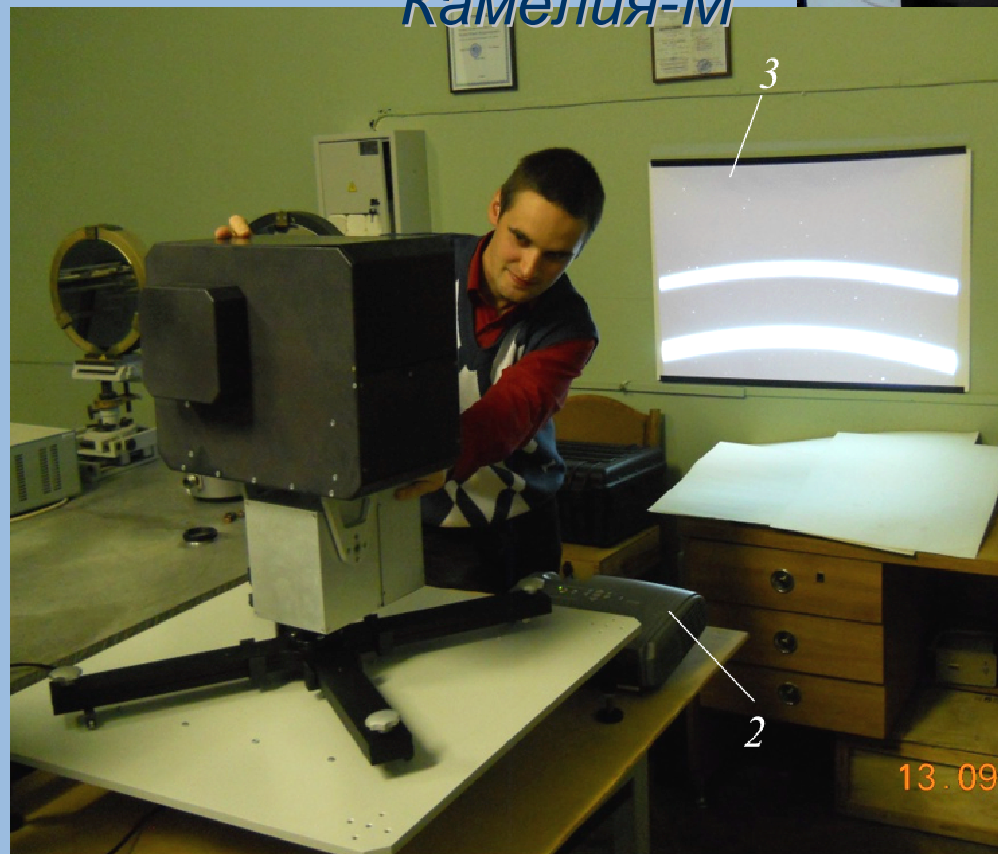
при изменении следующих параметров имитатора КЭ:
– изменение осей наклона (прецессии) МКС ± 10
угловых градусов



- 1 – опорная станина; 2 – крестовина; 3 –
шаговый двигатель с редуктором; 4 –
переходная втулка;
5 – установочная опора (4 шт.)

*Блок, моделирующий
движение МКС по орбите*

*Настройка имитатора
КЭ "Диагностика"
с БОД ОМ НА "ОРФК"
на метрологическом
стенде
"Камелия-М"*



- 1 - ноутбук;
- 2 - проектор;
- 3 - экран отображения
атмосферных эмиссий;
- 4 - блок, моделирующий
движение
МКС по орбите



Модуль радиофизический состоит из:

- радиочастотного анализатора спектра;
- регистратора полного электронного содержания (измеритель ПЭС).

Радиочастотный анализатор

Представляет собой измеритель спектра радиочастот шумов естественного и искусственного происхождения в диапазоне от 100 кГц до 48 МГц.



Измеритель ПЭС предназначен для определения высотного распределения электронной концепции ионосферы Земли.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



КООРДИНАТЫ ДЛЯ СВЯЗИ:

Телефон: + 375 17 278 04 09

Факс: + 375 17 278 57 26

E-mail: remsens@niks.by

www.remsens.by

