



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»



Пути повышения точности координатной привязки высокодетальных снимков с КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

Докладчик: Юдаков Антон Александрович
начальник отдела, к.т.н.

Иркутск
07.09.2021



Требования задаваемые Заказчиком по точности координатной привязки (ТОКО) к КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

2

| Параметр ТОКО | КА «Ресурс-П» №1-5 | КА «Ресурс-ПМ» №1-2 | КА «Аист-2Т» №1-2 |
|--|--------------------|---------------------|-------------------|
| СКО координатной привязки одиночных снимков в плане без опорных точек | 10-15 | 5 | 6 |
| СКО координатной привязки по стереоскопическим снимкам в плане без опорных точек | Не задавались | 4 | 8 |
| СКО координатной привязки по стереоскопическим снимкам по высоте без опорных точек | Не задавались | 7 | 16 |

Основные факторы влияющие на ТОКО

3





Мероприятия по повышению точности координатной привязки реализуемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

1. В части улучшения показателей ЛЭВО:

- установка более точного прибора определения ПДЦМ КА;

| Наименование КА | Наименование прибора | Значение ПДЦМ |
|--------------------|-------------------------|------------------|
| Ресурс-ДК | БСКВУ | 10,0 |
| Ресурс-П | БСКВУ | 3,3 |

- проведение наземной калибровки межлитерных задержек радиочастотного тракта приемовычислительного модуля (МПВ) при изготовлении БСКВУ для сигналов каждого частотного диапазона для глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS;
- проведения наземной калибровки положения фазовых центров антенных устройств БСКВУ;
- проведение полетной калибровки БСКВУ с целью компенсации межлитерных задержек к измеренным значениям псевдодальности для каждого МПВ, рассчитанных с использованием первичных измерений БСКВУ и данных Системы высокоточного определения эфемеридо-временной информации (СВО ЭВИ);
- применение при обработке снимков на этапе штатной эксплуатации информации от СВО ЭВИ.

Данные мероприятия позволяют определять ПДЦМ КА с точностью до 0,5 метра.

Мероприятия по повышению точности координатной привязки реализуемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

5

2. В части улучшения показателей ЭвНО:

- проведение полётной геометрической калибровки основанной на строгой модели съемочной системы ОЗА с применением высокоточных геодезических полигонов

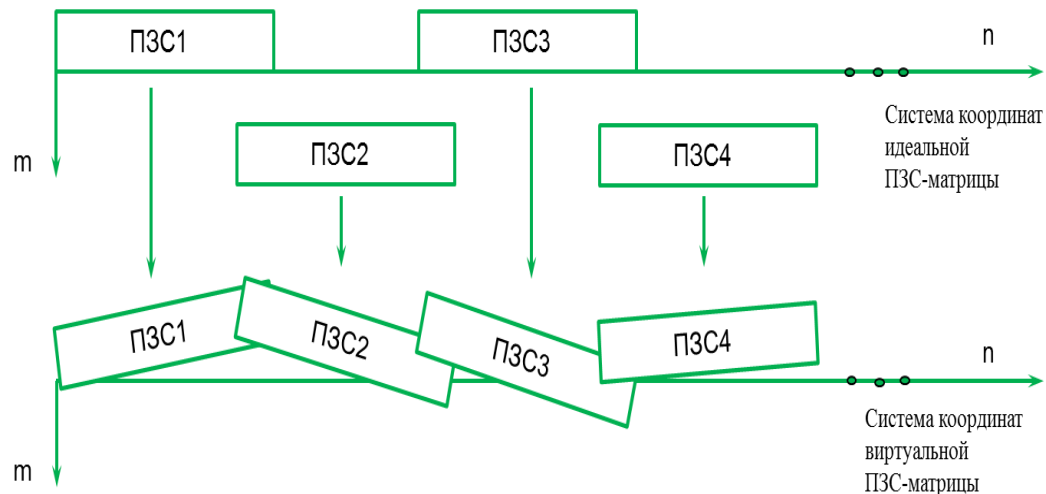


Схема уточнение положения ПЗС-матриц

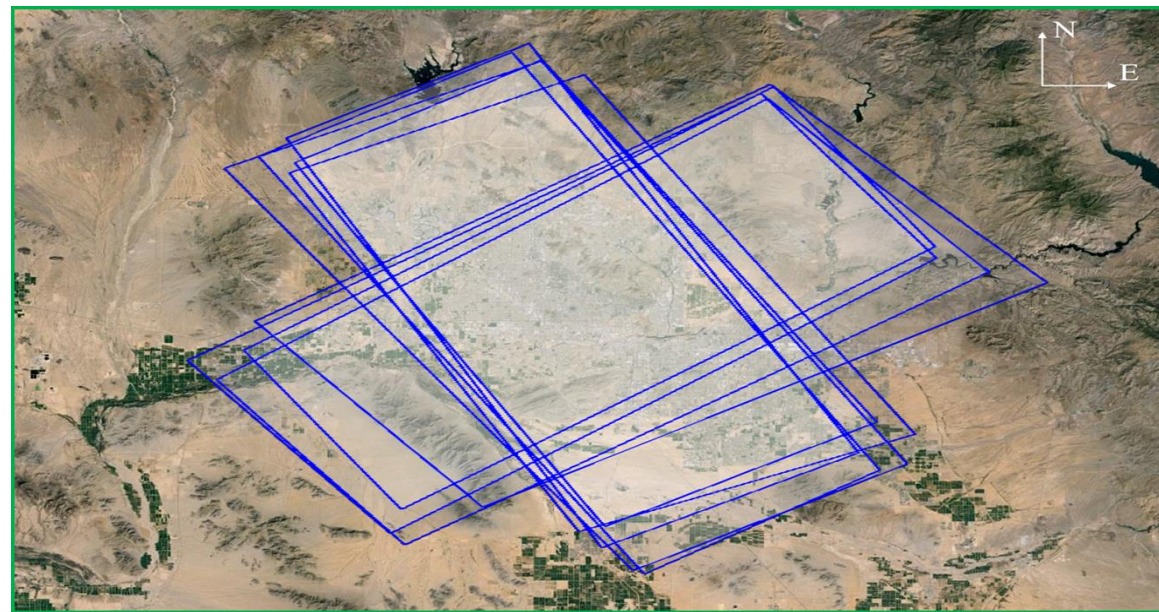


Схема проведения геометрической калибровки

Данные мероприятия позволяют уточнять положение ПЗС-матриц в фокальной плоскости с учетом дисторсии и фокусного расстояния объектива с точностью до 1 пикселя.

Мероприятия по повышению точности координатной привязки реализуемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

6

3. В части улучшения показателей УЭВО:

- установка более точных звездных датчиков с учетом термдеформаций прибора;

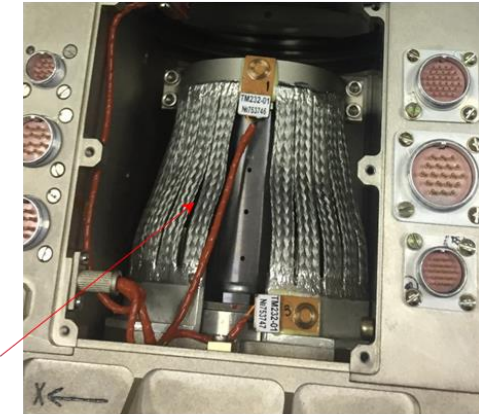
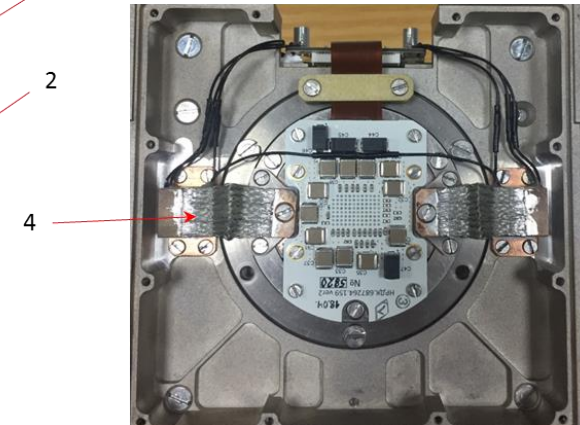
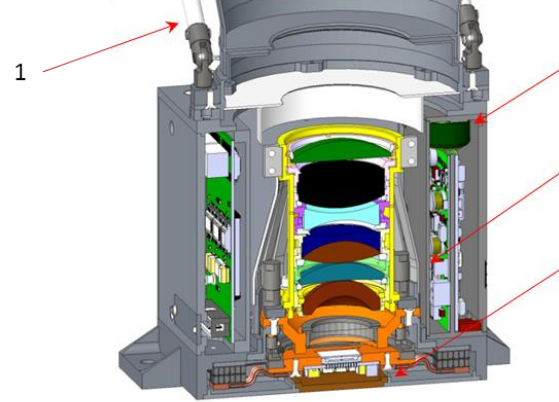
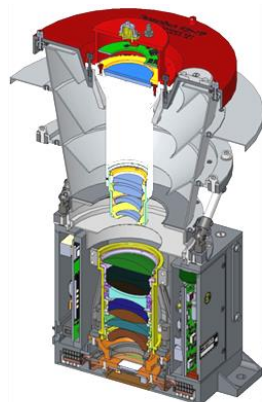


Расчеты и мероприятия проводимые по звездным датчикам

1. Тепловые расчеты
2. Расчеты термдеформации конструкции
3. Расчет влияния термдеформаций на оптические характеристики
4. Верификация результатов расчетов

Изменения конструкции прибора по результатам расчетов

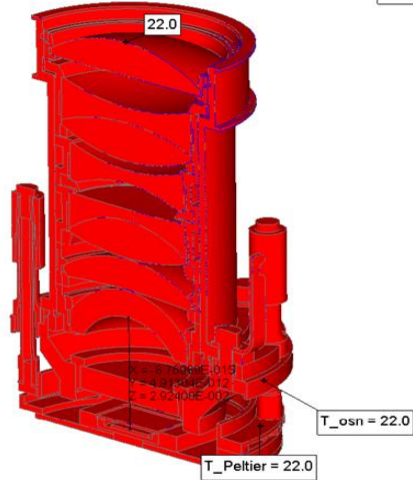
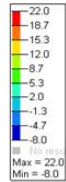
1. Введение узла теплоизолятора бленды
2. Введение теплоизоляционных платформ узла КМОП
3. Введение шунтов для минимизации градиента объектива
4. Введение двухкаскадного холодильника Пельтье



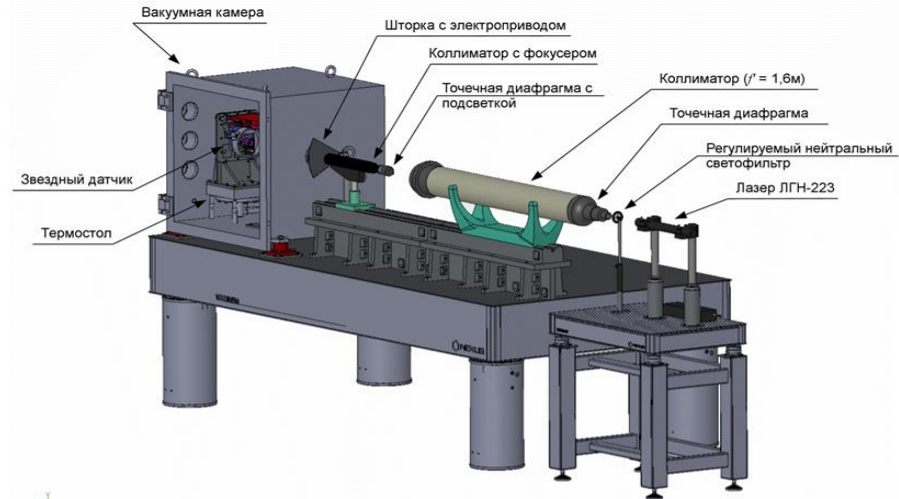
Мероприятия по повышению точности координатной привязки реализуемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

7

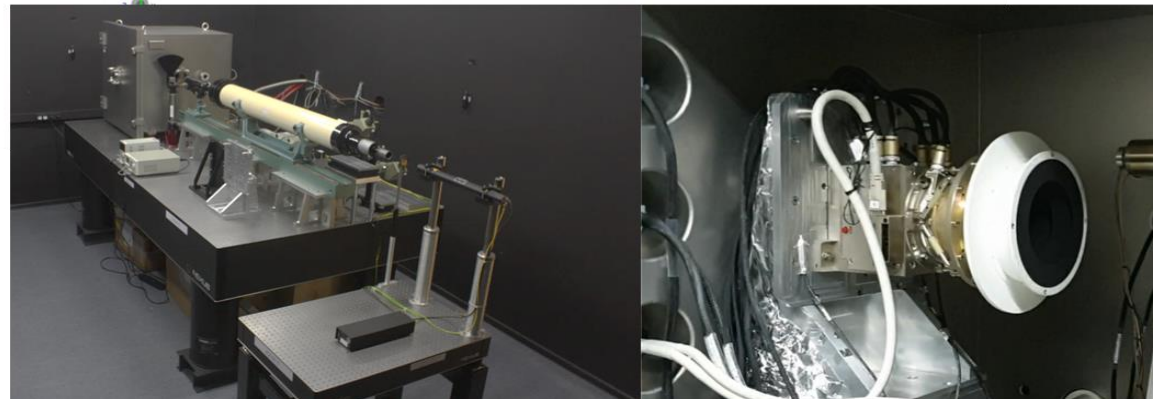
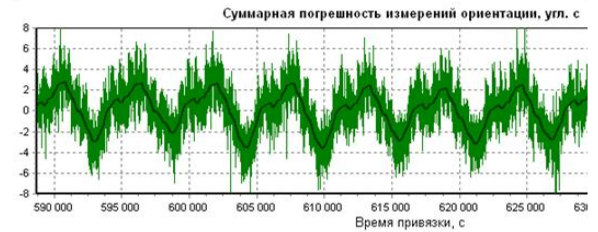
Результат расчета: смещение матрицы на 16мкм из-за циклов включения/отключения Пельте, что приводит к расфокусировки



→ Стенд контроля фокусировки и термостабильности конструкции



→ Фиксация изменения фокусировки и подтверждение расчетов:



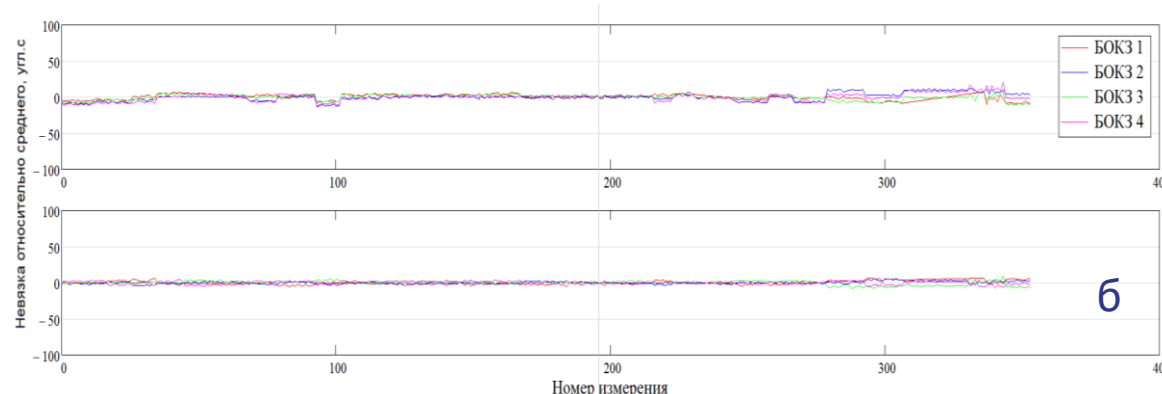
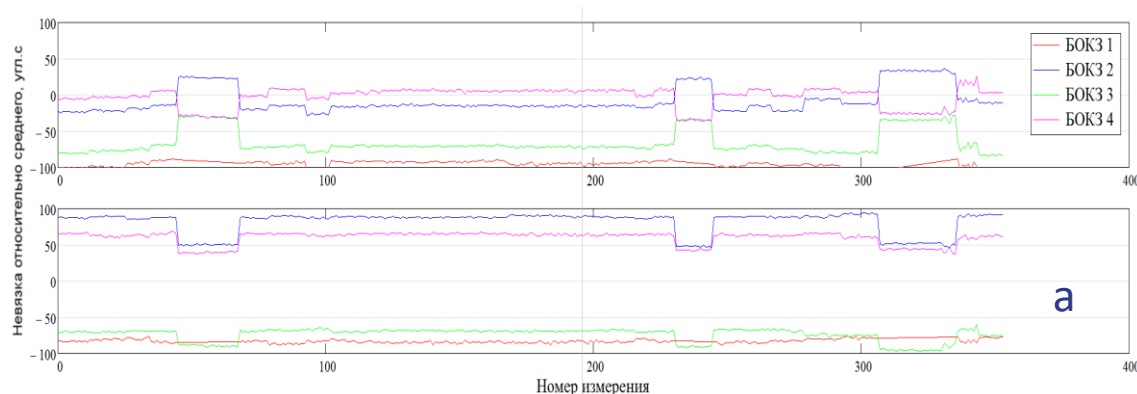
Проведение верификации полученных результатов при расчетах БОКЗ

Мероприятия по повышению точности координатной привязки реализуемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

8

3. В части улучшения показателей УЭВО (продолжение):

- полетная калибровка приборов БОКЗ;
- взаимная юстировка БОКЗ и апостериорная обработка системы приборов БОКЗ;
- апостериорная обработка информации с приборов БОКЗ со всей видимой части витка.



Графики невязок измерений БОКЗ по двум высокоточным осям: а) до уточнения, б) после уточнения конструктивных углов

Данные мероприятия позволяют уточнять точность определения углового положения КА на уровне 1 угл. сек.

Применение вышеуказанных мероприятий позволило достичь значения СКО ошибок измерения координат объектов в плане на снимках, получаемых с КА «Ресурс-П» №2 и 3 до 10 м.

Пути повышения точности координатной привязки внедряемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

По результатам проведения комплекса мероприятий указанных выше точность геопривязки теперь напрямую зависит от стабильности ОЭА и стабильности конструкции обеспечивающего модуля (ОМ).

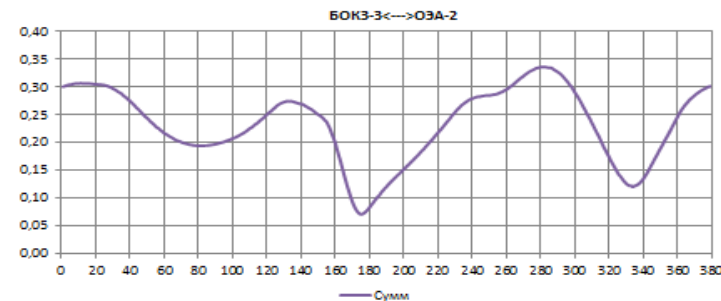
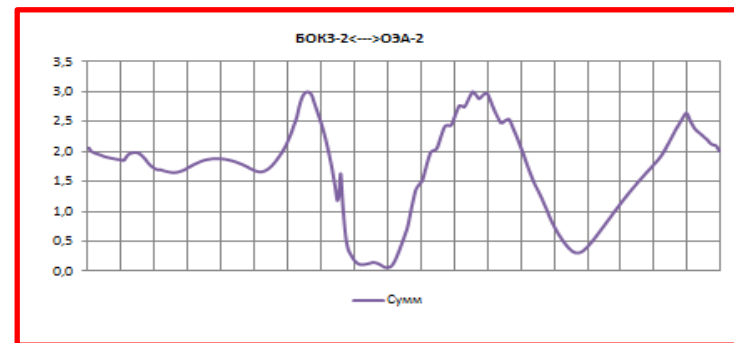
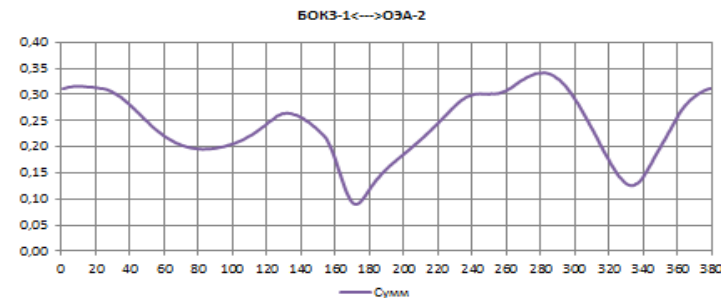
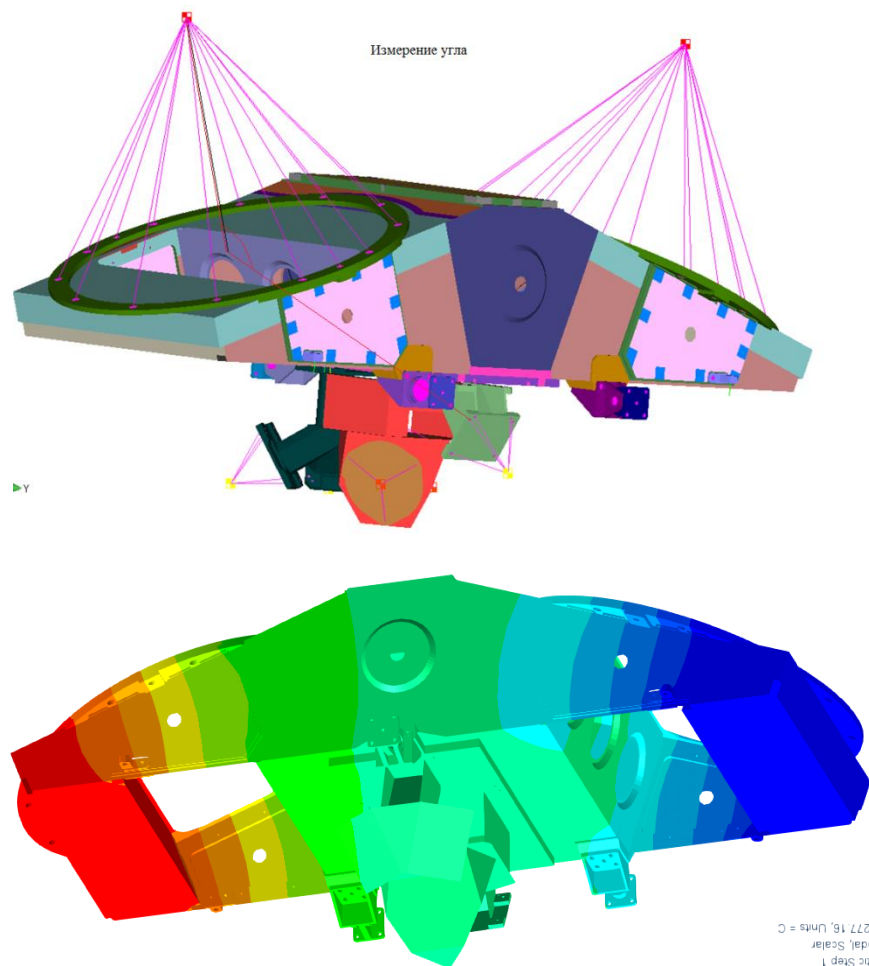
Вопрос стабильности конструкции требует отдельного детального исследования в связи с тем, что разработчик элементов конструкции КА не имеет возможности подтвердить требуемую стабильность конструкции на уровне единиц секунд (в общемировой практике не существует систем, которые позволяют проводить измерения сложных и крупногабаритных конструкций с такой точностью).

Для уменьшения влияния указанных погрешностей необходимо комплексное решение задач, включающих в себя:

- повышение компактности расположения аппаратуры;
- оптимизацию несущей конструкции и снижение неоднородности температурных полей, вызывающих ее перекосы;
- использование материалов с наиболее благоприятным сочетанием физико-механических свойств: минимальным коэффициентом температурного линейного расширения, низким удельным весом, стабильностью и конструкционной прочностью.

Пути повышения точности координатной привязки внедряемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

10



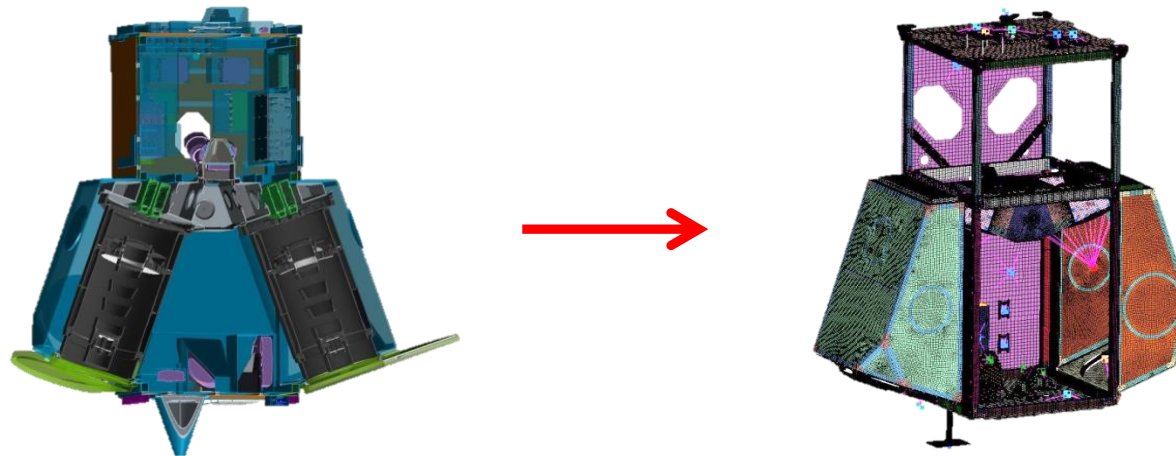
Изменение пространственного угла между нормалью посадочных
мест под звездные датчики и ОЗА МКА «АИСТ-2Т» под влиянием температур

Пути повышения точности координатной привязки внедряемые на КА ДЗЗ, разработки АО «РКЦ «Прогресс»

11

Для определения влияния на точность привязки стабильности конструкции требуется разработка на основе твердотельной модели МКА конечно-элементной модели (КЭМ) всей конструкции МКА. Разработанная КЭМ позволит рассчитывать параметры внутреннего ориентирования ОЭА и параметры внешнего ориентирования, включая расчет конструктивных углов в соответствии с текущими тепловыми воздействиями:

- ✓ Расчеты тепловые, включая распределение поля температур по конструкции ОЭА ;
- ✓ Расчет термдеформации конструкции МКА и ОЭА ;
- ✓ Расчет вибродеформаций ;
- ✓ Расчеты при нештатных ситуациях в ходе ЛИ;
- ✓ По результатам расчетов анализировать результаты и делать выводы о влиянии на выполнение требований (ЛРМ, ТОКО, точность наведения...)



Твердотельная модель и КЭМ МКА «АИСТ-2Т



Акционерное общество
«Ракетно-космический центр «Прогресс»

Спасибо за внимание!

Иркутск, 05.09.2021г.