



Федеральное космическое агентство
Федеральное государственное унитарное предприятие
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ С
ЗАВОДОМ имени А. Г. ИОСИФЬЯНА
«НПП ВНИИЭМ»

**Разработка геометрической модели съёмки
панхроматической (ПСС) и
многозональной(МСС) камер перспективного
космического комплекса Канопус-В.**



Цели научно-исследовательской работы



Целью выполнения НИР является разработка математического описания динамической геометрической модели съемки оптикоэлектронными съемочными системами и пакета программ, реализующих использование полученной модели при обработке снимков, получаемых перспективными космическими комплексами

- Получение математического описания геометрической модели съемки панхроматической (ПСС) и многозональной(МСС) камер перспективных космических комплексов.
- Разработка методики оценки параметров калибровки камер по конструктивным характеристикам КА (до запуска КА).
- Разработка программного модуля формирования модельных снимков, получаемых панхроматической и многозональной камерами (до запуска КА).
- Разработка методики калибровки камер по данным съемки калибровочного полигона (после запуска КА).
- Разработка программного модуля, формирующего коэффициенты рациональных полиномиальных функций для обработки снимков в стандартных фотограмметрических пакетах в соответствии с принятыми в международной практике требованиями.
- Разработка программного модуля ортотрансформирования снимков КА на основе разработанной геометрической модели камер КА



"Канопус-В" – космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций



Масса КА, кг.....	450
Масса полезной нагрузки, кг.....	110
Среднесуточная мощность, Вт	300
Срок активного существования	5 лет
Точность ориентации, угл. мин	5
Точность стабилизации, град/с	0,001
Время перенацеливания (40), мин.....	2
Характеристики целевой радиолинии:	
Объем памяти, Гбайт	24
Диапазон рабочих частот, МГц	8048 - 8381,5
Количество каналов передачи	2
Скорость передачи данных, Мбит/с:	122,88;61,4

Основные задачи, решаемые КК «Канопус-В»

Мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций

Картографирование

Обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду

Мониторинг сельскохозяйственной деятельности, водных и прибрежных ресурсов

Землепользование

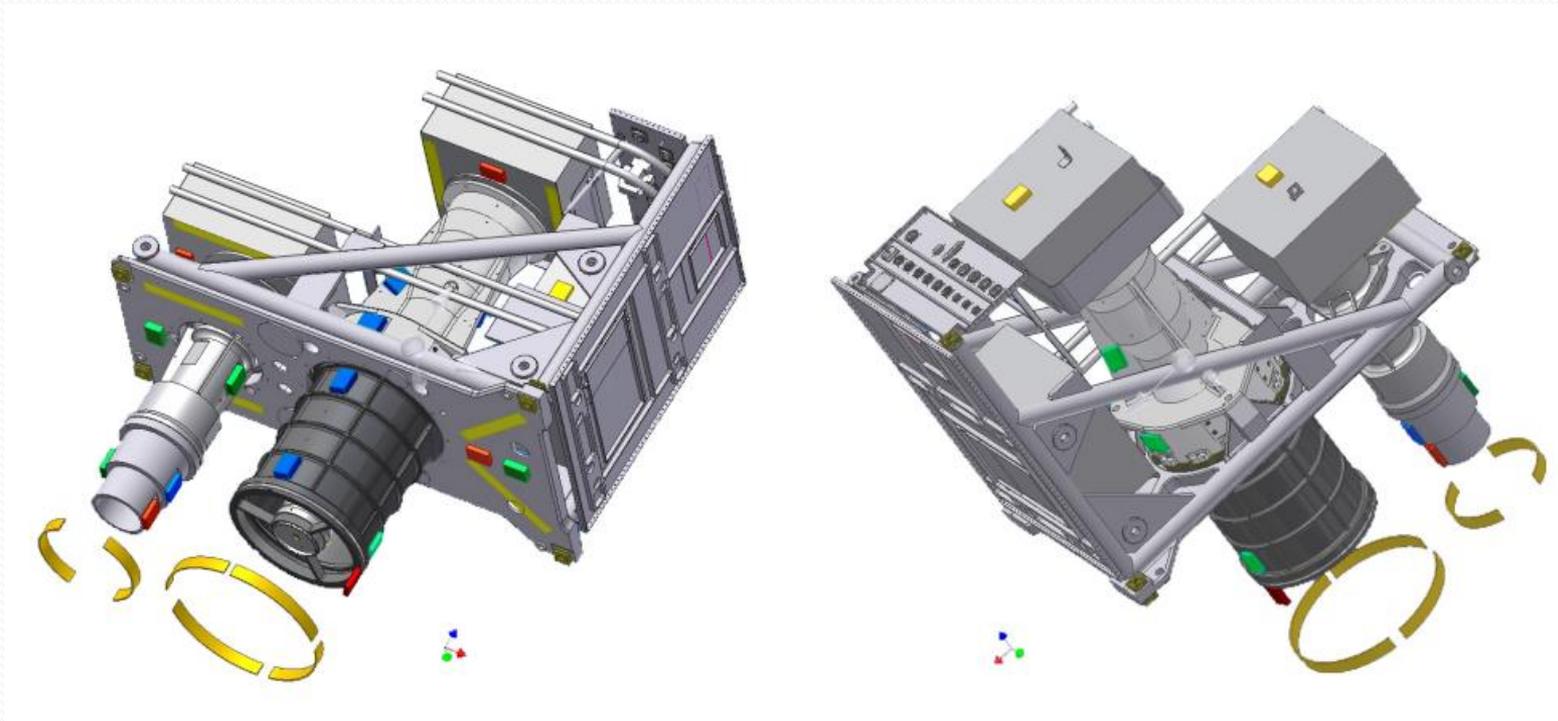
Высокооперативное наблюдение заданных районов земной поверхности

Характеристики целевой аппаратуры «Канопус-В»

Идет запись отобранного изображения. Возможно, запись производится недостаточно быстро для отображения. Проверьте работоспособность, а затем снова отобразите файл. Если вместо изображения вы видите белый экран, попробуйте удалить запись и начать ее заново.

Наименование Характеристики	Панхроматическая съёмочная система	Многозональная съёмочная система
Спектральный диапазон, мкм	0,54-0,86	0,46-0,51; 0,51-0,60; 0,63-0,69; 0,75-0,84.
Количество спектральных каналов	1	4
Разрешение, м	2,1	10,5
Полоса обзора, км	886	886
Полоса захвата, км	20	20

Оптико-электронный модуль целевой аппаратуры (ЦА)





РОСКОСМОС

Система панхроматическая съемочная (ПСС)



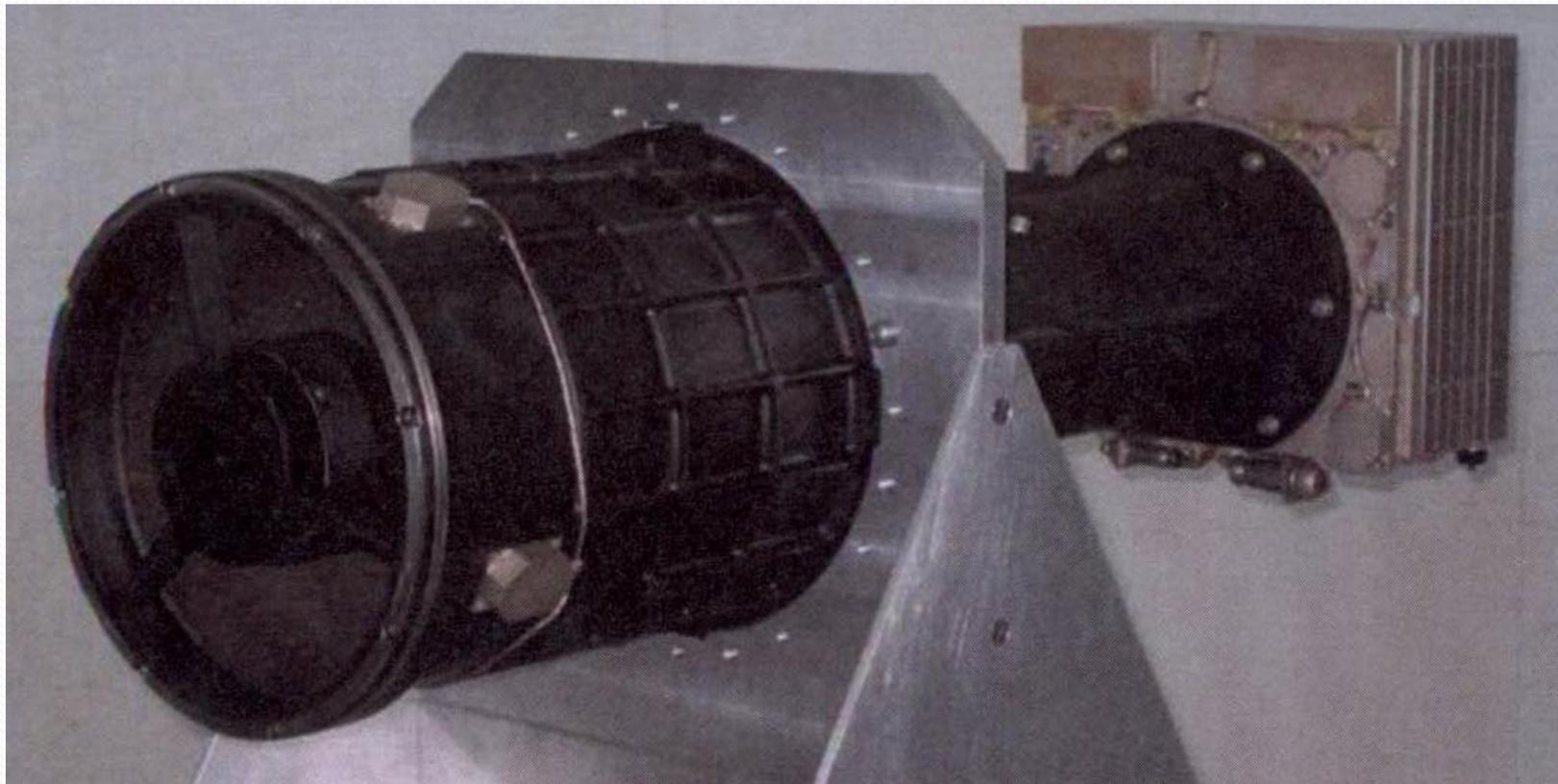
Фокусное расстояние	1797.5 мм.
Эффективное относительное отверстие	1:10,3.
Спектральный диапазон (по уровню 0,5)	0,52 - 0,85 мкм.
Светопропускание	0,7.
Среднеквадратическая погрешность наземной калибровки взаимного углового положения чувствительных элементов фокальной плоскости панхроматической съемочной системы	5 угл. сек.
Среднеквадратические погрешности взаимной привязки точек в пределах кадра размером 20x20км - 10 угл. сек.	10 угл. сек.
При съемке в надир с высоты 510 км:	
полоса захвата	23.3 км;
геометрическое разрешение (проекция элемента пространственной дискретизации фотоприемника на подстилающую поверхность)	2,1 м;
линейное разрешение на местности в зачетных условиях	2,7 м.
площадь, снимаемая одновременно	45,3 км (6 фрагментов кадра).





РОСКОСМОС

Система панхроматическая съемочная (фото)



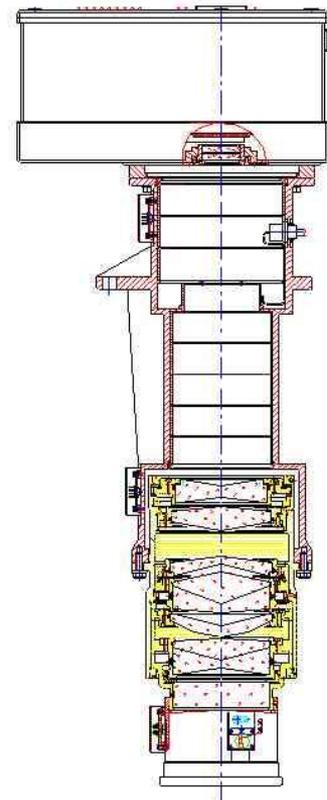


РОСКОСМОС

Система многозональная съемочная (МСС)



Фокусное расстояние	359,5 мм.
Относительное отверстие	1:5,6.
Спектральный диапазон (по уровню 0,5): 0,54 – 0,6; 0,63 – 0,69; 0,69 - 0,72; 0,75 - 0,86.	
Среднеквадратическая погрешность измерения абсолютной энергетической яркости	15%.
Отношение интегральной чувствительности вне рабочего спектрального диапазона к интегральной чувствительности в рабочем спектральном диапазоне (по уровню 0,5)	0,1.
Максимальное светопропускание в спектральной зоне	0,6 – 0,8.
При съемке в надир с высоты 510 км: полоса захвата	20.1 км;
геометрическое разрешение (проекция элемента пространственной дискретизации фотоприемника на подстилающую поверхность)	10,5 м;
линейное разрешение на местности, миры контраста 0,3 в зачетных условиях наблюдения	12 м;
площадь, снимаемая одновременно на один кадр	195 км ² .





РОСКОСМОС

Система многозональная съемочная (фото)

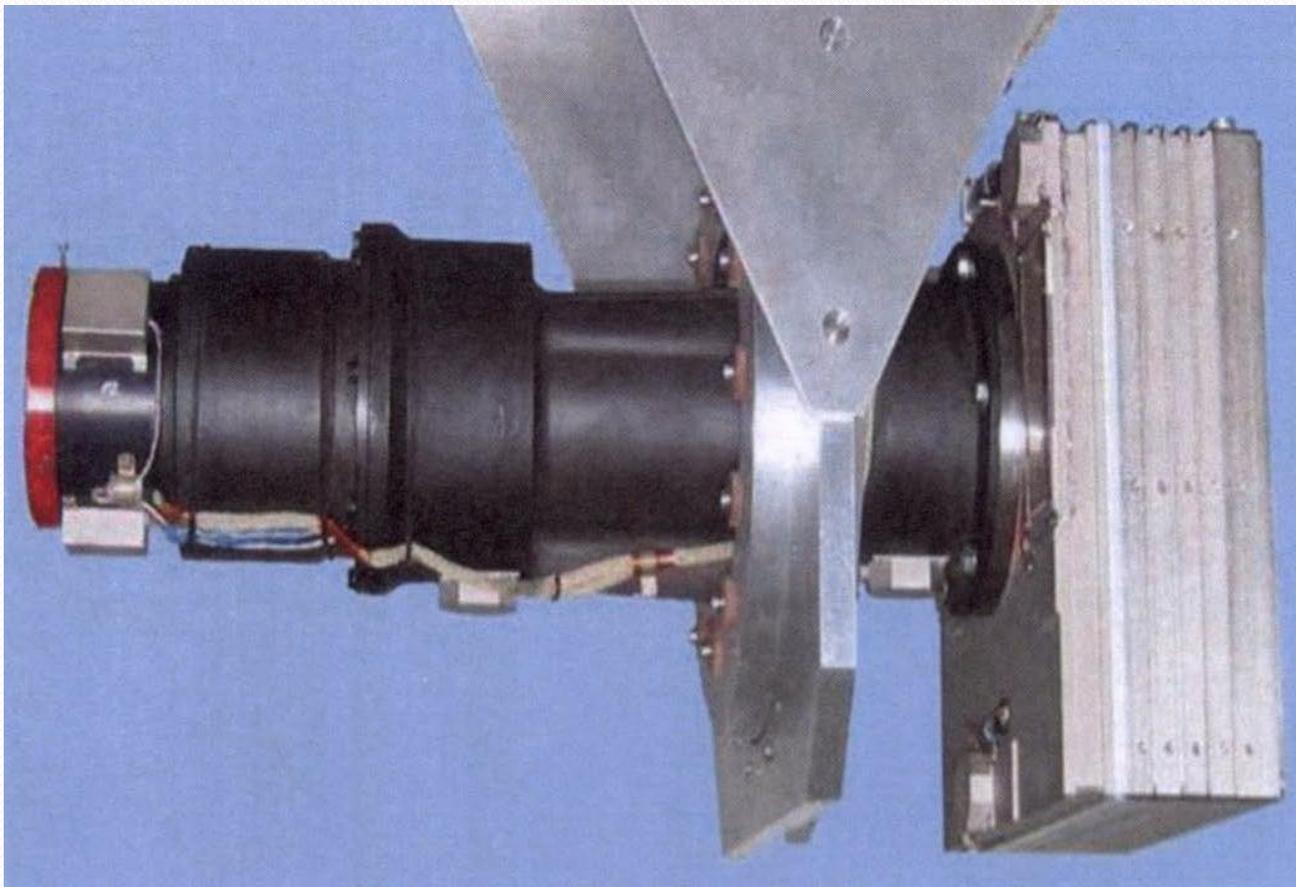
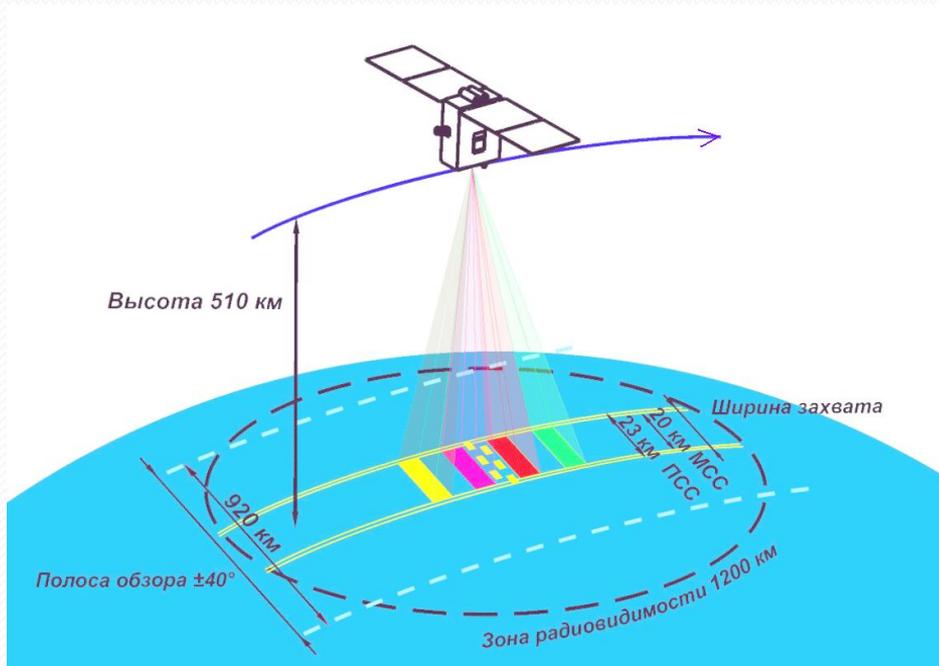
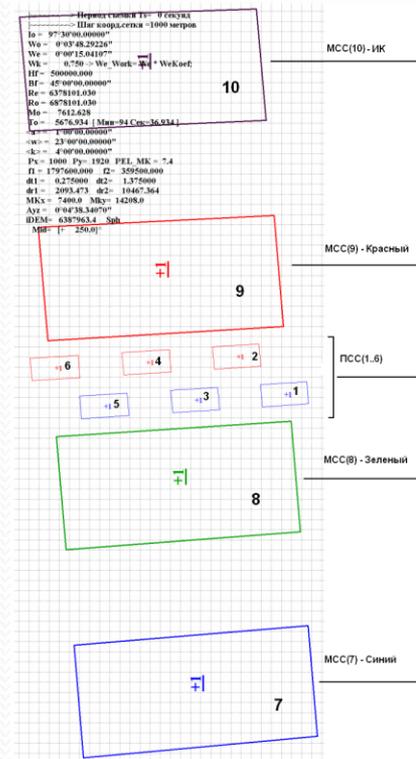


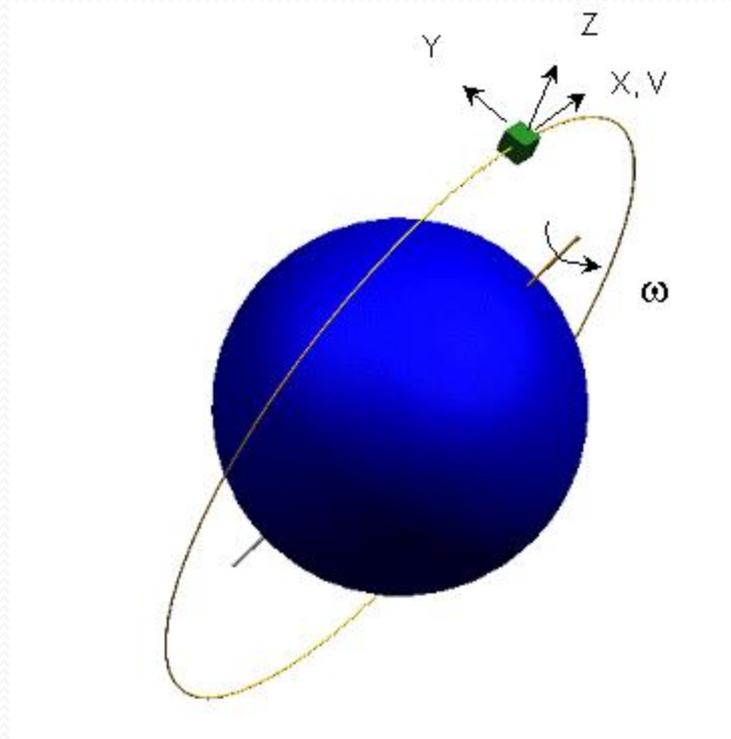
Схема съемки КК «Канопус-В»



Проекция на Землю МК МСС и ПСС



- Начало системы координат совпадает с центром масс космического аппарата;
- Ось «+OXO» расположена в плоскости орбиты, направлена по направлению движения КА, т.е совпадает с направлением вектора скорости;
- Ось «+OY0» направлена от центра масс Земли к центру масс КА;
- Ось «+OZ0» направлена по бинормали к плоскости орбиты и дополняет систему координат до правой



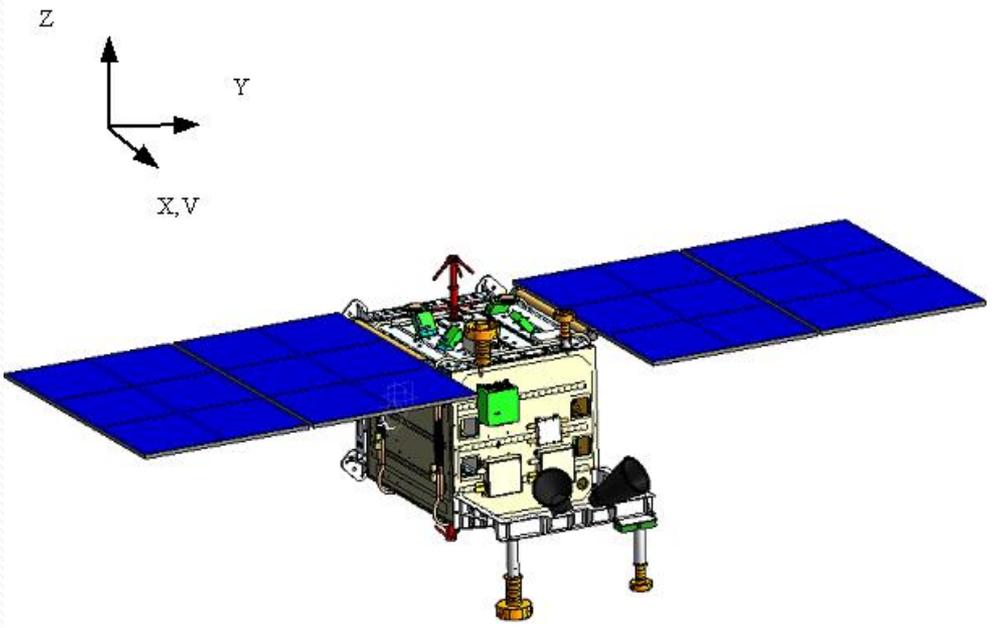


РОСКОСМОС

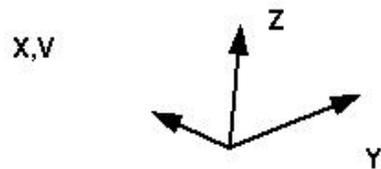
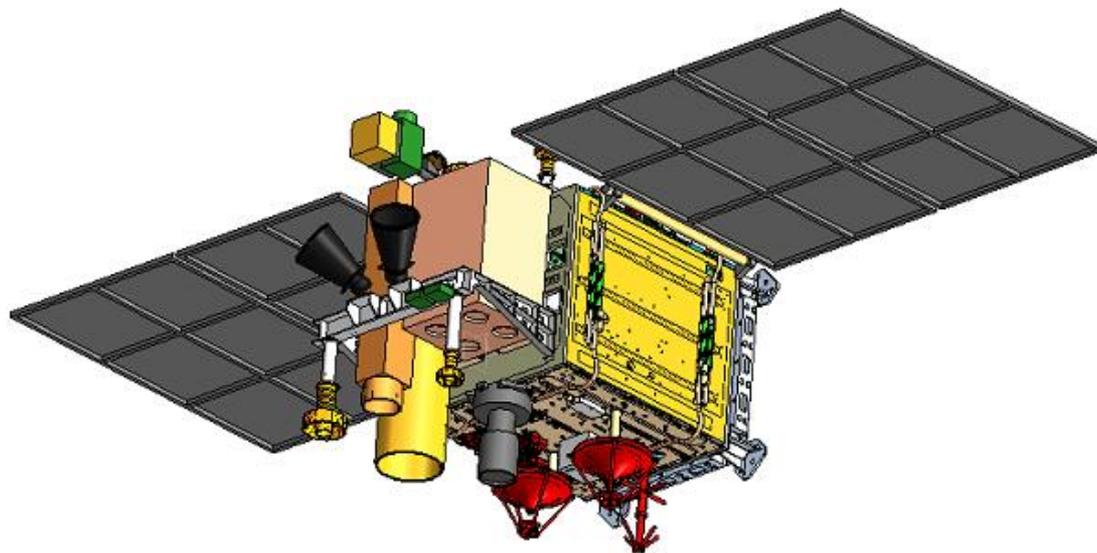
Связанная с КА система координат



- Начало системы координат совпадает с центром масс КА;
- Ось $Ox_{КА}$ направлена по вектору скорости и параллельна оси Ox_0 ;
- Ось $Oz_{КА}$ направлена от центра масс Земли к центру масс КА (ось «минус» направлена в надир) и параллельна оси Oz_0 ;
- Ось $Oy_{КА}$ направлена по бинормали к плоскости орбиты, дополняет систему координат до правой и параллельна оси Oy_0



Общий вид служебной космической платформы «Канопус-В» в условиях орбитального полета



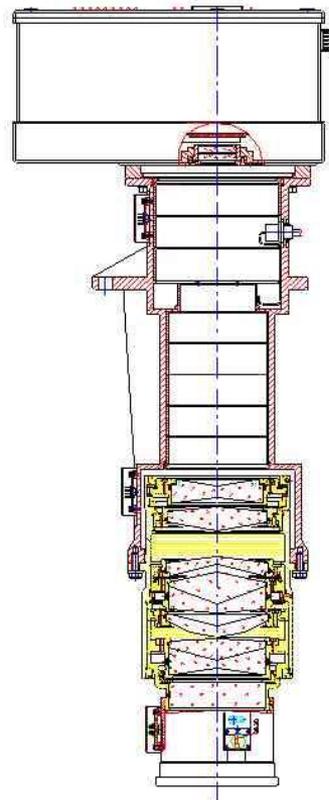


РОСКОСМОС



Система координат целевой аппаратуры

Система координат ЦА (декартова правосторонняя прямоугольная):
Ось минус ZцА (соответствует направлениям оптических осей ПСС и МСС) направлена вдоль оси минус ZКА К центру геоида Земли;
Ось Xцд направлена против направления бега местных предметов и составляет с вектором линейной скорости КА угол (0-И) угл. град, (при путевом довороте КА для компенсации вращения Земли);
Ось УЦА дополняет тройку векторов до правой



Обобщенная геометрическая модель

звездные датчики

$$\vec{X}_{зд} - \vec{X}_{цм} = A * \vec{R}_{зд}$$

антенны систем ГЛОНАСС/GPS

$$\vec{X}_{антi} - \vec{X}_{цм} = A * \vec{R}_{антi} \quad i=(1..4)$$

где A - матрица разворота КА

$$A = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}$$

Фотограмметрическая система координат камер

$$x - x_0 = f \frac{a_1(X - Xs) + b_1(Y - Ys) + c_1(Z - Zs)}{a_3(X - Xs) + b_3(Y - Ys) + c_3(Z - Zs)} = f \frac{X^*}{Z^*}$$

$$y - y_0 = f \frac{a_2(X - Xs) + b_2(Y - Ys) + c_2(Z - Zs)}{a_3(X - Xs) + b_3(Y - Ys) + c_3(Z - Zs)} = f \frac{Y^*}{Z^*}$$

$$a1 := \cos_pi * \cos_he;$$

$$a2 := \sin_ro * \sin_pi * \cos_he - \cos_ro * \sin_he;$$

$$a3 := \cos_ro * \sin_pi * \cos_he + \sin_ro * \sin_he;$$

$$b1 := \cos_pi * \sin_he;$$

$$b2 := \sin_ro * \sin_pi * \sin_he + \cos_ro * \cos_he;$$

$$b3 := \cos_ro * \sin_pi * \sin_he - \sin_ro * \cos_he;$$

$$c1 := -\sin_pi;$$

$$c2 := \cos_pi * \sin_ro;$$

$$c3 := \cos_pi * \cos_ro;$$

Разработка геометрической модели съемки КК «Канопус-В» позволит:

- увеличить точность решения основных задач мониторинга
- увеличить скорость получения достоверных данных о положении и координатах объектов
- расширить функциональные возможности системы возможностью использовать данные в картографических целях
- обеспечить конечных пользователей информацией для самостоятельной обработки снимков
- расширить спектр средств обработки информации рядом стандартных фотограмметрических и картографических программных пакетов



Перспективные направления развития системы «НЕОГЛОБУС»



- Создание оперативной фотограмметрической базы данных для повышения точности ориентирования космических снимков
- Разработка системы ориентирования космических аппаратов на основе фотограмметрических полигонов



Создание фотограмметрической базы данных для повышения точности ориентирования КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ



Создаваемая на основе системы «Неоглобус» фотограмметрическая база данных позволит обрабатывать космические снимки любых КА с точностью до 5-20 метров. Фотограмметрическая база данных формируется на основе существующих космических снимков различных КА, как отечественных («Канопус-В», Ресурс-ДК-1, ТК-350, КВР-1000), так и иностранных (Ikonos, Quick Bird, Landsat, Aster, Alos и т.п.) с использованием принципов неогеографии. Для получения фотограмметрических данных производится их совместная обработка, позволяющая в последующем получать из данной базы данных информацию для фотограмметрической обработки любых космических снимков и в том числе на недоступных территориях. Размещение фотограмметрической БД на борту КА позволит полностью реализовать принцип ситуационной осведомленности.



Разработка системы ориентирования космических аппаратов на основе фотограмметрических полигонов

Создание системы фотограмметрических полигонов, равномерно распределенных по всей территории земного шара, позволит осуществлять калибровку системы навигации КА на каждом витке, что увеличит точность обработки снимков КА. Полигоны создаются путем камеральной обработки существующих космических снимков. Для полигонов, расположенных на территории России возможно измерение полигонов и путем полевых работ. Наличие системы полигонов позволяет повысить точность и ускорить обработку космических снимков, что создает конкурентное преимущество и реальные коммерческие перспективы для распространителей космических снимков.



РОСКОСМОС



Спасибо за внимание