



¹Оптико-физический отдел ИКИ РАН

²Российский институт радионавигации и времени

**Оперативное координатно-
временное обеспечение
дистанционного зондирования
Земли из космоса**



Г.А. Аванесов¹, В.Е. Дружин², Я.Л. Зиман¹,
А.Е. Тюляков², А.А. Форш¹, Б.В. Шебшаевич²

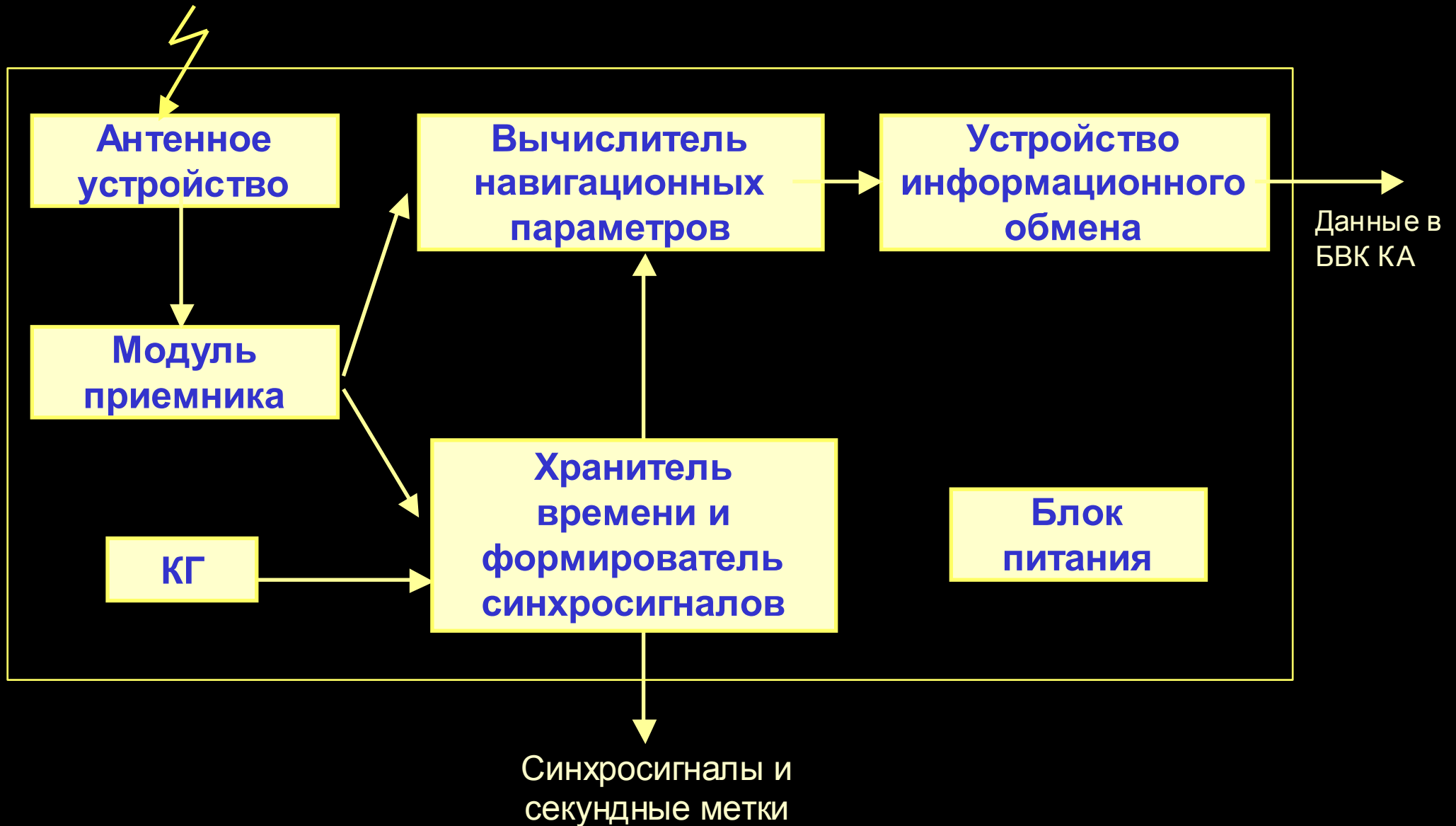
Задачи, решаемые БСКВУ

- ◆ Формирование и выдача высокостабильных синхросигналов;
- ◆ оцифровка по сигналам GPS / ГЛОНАСС и хранение бортовой шкалы времени;
- ◆ определение по навигационным измерениям GPS / ГЛОНАСС параметров движения центра масс (ПДЦМ) КА.

БСКВУ снимает влияние на точность определения ПДЦМ КА и хранения времени разрывов в навигационном поле GPS / ГЛОНАСС.

Функциональная схема одноканального БСКВУ

Сигналы GPS / ГЛОНАСС



Коническая спиральная антенна



Диаграмма направленности, град.

от нормали

± 75

Коэффициент усиления, дБ

в зените

-4

в рабочем секторе

-2

Рабочая температура, °C

-100 ... +200

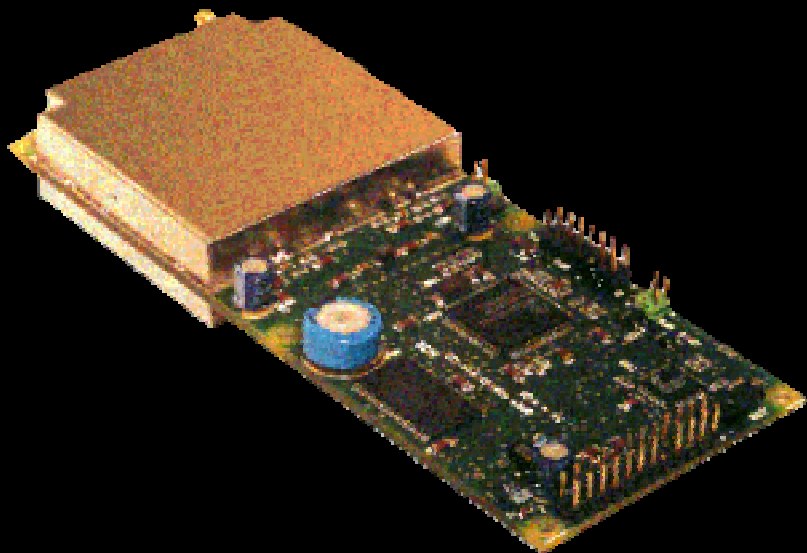
Размеры, мм

110 x 110 x 160

Масса, кг

0,5

Модуль приемника сигналов GPS / ГЛОНАСС



**Количество каналов
GPS / ГЛОНАСС**

16

Выходные данные

координаты,
скорость,
время

Размеры, мм

140 x 55 x 18

Масса, г

< 200

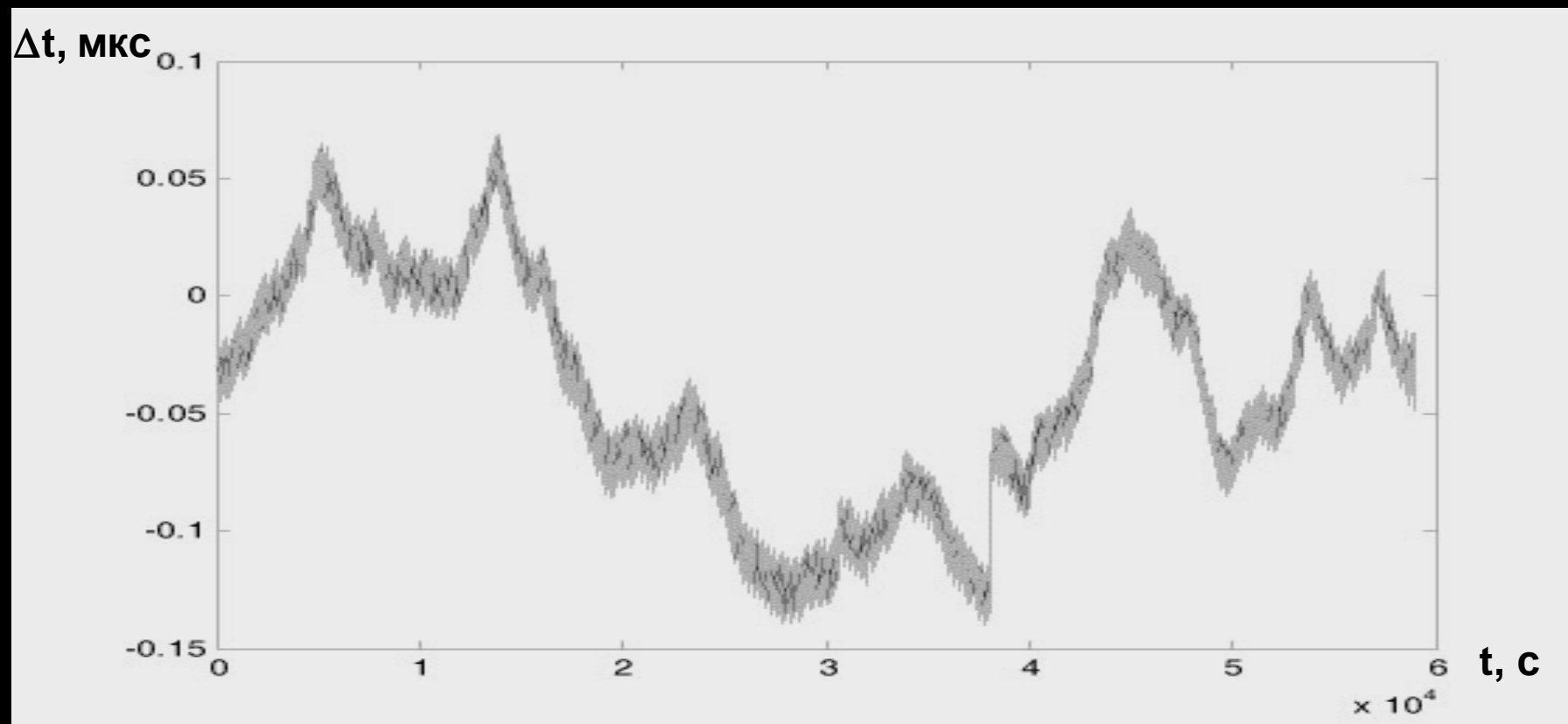
Ошибки определения ПДЦМ при работе по сигналам ГЛОНАСС

Витки	Координата	СКО по координате, м	Макс. отклонение по координате, м	СКО по скорости, м/с	Макс. отклонение по скорости, м/с
125–126	X	15,49	35,46	0,016	0,040
	Y	9,90	19,2	0,016	0,040
	Z	4,16	9,61	0,017	0,036
393–394	X	6,37	22,37	0,016	0,065
	Y	9,55	26,55	0,028	0,040
	Z	6.34	13,39	0,024	0,066

Ошибки определения ПДЦМ при работе по сигналам GPS / ГЛОНАСС

Витки	Координата	СКО по координате, м	Макс. отклонение по координате, м	СКО по скорости, м/с	Макс. отклонение по скорости, м/с
185-191	X	1.60	3.24	0.007	0.015
	Y	2.89	5.48	0.006	0.011
200-206	Z	2.86	5.92	0.011	0.024
	X	2.41	6.06	0.008	0.027
	Y	2.21	3.70	0.008	0.013
	Z	1.88	10.5	0.010	0.013

Отклонение Δt шкалы времени БСКВУ



Назначение и применение приборов БОКЗ

Высокоточное (до одной угловой секунды) определение параметров трехосной ориентации КА при угловой скорости ее изменения до одного градуса в сек.

К 2006 году на семи российских КА в космос было выведено 15 приборов БОКЗ трех модификаций.

В настоящее время на околоземных орбитах работают:

- ♦ **2 прибора на КА “Ямал-100” с 1999 года;**
- ♦ **3 прибора на МКС с 2000 года;**
- ♦ **4 прибора на двух КА “Ямал-200” с 2003 года;**
- ♦ **2 прибора третьей модификации – БОКЗ-М на КА «Ресурс-ДК» с начала 2006 года.**

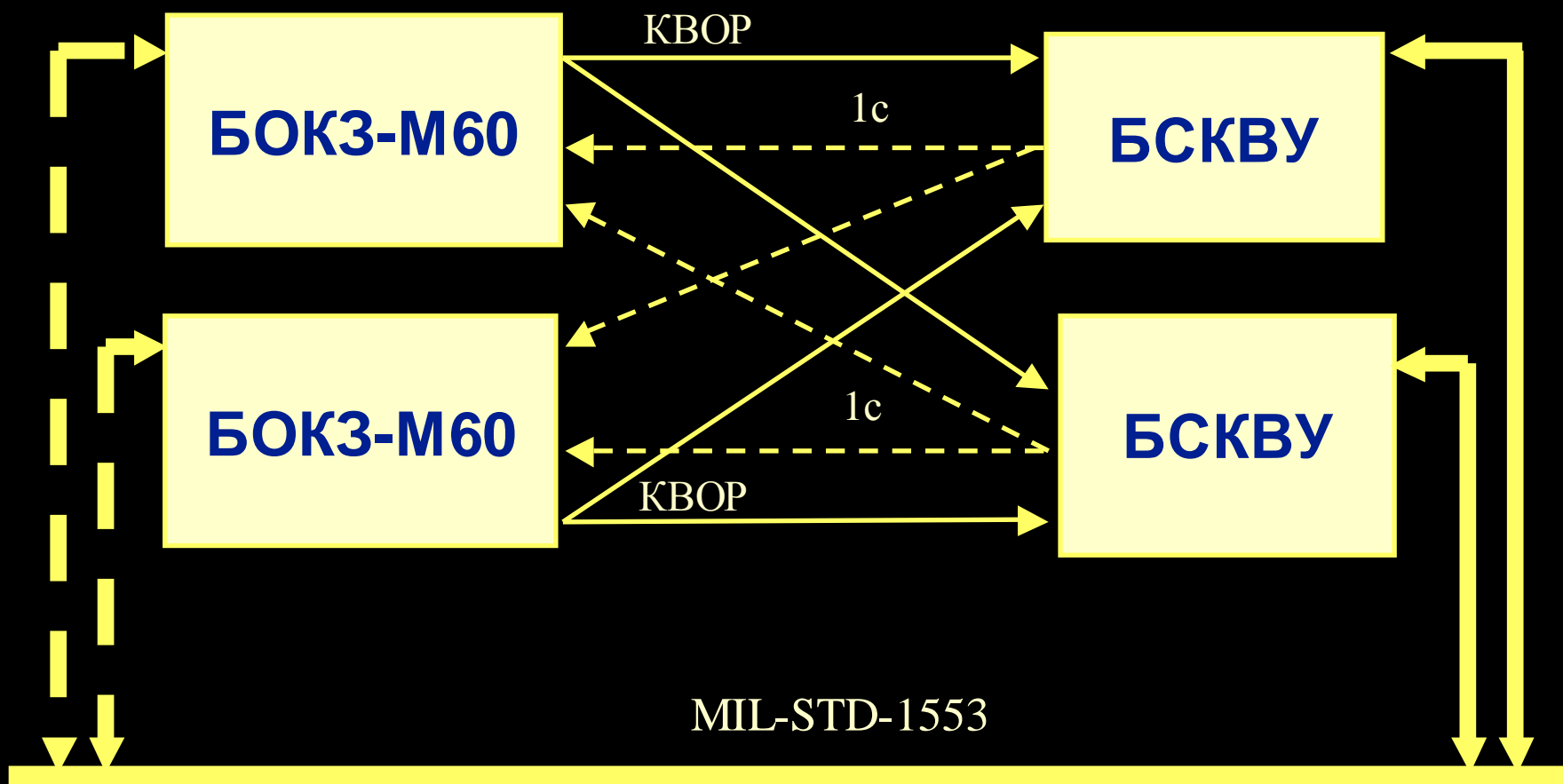
Конструктивные элементы БОКЗ-М



Задачи, решаемые АКВО

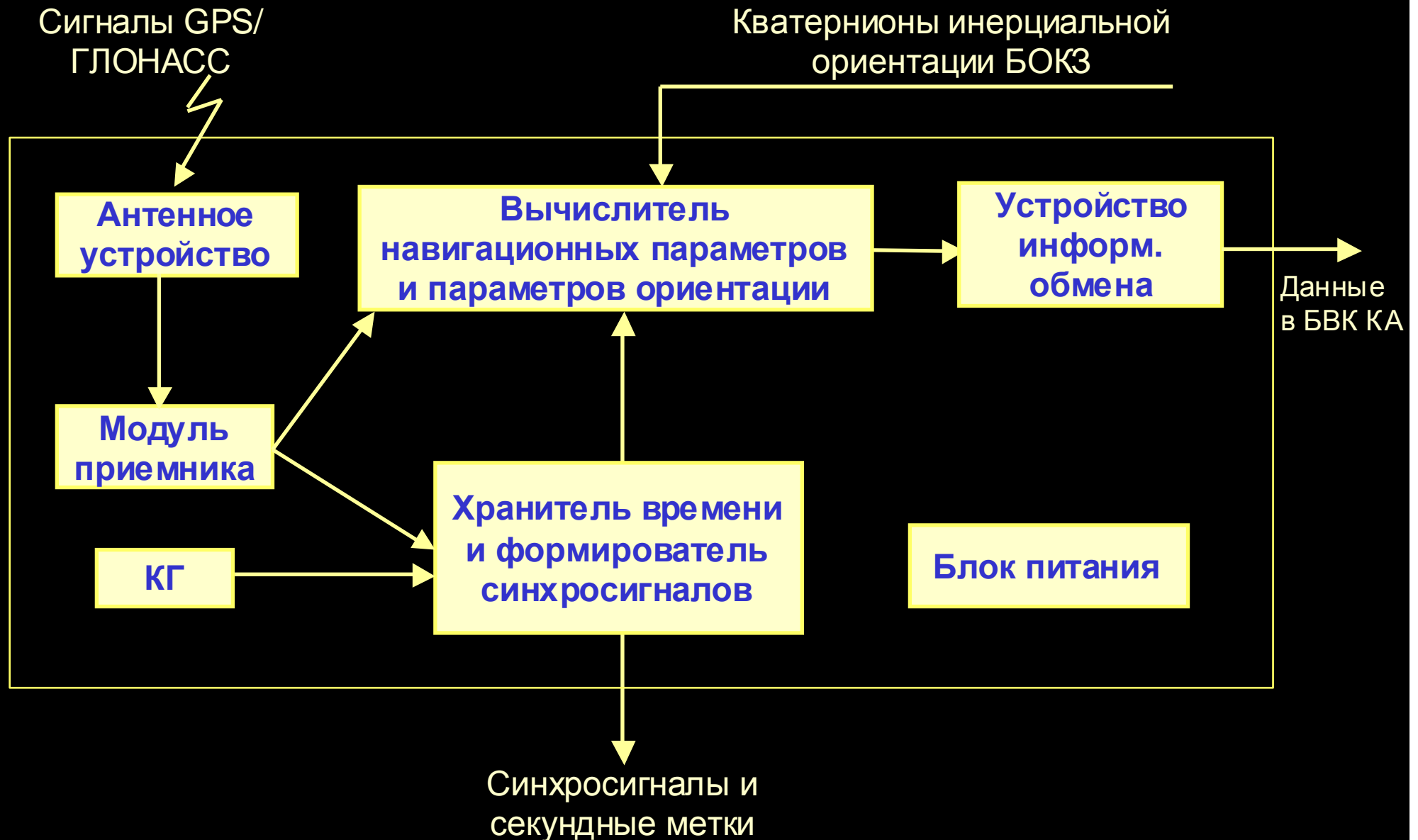
- ◆ Хранение времени UTC и формирование сетки синхрочастот:
- ◆ Фильтрация навигационных измерений, расчет параметров орбиты, положений КА и векторов его орбитальной скорости в Гринвичской системе координат.
- ◆ Расчет инерциальной ориентации КА по двум БОКЗ-М60.
- ◆ Расчет текущих значений звездного времени и ориентации КА и аппаратуры ДЗЗ в Гринвичской системе координат.
- ◆ Расчет с частотой ~ 10 Гц в орбитальной системе координат ориентации КА, а также ее расхождений с заданными значениями.
- ◆ Расчет с максимальной частотой элементов внешнего ориентирования видеоданных ДЗЗ

Информационные связи в АКВО



КВОР – кватернион ориентации

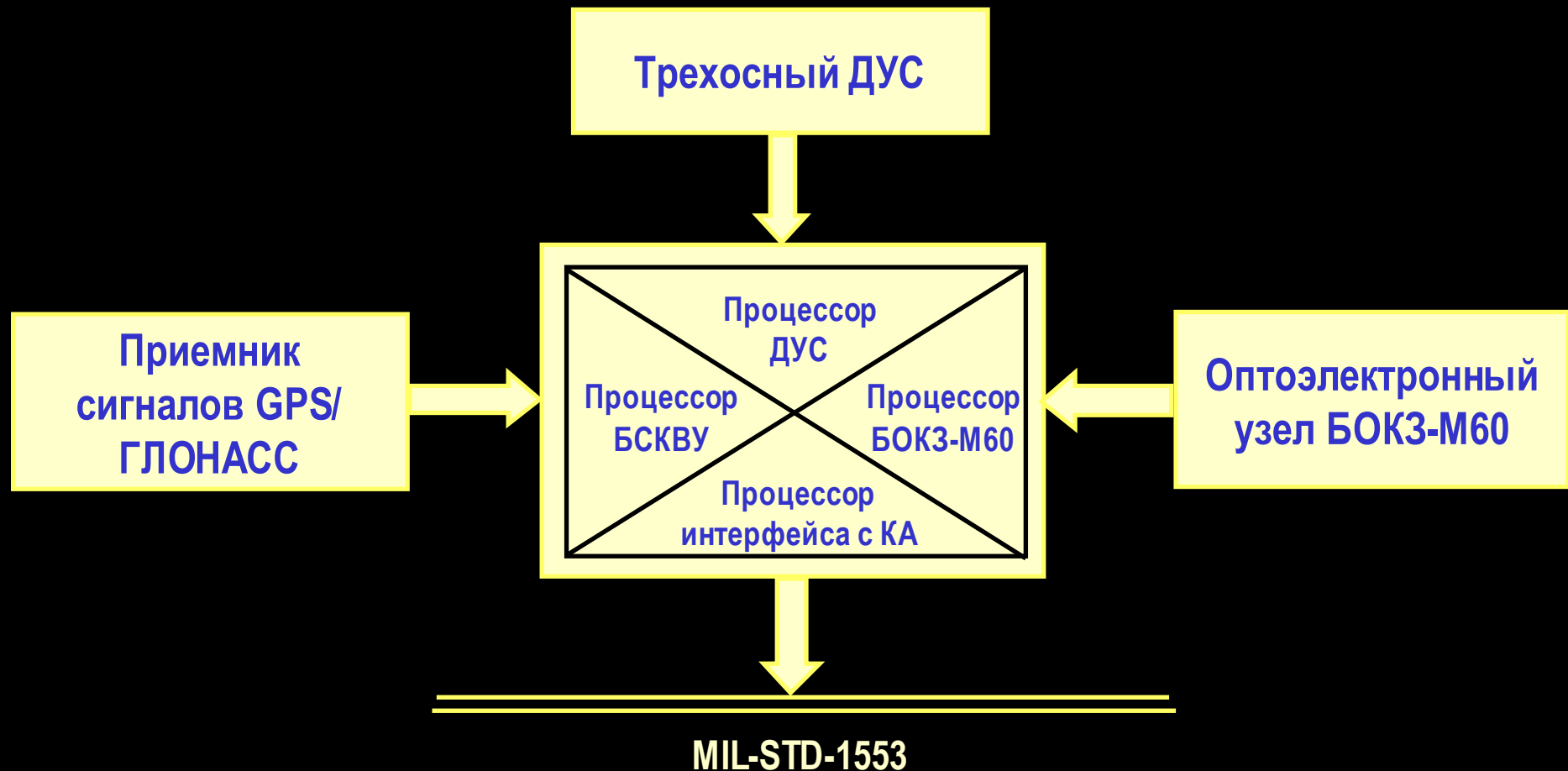
Функциональная схема одноканального БСКВУ, входящего в АКВО



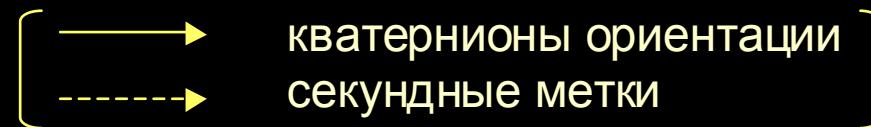
Основные характеристики БОКЗ-М60

Объектив	"Астрар-1"
Фокусное расстояние	60 мм
Поле зрения БОКЗ-М60	круговое 8°
ФПЗС	"Лев-2"
Число элементов	512x512
Размер элемента	16x16 мкм
Процессор сигнальный	ADSP21060
Разрядность	32
Производительность	40 MIPS
Внутренняя оперативная память	4 Mbit
Трехосный ДУС на базе МЭМС	"AXDRS401»
Дрейф	15%ч

Структура одноканальной АКВО-М с 4-х процессорной микросхемой



Информационные связи в комплексе АКВО-М и варианты функционирования комплекса



АКВО-М/1 ← БОКЗ-М60/3

АКВО-М/1 ← БОКЗ-М60/2

БСКВУ/1 ← { БОКЗ-М60/2
ДУС/2
БОКЗ-М60/3

АКВО-М/2 ← БОКЗ-М60/3

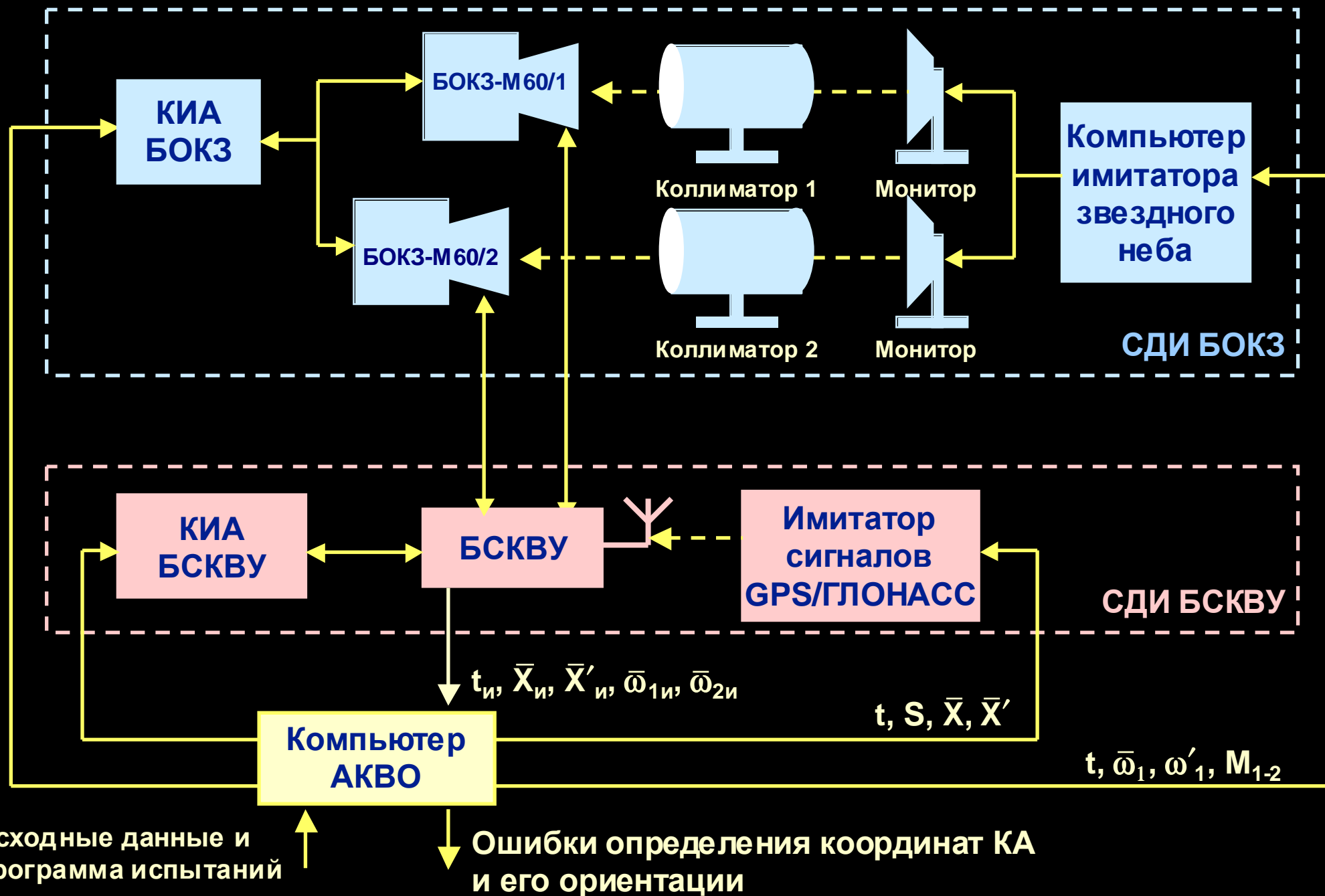
АКВО-М/2 ← БОКЗ-М60/1

БСКВУ/2 ← { БОКЗ-М60/1
ДУС/1
БОКЗ-М60/3

Задачи, решаемые на СДИ АКВО

1. Отладка ПАО БОКЗ-М60 и БСКВУ.
2. Контроль и оценка точности:
 - фильтрации навигационных измерений, уточнения по ее результатам параметров орбиты и расчета по ним параметров движения центра масс КА;
 - определений параметров инерциальной ориентации КА по ее измерениям двумя БОКЗ-М60;
 - определений параметров ориентации КА в Гринвичской и в орбитальной системах координат.

Стенд динамических испытаний АКВО



**Благодарю
за внимание**