



ИКИ



КОСМОС
наука и
техника

***А.С.Василейский, М.М.Железнов, М.И.Куделин,
В.В.Наумов, А.Л.Чуркин***

**Координатно-временное обеспечение
космического аппарата
«Метеор-М» №1**

***Институт космических исследований РАН,
ФГУП НПП “Всероссийский научно-исследовательский
институт электромеханики”
АНО “Космос - Наука и Техника”***

*4-я открытая всероссийская конференция «Современные проблемы ДЗЗ из космоса»,
13-17.11.2006, ИКИ РАН*



КА серии «Метеор-М» № 1

солнечно-
синхронная
орбита
H=832 км

модуль температурного и
влажностного зондирования
атмосферы

бортовой радиолокационный
комплекс

многозональное
сканирующее
устройство
метеорологического
назначения

комплекс
многозональной съемки

радиолинии
M, ДМ и СМ
диапазонов

система сбора
и передачи данных

гелиогеофизический
аппаратурный комплекс

Василейский А.С., Железнов М.М., Куделин М.И., Наумов В.В., Чуркин А.Л.
Координатно-временное обеспечение космического аппарата «Метеор-М» №1

КА серии «Метеор-М» № 1

КМСС для «Метеор-М»

Комплекс многозональной спутниковой съемки для получения изображений земной и водной поверхности в шести зонах обзора. Многозональный комплекс ПЗО



Приглашаем посетить доклад
Жуков Б.С., Василейский А.С., Железнов М.М., Жуков С.Б., Бекренев О.В., Пермитина Л.И.
 Задачи обработки многозональных видеоданных КМСС на КА «Метеор-М»



СУ-100
 100 мм

Проекция пиксела	116 м	58 м
Полоса обзора	931 км	2 x 497 км ~ 900 км

ККВО для КА «Метеор-М» №1

Назначение ККВО

- навигационное обеспечение системы управления КА;
- обеспечение оперативной координатной привязки видеоданных ДЗЗ.

Функции ККВО

- ✓ определение инерциальной и орбитальной ориентации КА;
- ✓ определение параметров орбитального движения КА;
- ✓ формирование секундной метки, временная привязка навигационных измерений, синхронизация служебных систем и целевой аппаратуры.

Состав ККВО

- прибор астроориентации (БОКЗ-М);
- аппаратура спутниковой навигации (АСН-М-М);
- датчики угловых скоростей (ДУС).

Координатная привязка данных ДЗЗ

Привязка данных КМСС

Задачи привязки

- определение географических координат изобразившихся объектов;
- нанесение координатной сетки на изображения;
- трансформирование изображений в заданную проекцию.

Особенности съемочного устройства

- сканирующая съемочная система;
- несколько линейных ПЗС-детекторов.

Основные требования:

- оперативность;
- автоматизация;
- высокая точность.

Необходимы

- элементы внешнего ориентирования для каждой строки;
- элементы внутреннего ориентирования МСУ;
- модель рельефа.

Прибор астроориентации

БОКЗ-М

Предназначен для высокоточного определения по изображениям произвольных участков небесной сферы инерциальной трехосной ориентации КА

- съемка участка звездного неба
- локализация ярких объектов
- определение энергетических центров объектов
- идентификация звезд по бортовому каталогу
- вычисление параметров ориентации




кватернион ориентации

Qa_1, Qa_2, Qa_3, Qa_4

- цифровая камера на ПЗС-матрице;
- сигнальный процессор;
- вторичный источник питания.

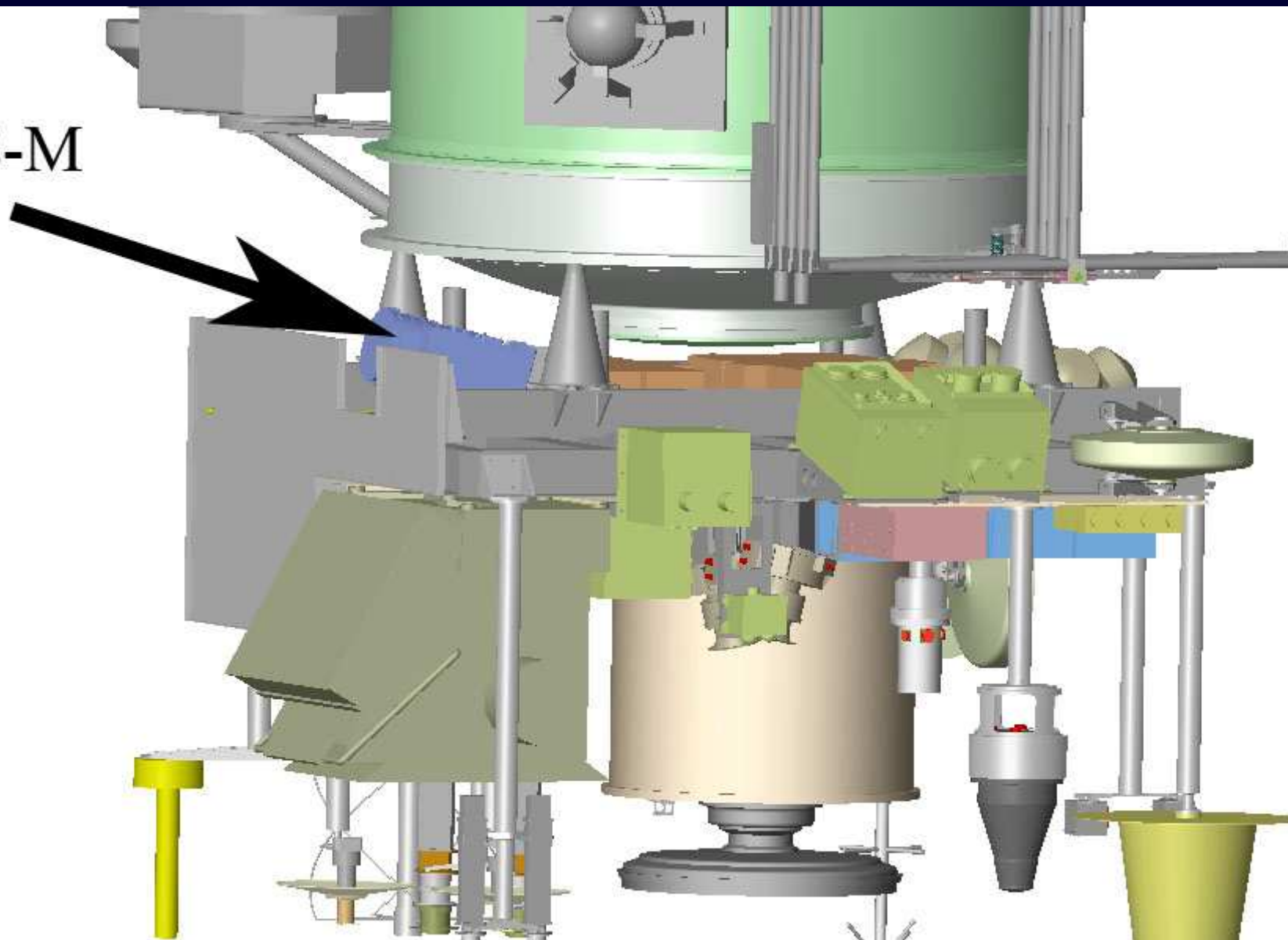
Прибор астроориентации

Основные характеристики БОКЗ-М

✓ точность определения ориентации $\sigma_{x,y} / \sigma_z$	2" / 20"	
✓ задержка первого определения ориентации	30 с	
✓ интервал между определениями ориентации	3 с	
✓ допустимая скорость углового движения КА	10'/с	
✓ масса	4 кг	
✓ энергопотребление	11 Вт	
✓ число звезд в бортовом каталоге	8500	
✓ интерфейс	MIL-1553B	
✓ гарантированное время активного существования	15 лет	
✓ число циклов включения / выключения	10 000	
✓ подтвержденная вероятность определения ориентации	0,995	

Прибор астроориентации

БОКЗ-М



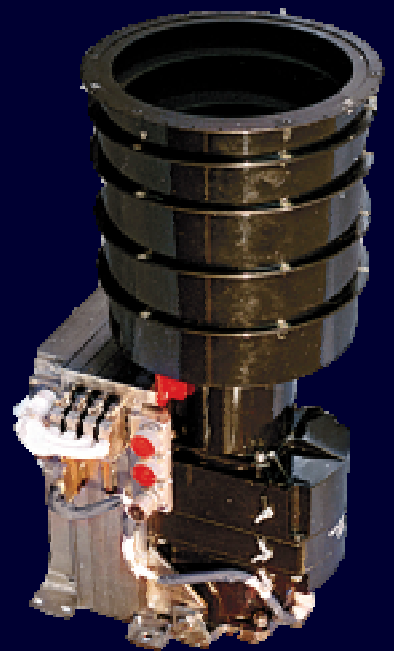
Прибор астроориентации

Современный статус

- 16 приборов БОКЗ различных модификаций установлены на 8 запущенных российских КА
- В 2006 г. 11 приборов БОКЗ работают на орбите:



БОКЗ-М



БОКЗ

- ✓ 2 БОКЗ - на КА «Ямал-100» с 1999 г.
- ✓ 3 БОКЗ - на МКС с 2000 г.
- ✓ 4 БОКЗ - на КА «Ямал-200» с 2003 г.
- ✓ 2 БОКЗ-М на КА «Ресурс-ДК» с 2006 г.
- 6 приборов установлены на 3-х российских КА, запуск которых планируется в ближайшее время
- До 2008 года по действующим контрактам планируется поставить около 30 приборов БОКЗ разных модификаций

Аппаратура спутниковой навигации

АСН-М-М

Предназначен для определения по сигналам спутниковых навигационных систем GPS или ГЛОНАСС в реальном масштабе времени векторов положения и скорости КА с временной привязкой и формирования секундных меток



- ✓ измерения координат КА - X, Y, Z
- ✓ измерения скорости КА - X', Y', Z'
- ✓ время навигационного измерения - $t_{АСН}$
- ✓ рассогласование меток «1с» и системного времени - $t_{1с}$
- ✓ признаки достоверности измерений
- ✓ ориентация орбитальной СК

АСН-М-М

- антенное устройство
- устройство усилительное
- блок навигационных модулей

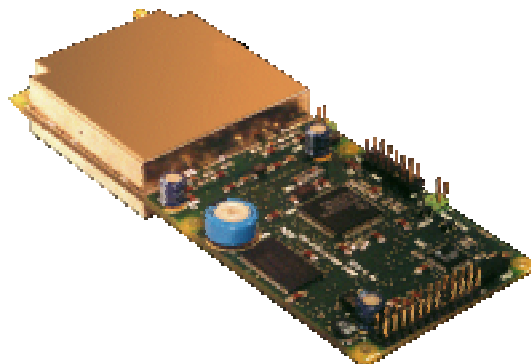
Аппаратура спутниковой навигации

Состав АСН-М-М

Блок навигационных модулей
модуль приемо-вычислительный
модуль процессорный



Устройство
антенное



Устройство
усилительное



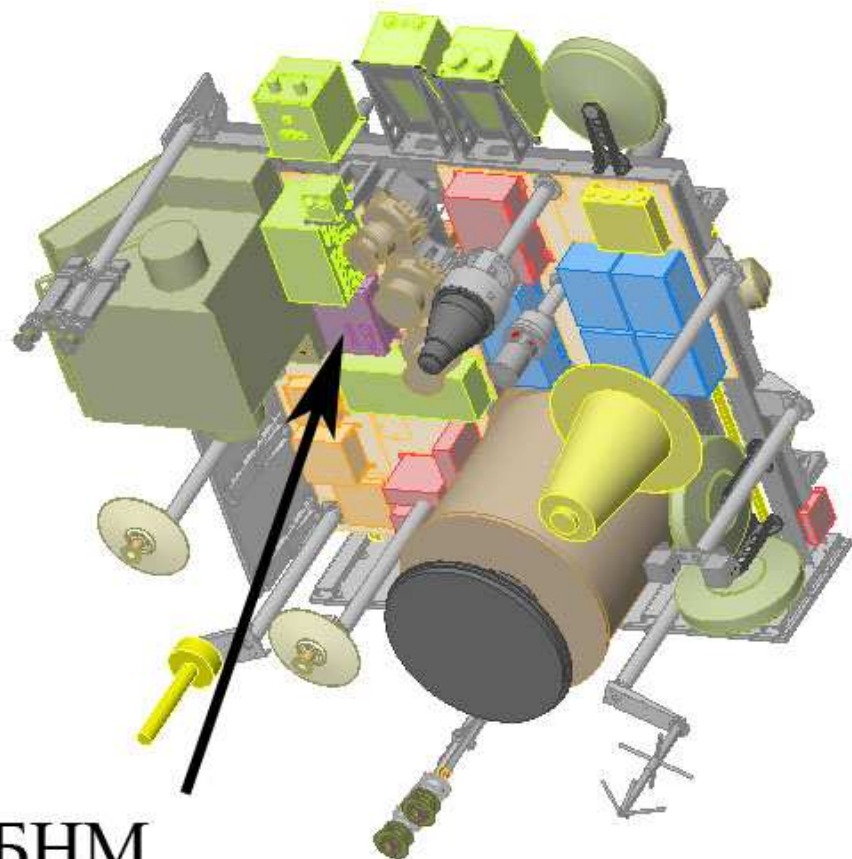
Аппаратура спутниковой навигации

Основные характеристики АСН-М-М

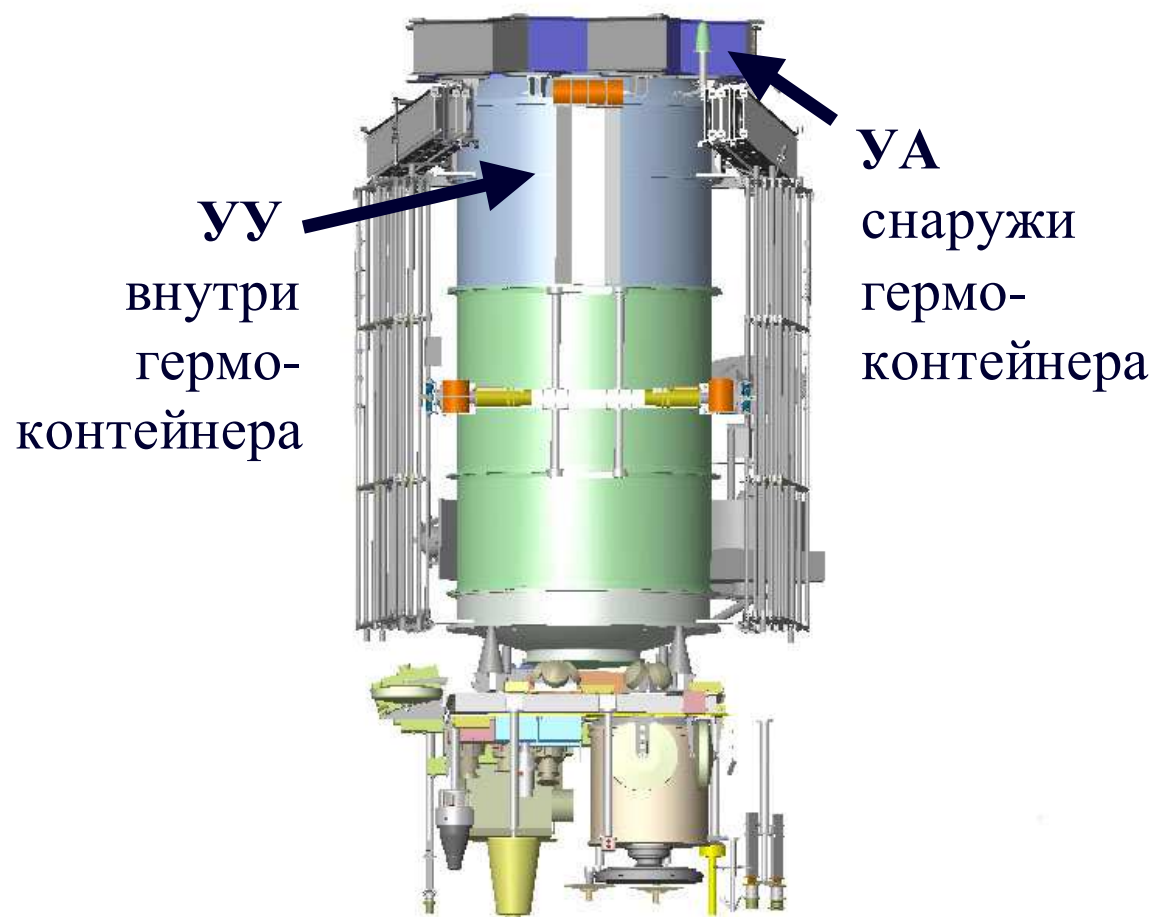
✓ частота навигационных измерений	1 Гц
✓ точность определения положения КА (σ)	25 м
✓ точность определения скорости КА (σ)	0,05 м/с
✓ погрешность временной привязки измерений	0,33 мкс
✓ погрешность привязки меток «1с» (σ)	10 мкс
✓ точность оценки положения КА (σ)	15 м
✓ точность оценки скорости КА (σ)	0,03 м/с
✓ стабильность внутреннего генератора	10 нс/с
✓ масса (по блокам)	3,8 + 0,33 + 0,28 кг
✓ энергопотребление (по блокам)	9 + 7 Вт
✓ вероятность срыва слежения в полете	0,4%
✓ интерфейс	MIL-1553B

Аппаратура спутниковой навигации

Размещение аппаратуры АСН-М-М

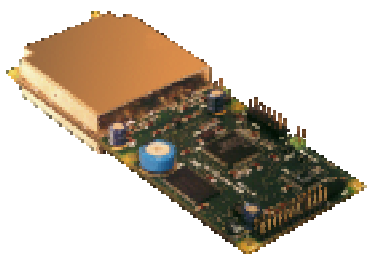


БНМ
на приборной платформе



Аппаратура спутниковой навигации

Опыт эксплуатации



Навигационная аппаратура производства РКК «Энергия», аналогичная входящей в состав АСН-М-М, была установлена на КА «БелКА».



Аппаратура производства РИРВ, аналогичная входящей в состав АСН-М-М, успешно функционирует на борту «Ресурс-ДК» и ряда других КА.

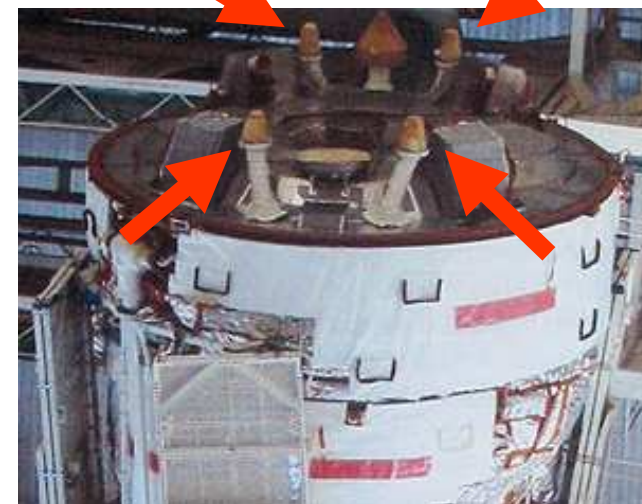
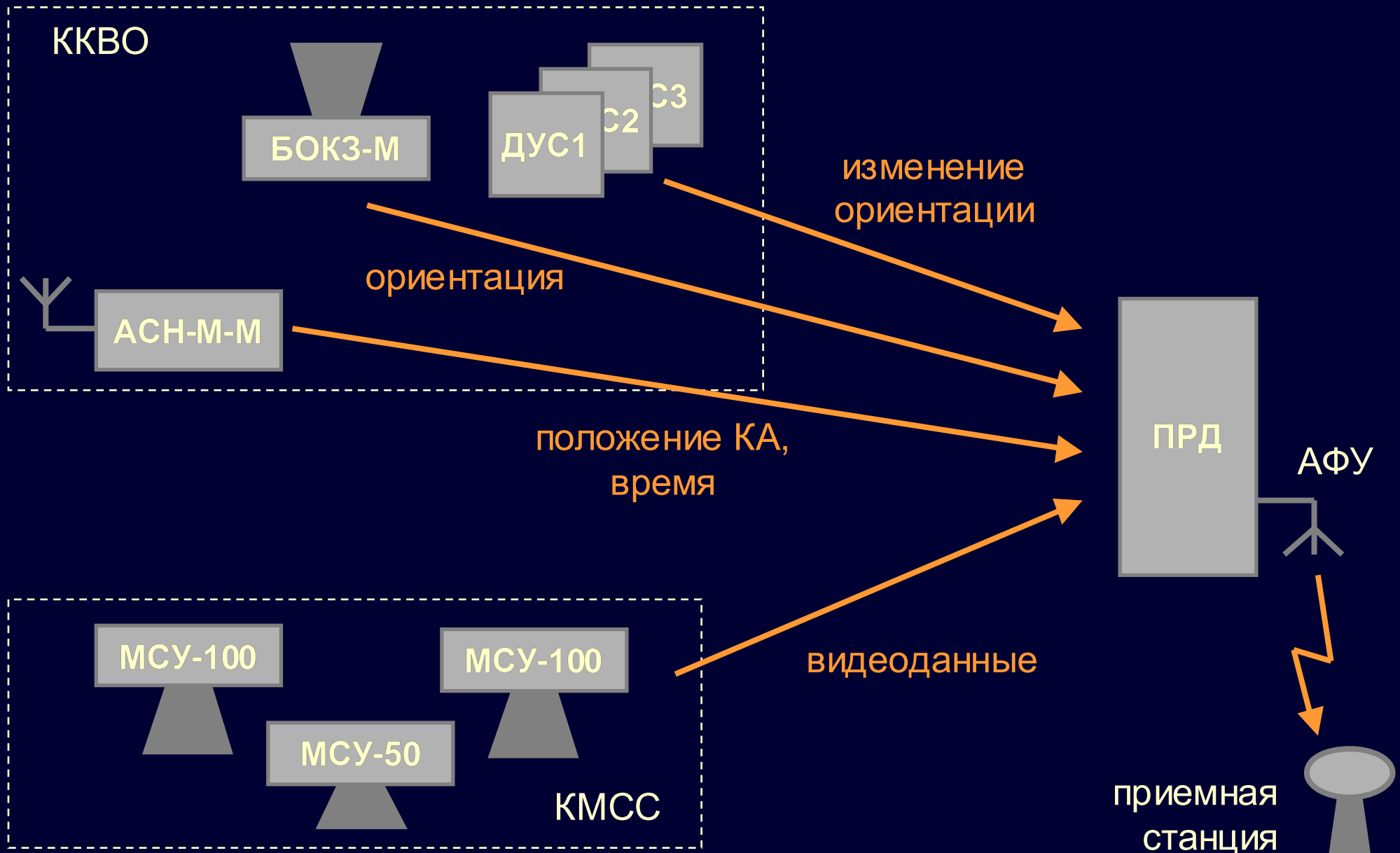
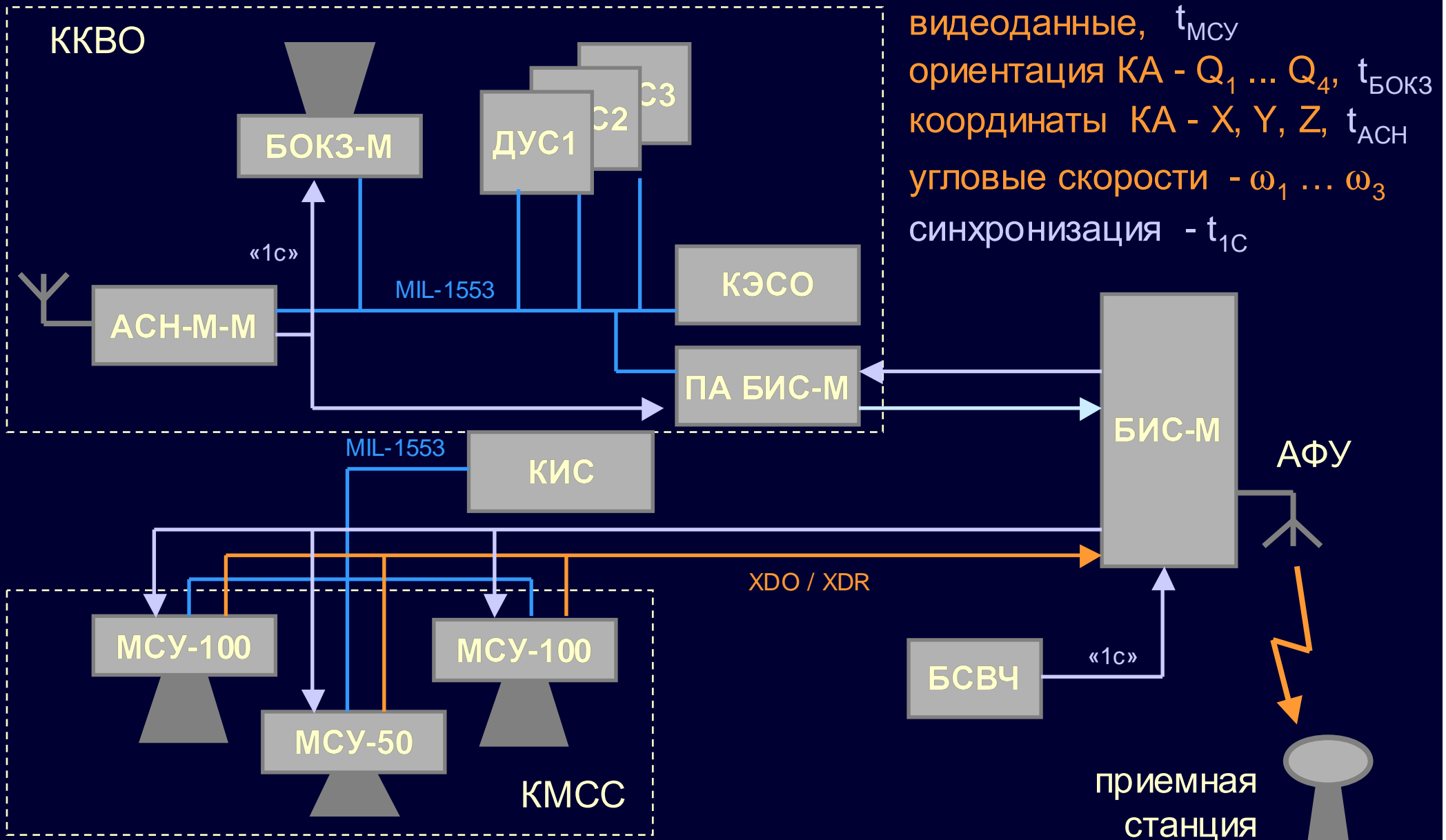


Фото «ЦСКБ-Прогресс»
Новости космонавтики 8'06

ККВО для КА «Метеор-М» №1

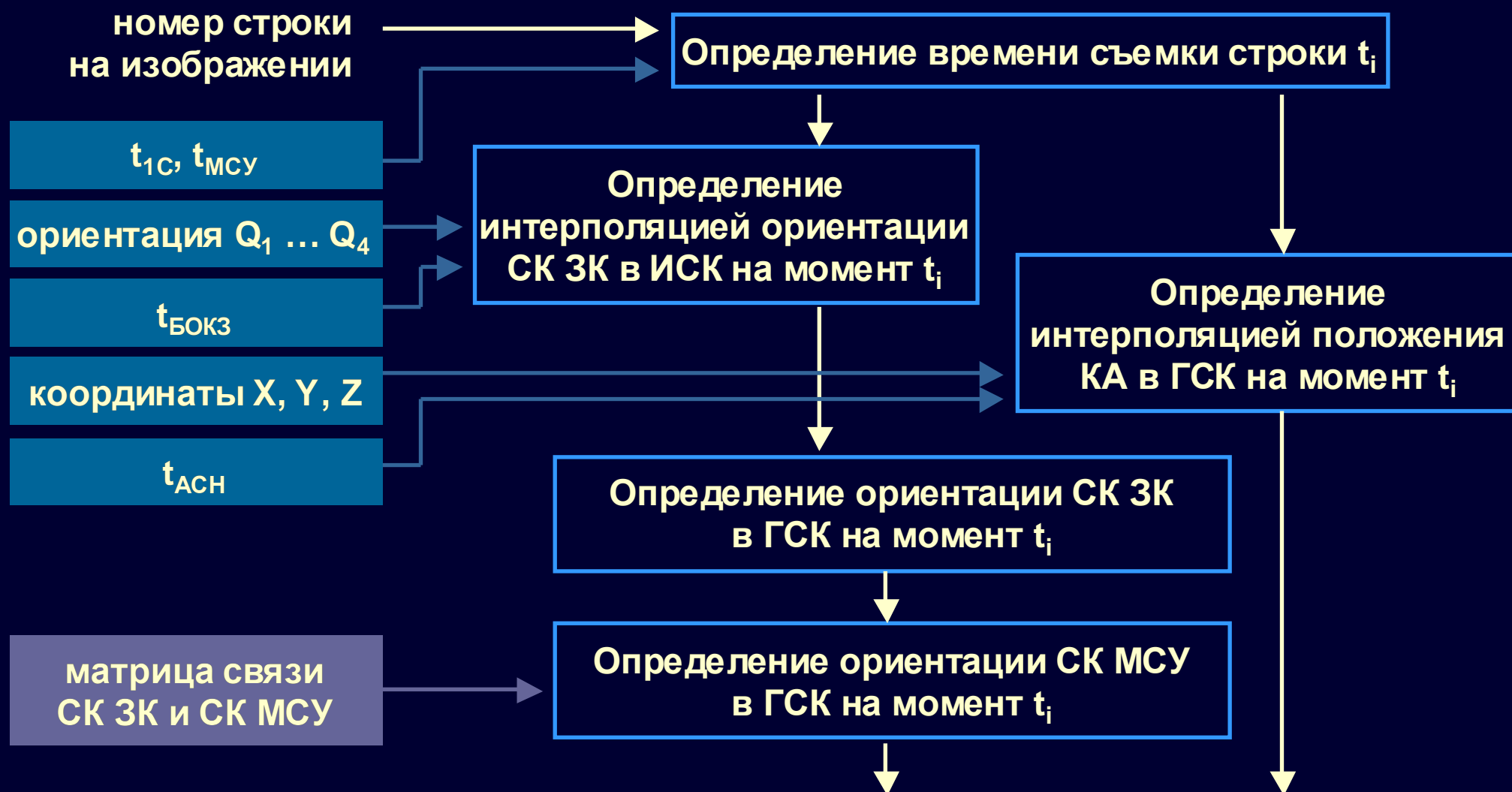


ККВО для КА «Метеор-М» №1



Координатная привязка данных КМСС

Алгоритм привязки по навигационным данным



Координатная привязка данных КМСС



Разработка программного обеспечения



Научный центр оперативного мониторинга Земли

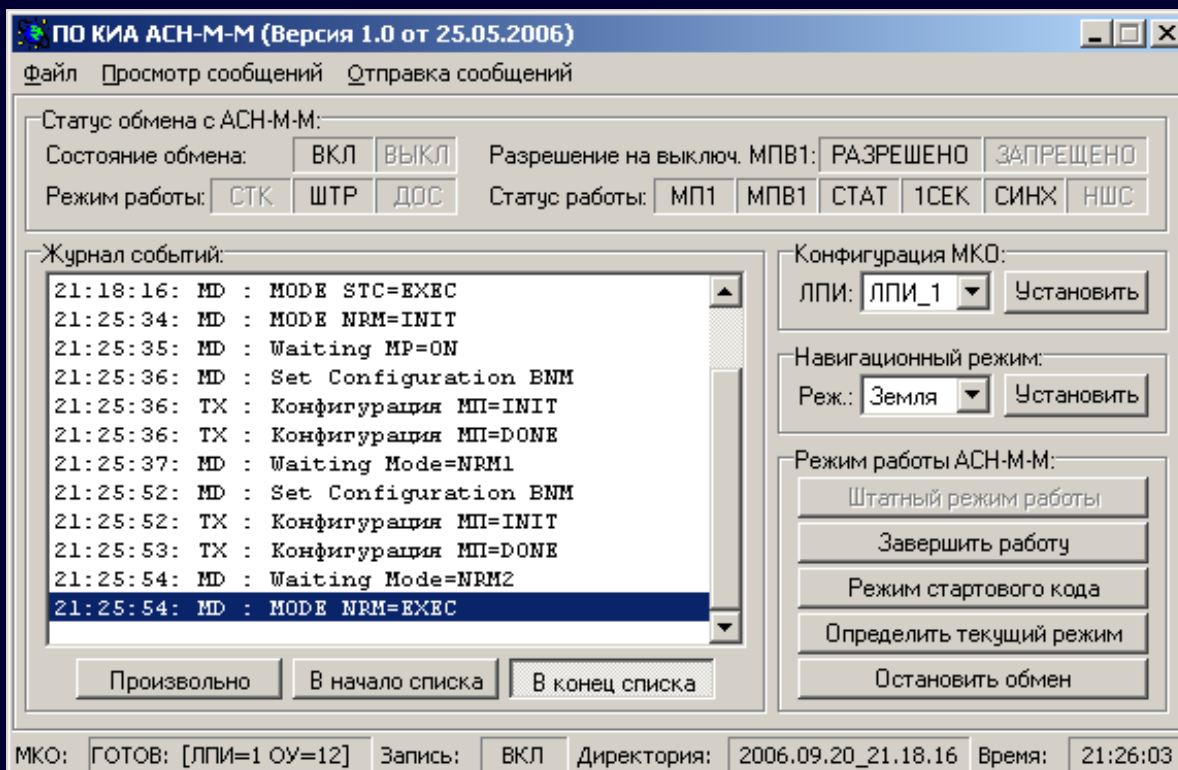


ПК-2, ПК-7

Отработка навигационной системы

ПО КИА АСН-М-М

- управление АСН-М-М, задание режимов работы
- регистрация измерений X , X' , t
- оценки точности измерений



ПО КИА АСН-М-М (Версия 1.0 от 25.05.2006)

Файл | Просмотр сообщений | Отправка сообщений

Статус обмена с АСН-М-М:

Состояние обмена: | Разрешение на выключ. МПВ1:

Режим работы: | Статус работы:

Журнал событий:

```

21:18:16: MD : MODE STC=EXEC
21:25:34: MD : MODE NRM=INIT
21:25:35: MD : Waiting MP=ON
21:25:36: MD : Set Configuration BNM
21:25:36: TX : Конфигурация МП=INIT
21:25:36: TX : Конфигурация МП=DONE
21:25:37: MD : Waiting Mode=NRM1
21:25:52: MD : Set Configuration BNM
21:25:52: TX : Конфигурация МП=INIT
21:25:53: TX : Конфигурация МП=DONE
21:25:54: MD : Waiting Mode=NRM2
21:25:54: MD : MODE NRM=EXEC
    
```

Произвольно | В начало списка | В конец списка

Конфигурация МКО:

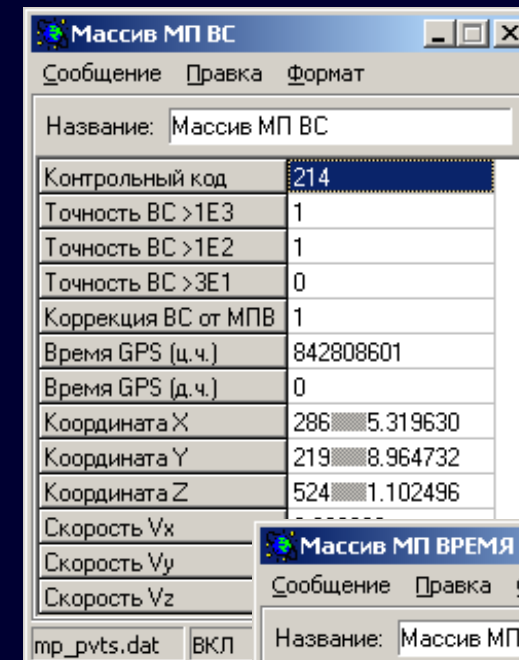
ЛПИ:

Навигационный режим:

Реж.:

Режим работы АСН-М-М:

МКО: ГОТОВ: [ЛПИ=1 ОУ=12] | Запись: | Директория: 2006.09.20_21.18.16 | Время: 21:26:03



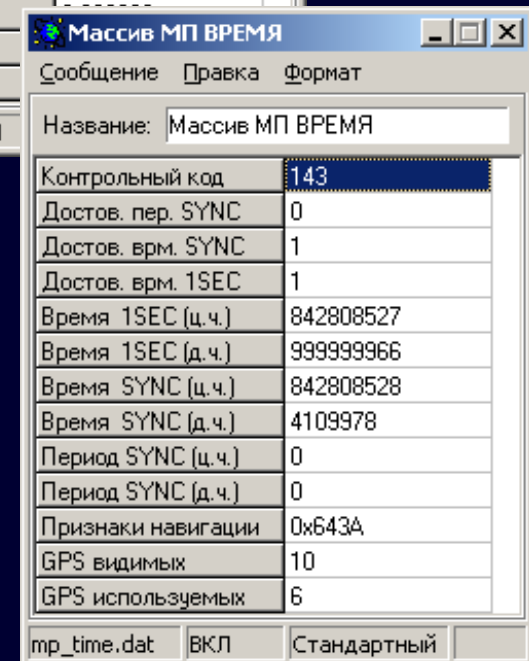
Массив МП ВС

Сообщение | Правка | Формат

Название: Массив МП ВС

Контрольный код	214
Точность ВС >1E3	1
Точность ВС >1E2	1
Точность ВС >3E1	0
Коррекция ВС от МПВ	1
Время GPS (ц.ч.)	842808601
Время GPS (д.ч.)	0
Координата X	286 5.319630
Координата Y	219 8.964732
Координата Z	524 1.102496
Скорость Vx	
Скорость Vy	
Скорость Vz	

mp_pvts.dat |



Массив МП ВРЕМЯ

Сообщение | Правка | Формат

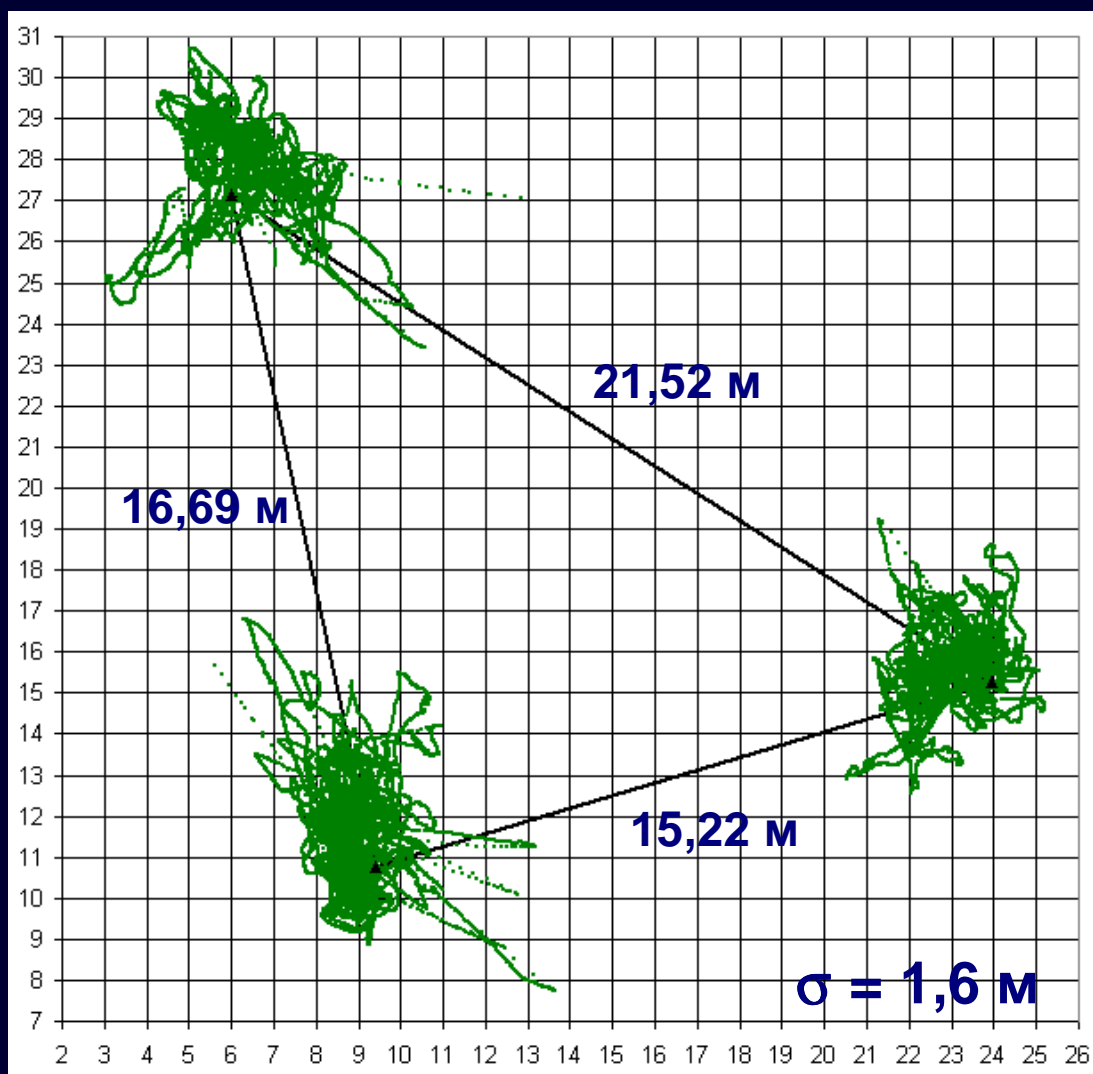
Название: Массив МП ВРЕМЯ

Контрольный код	143
Достов. пер. SYNC	0
Достов. врм. SYNC	1
Достов. врм. 1SEC	1
Время 1SEC (ц.ч.)	842808527
Время 1SEC (д.ч.)	999999966
Время SYNC (ц.ч.)	842808528
Время SYNC (д.ч.)	4109978
Период SYNC (ц.ч.)	0
Период SYNC (д.ч.)	0
Признаки навигации	0x643A
GPS видимых	10
GPS используемых	6

mp_time.dat | |

Отработка навигационной системы

Испытания по реальным сигналам СНС



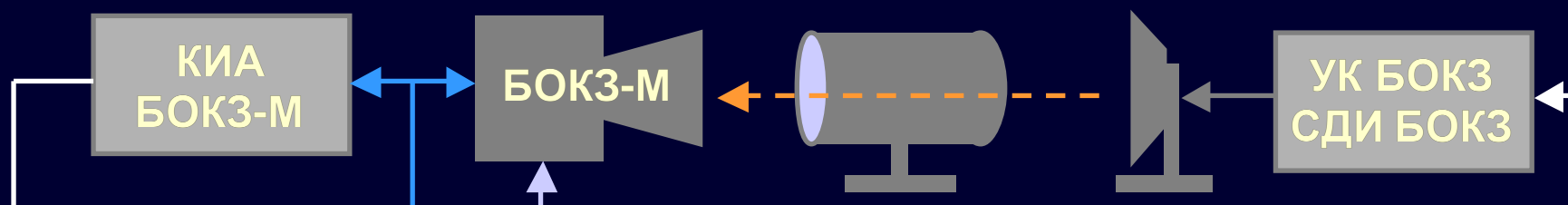


Приглашаем ознакомиться со стендовым докладом

*Крупин М.А., Василейский А.С., Железнов М.М.
Исследование точности бортовой аппаратуры
спутниковой навигации для космических аппаратов
дистанционного зондирования Земли*

Обработка навигационной системы

СДИ ККВО



Приглашаем ознакомиться со стендовым докладом

*Василейский А.С., Железнов М.М., Зиман Я.Л.
Методика и стенд динамических испытаний
аппаратуры координатно-временного обеспечения
КА серии «Метеор-М»*

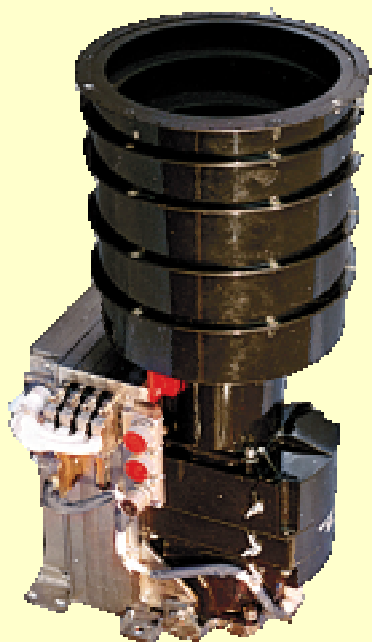
программа
испытаний ↑

↓ ошибки определения координат КА
и его ориентации

Перспективы развития

Модельный ряд приборов семейства БОКЗ

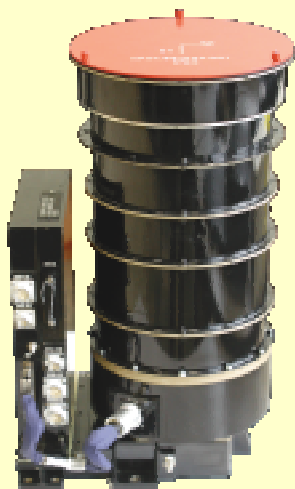
4,5 кг / 11 Вт



БОКЗ

1998

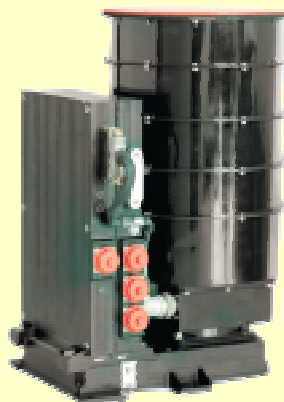
4,0 кг / 11 Вт



БОКЗ-М

2002

3,2 кг / 10 Вт



БОКЗ-М/24

2002

2,0 кг / 8 Вт



БОКЗ-2М

2004

1,8 кг / 6 Вт



БОКЗ-МФ

2006

0,6 кг / 6 Вт



БОКЗ-3

2008

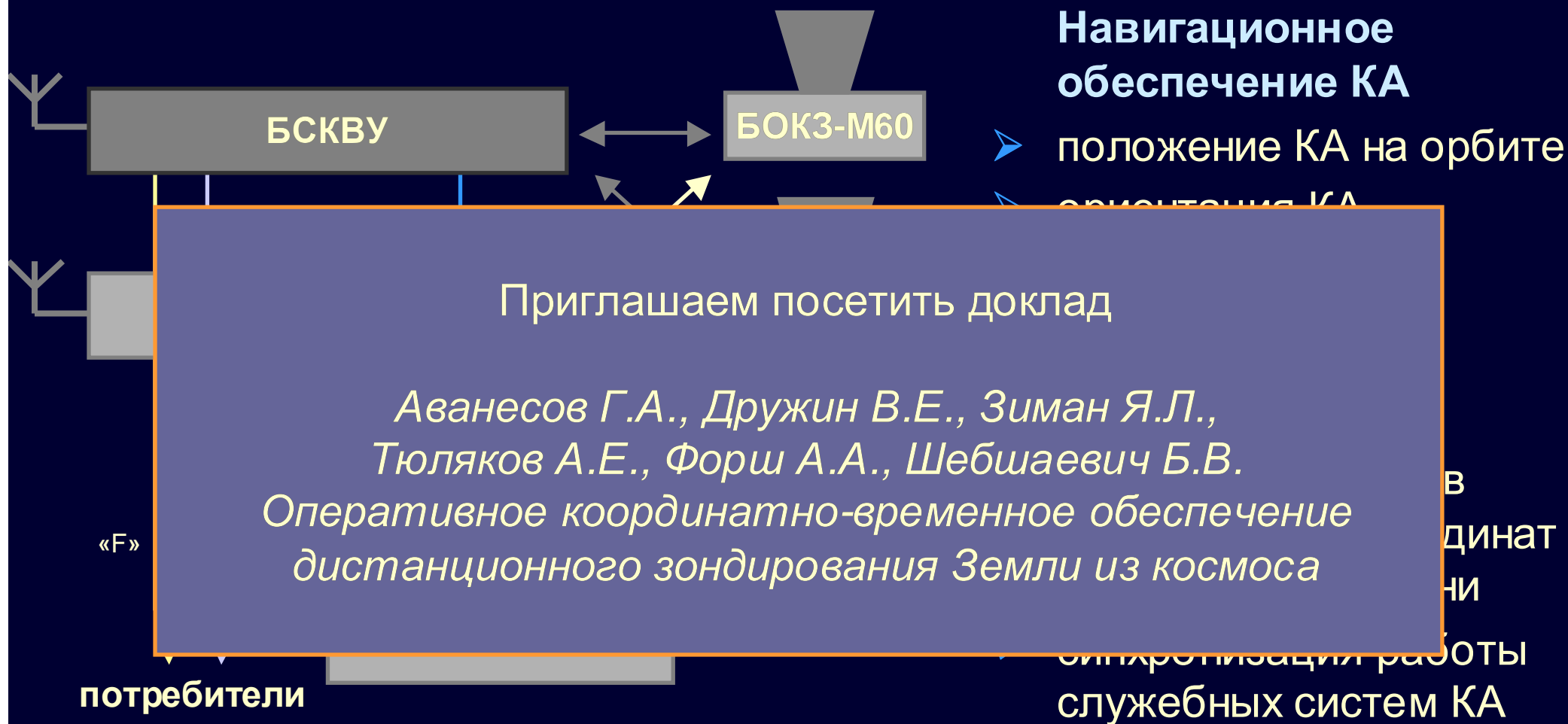
Перспективы развития

Характеристики приборов семейства БОКЗ

Модификация	БОКЗ	БОКЗ-М	БОКЗ-М/24	БОКЗ-2М	БОКЗ-МФ	БОКЗ-3
Масса, кг	4,5	4,0	3,2	2,0	1,8	1,5
Энергопотребление, Вт	11,2	11,2	10,0	8,0	6,0	6,0
Габариты, см	45x23x20	37x23x23	30x23x23	30x20x20	20x20x20	17x10x10
Допустимая скорость углового движения, °/с	0,16	0,16	1,5	2,0	2,0	>2,0
Время первичной ориентации, с	30	30	30	6	6	6
Частота обновления информации, Гц	0,3	0,3	0,3	1	1	10
Точность $\sigma_{x,y}/\sigma_z$, угл.сек	2 / 20	2 / 20	5 / 12	5 / 12	5 / 12	5 / 12

Перспективы развития

АКВО для «Метеор-М» №2





ИКИ



КОСМОС
наука и техника

Благодарим за внимание!

***А.С.Василейский, М.М.Железнов, М.И.Куделин,
В.В.Наумов, А.Л.Чуркин***

***Институт космических исследований РАН,
ФГУП НПП "Всероссийский научно-исследовательский
институт электромеханики"
АНО "Космос - Наука и Техника"***

***117197, Москва, Профсоюзная 84/32
тел. (095) 333-2445, факс (095) 330-1200
E-mail: asvas@ofo.iki.rssi.ru***