

Институт космических исследований Российской академии наук  
ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Наземная отработка аппаратуры  
спутниковой навигации для комплекса  
координатно-временного обеспечения  
космического аппарата «Метеор-М» №1

Дятлов С.А., Куркина А.Н., Бессонов Р.В., Василейский А.С.

# 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)

# 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

$Qa_1, Qa_2, Qa_3, Qa_4$



# Аппаратура спутниковой навигации

## АСН-М-М

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

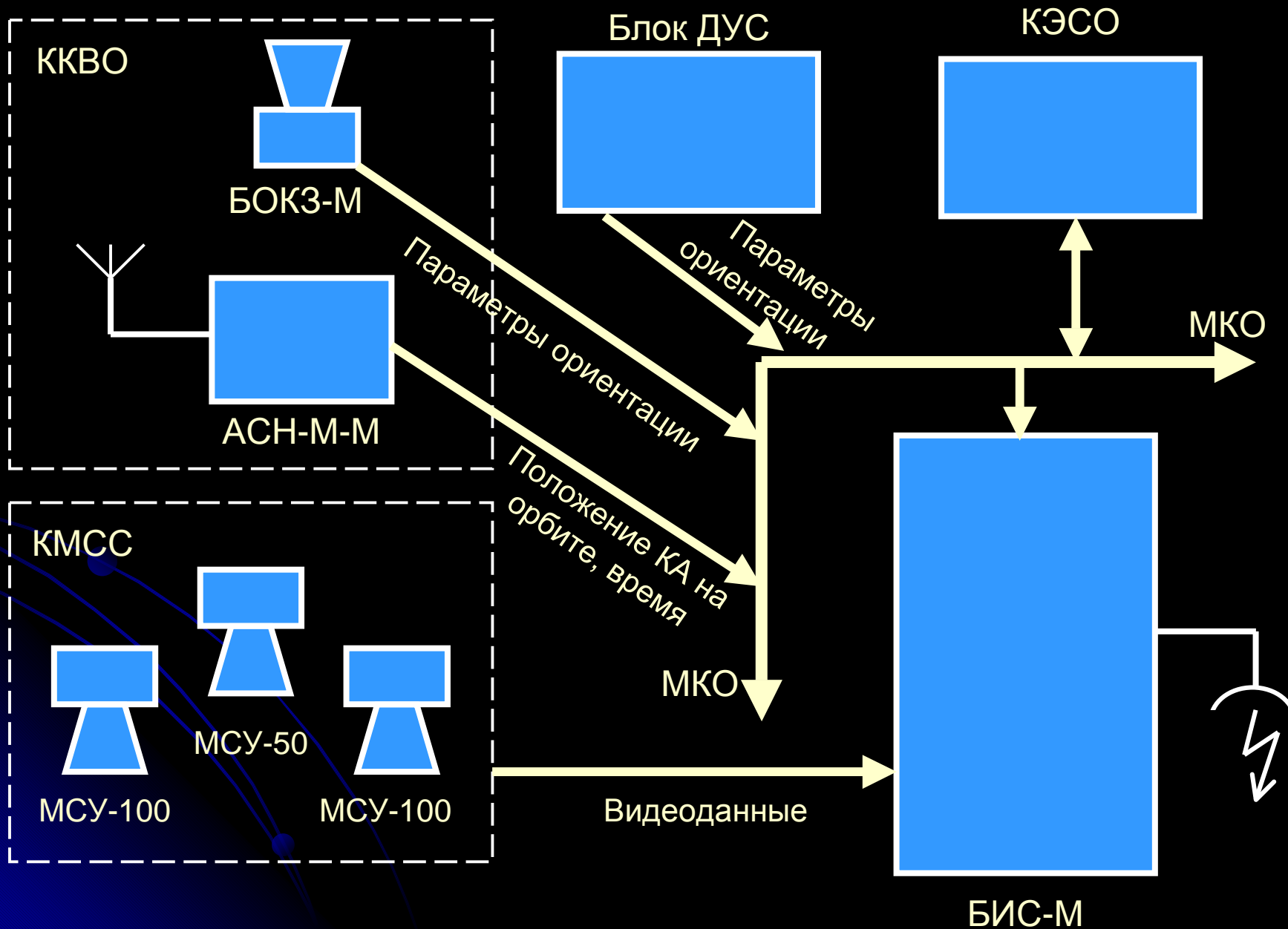


- ✓ измерения координат КА -  $X, Y, Z$
- ✓ измерения вектора скорости КА -  $X', Y', Z'$
- ✓ время навигационного измерения -  $t_{АСН}$
- ✓ секундная метка
- ✓ ориентация орбитальной СК

### АСН-М-М

- антенное устройство
- устройство усилительное
- блок навигационных модулей

# ККВО на борту КА "Метеор-М" №1

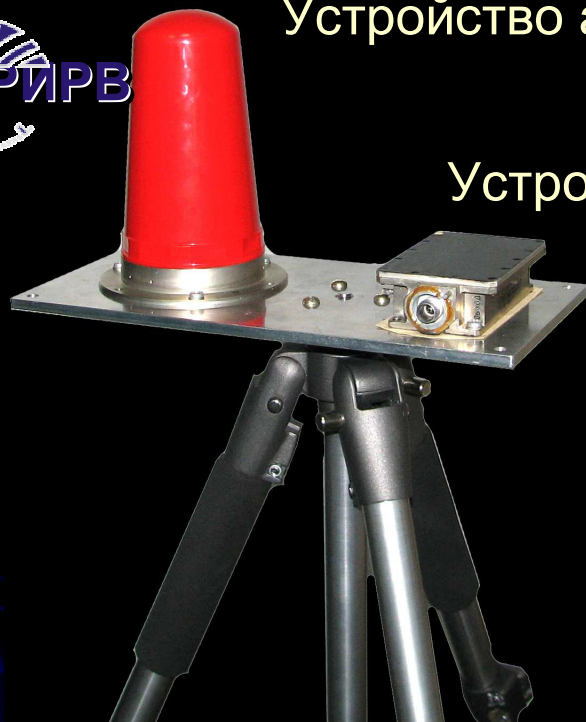


# Аппаратура спутниковой навигации

## Система АСН-М-М



Устройство антенное (УА)



Устройство Усилительное (УУ)

Блок навигационных  
модулей (БНМ)



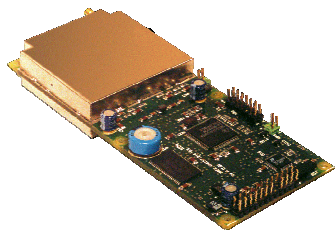
# Аппаратура спутниковой навигации

## Основные характеристики АСН-М-М

✓ принимаемый сигнал	L1 C/A (GPS), L1 СТ-код(ГЛО)
✓ частота навигационных измерений	1 Гц
✓ точность определения положения КА ( $\sigma$ )	25 м
✓ точность определения скорости КА ( $\sigma$ )	0,05 м/с
✓ погрешность временной привязки измерений	0,33 мкс
✓ погрешность привязки меток «1с» ( $\sigma$ )	10 мкс
✓ точность оценки положения КА ( $\sigma$ )	15 м
✓ точность оценки скорости КА ( $\sigma$ )	0,03 м/с
✓ стабильность внутреннего генератора	10 нс/с
✓ масса БНМ / УУ / УА	3,8 / 0,33 / 0,28 кг
✓ энергопотребление (по блокам)	15 Вт
✓ вероятность срыва слежения в полете	0,4%
✓ интерфейс	MIL-1553В
✓ габариты БНМ	280 x 200 x 120 мм

# 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.

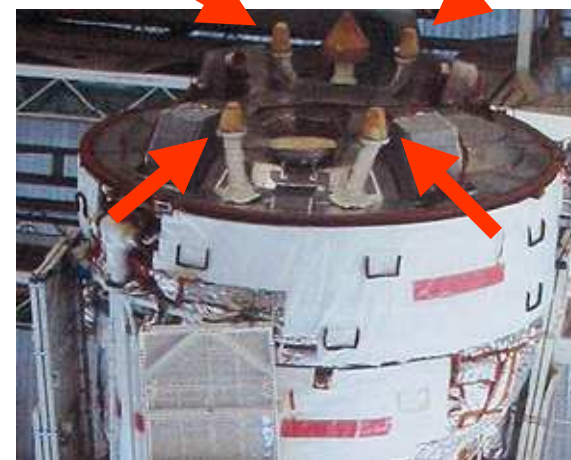


Фото «ЦСКБ-Прогресс»  
Новости космонавтики 8'06



# Обработка системы АСН-М-М

## 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: ВКЛ ВЫКЛ Разрешение на выключ. МПВ1: РАЗРЕШЕНО ЗАПРЕЩЕНО

Режим работы: СТК ШТР ДРС Статус работы: МП1 МПВ1 СТАТ 1СЕК СИНХ НШС

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: ЛПИ\_1 Установить

Навигационный режим:

Реж.: Земля Установить

Режим работы АСН-М-М:

Штатный режим работы  
Завершить работу  
Режим стартового кода  
Определить текущий режим  
Остановить обмен

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

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\_pyts.dat ВКЛ

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

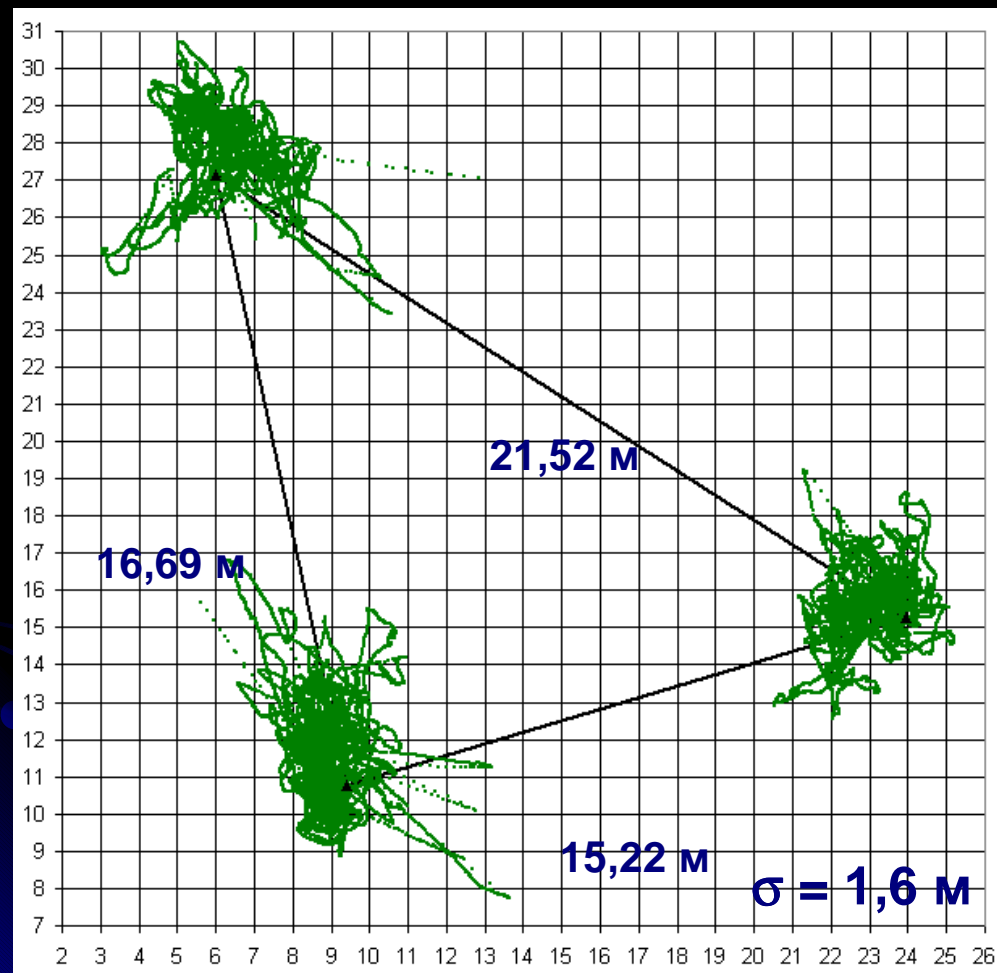
mp\_time.dat ВКЛ Стандартный

# Отработка системы АСН-М-М



# Отработка системы АСН-М-М

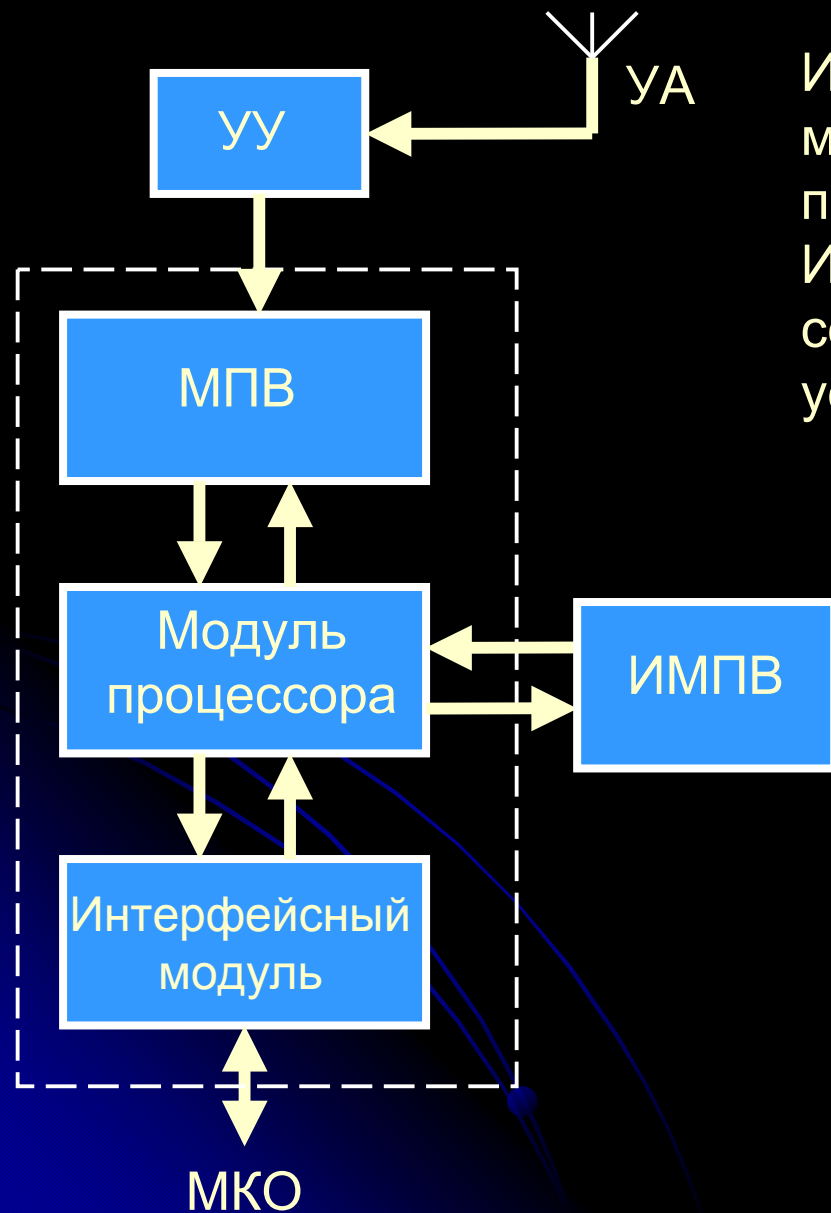
Испытания по реальным сигналам СНС



Средняя ошибка измерения расстояний между парами КТ на плоскости равна 0,56 м.

# Обработка системы АСН-М-М

## Имитатор модуля приемо-вычислительного ИМПВ

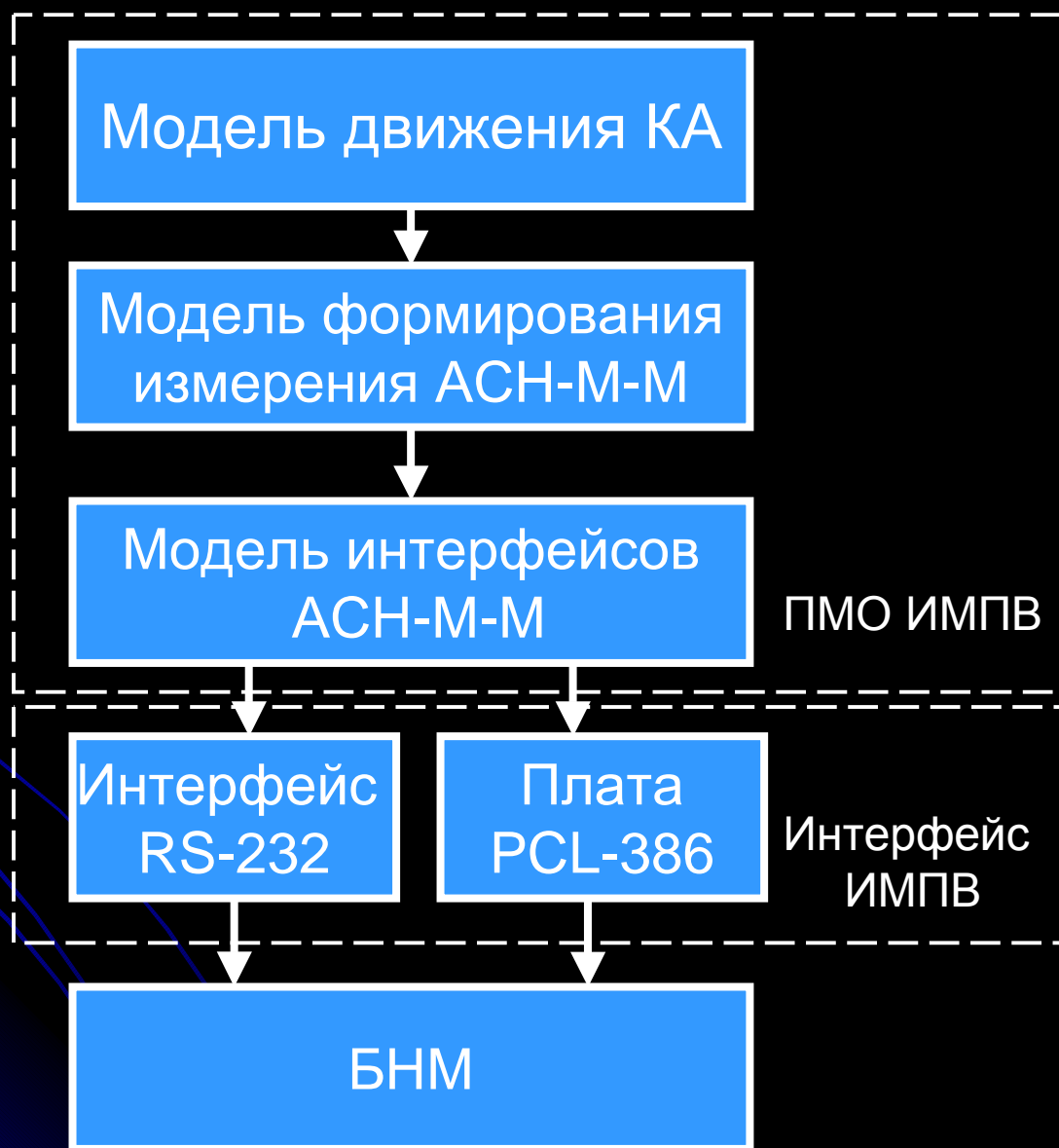


ИМПВ предназначен для имитации работы модуля МПВ блока БНМ системы АСН-М-М при работе на борту КА "Метеор-М" №1. ИМПВ выдает информацию соответствующую реальным летным условиям.

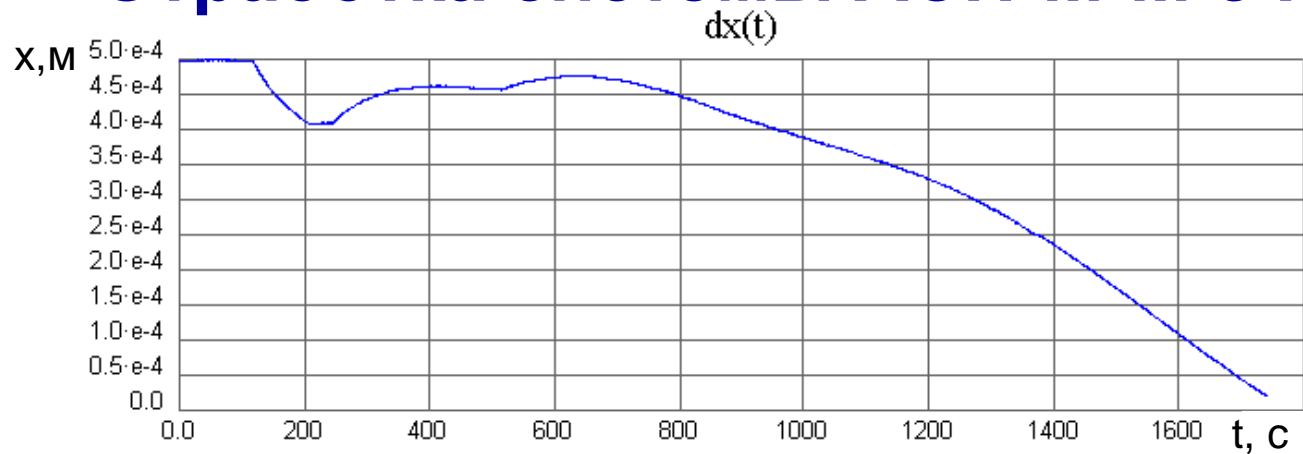


# Отработка системы АСН-М-М

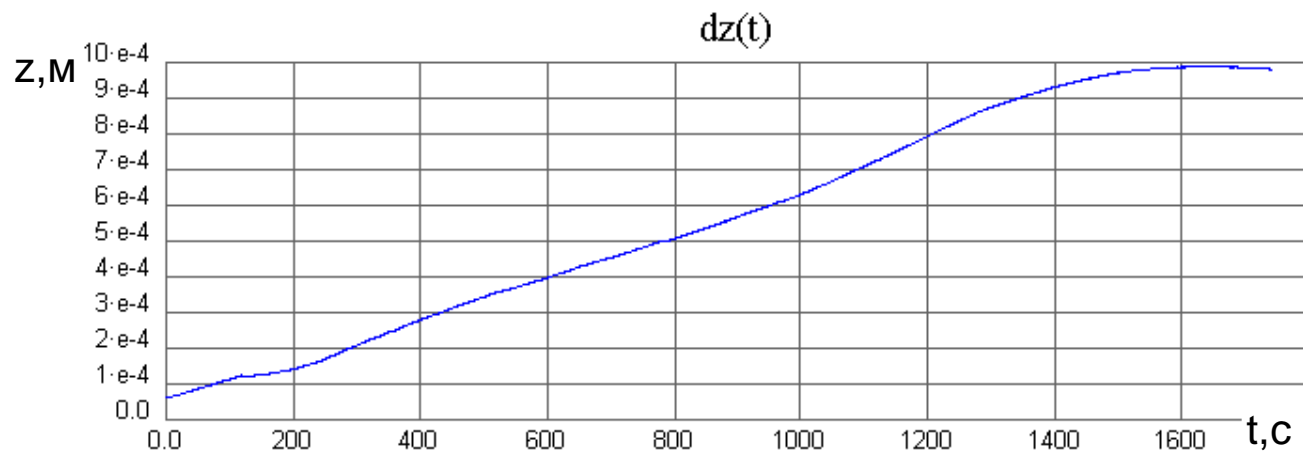
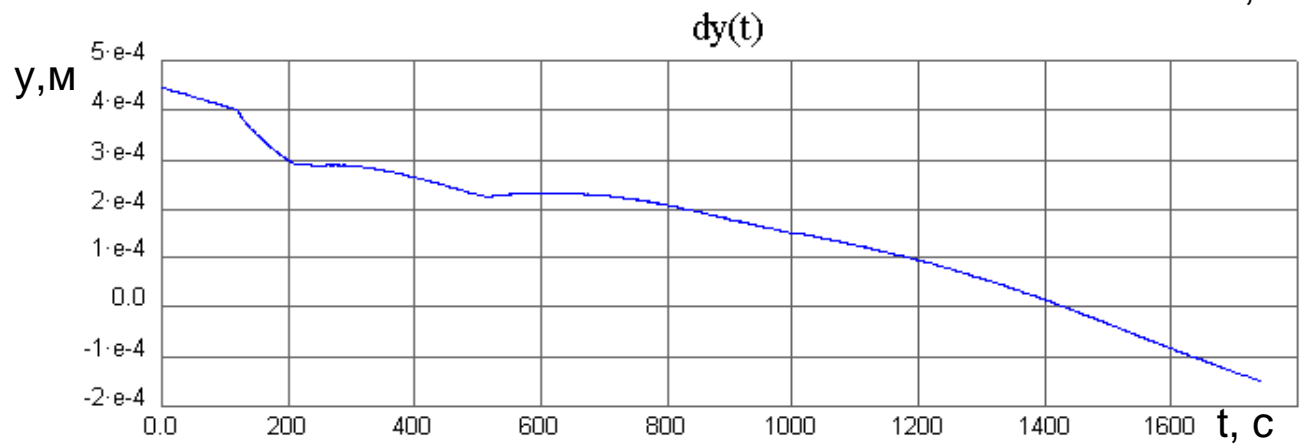
## Схема функционирования ИМПВ



# Отработка системы АСН-М-М с ИМПВ

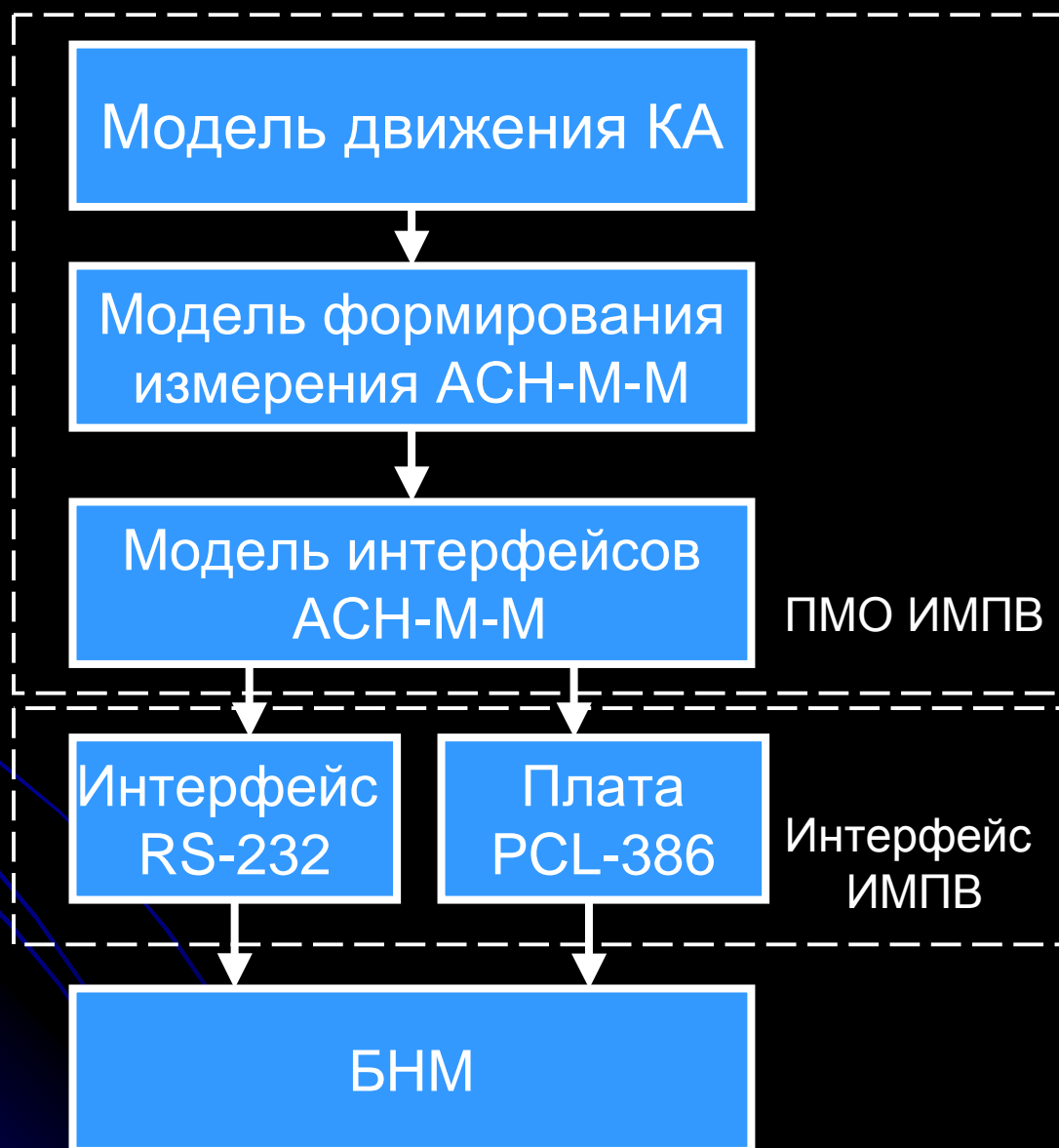


Графики ошибок  
определения координат  
для “идеального” режима

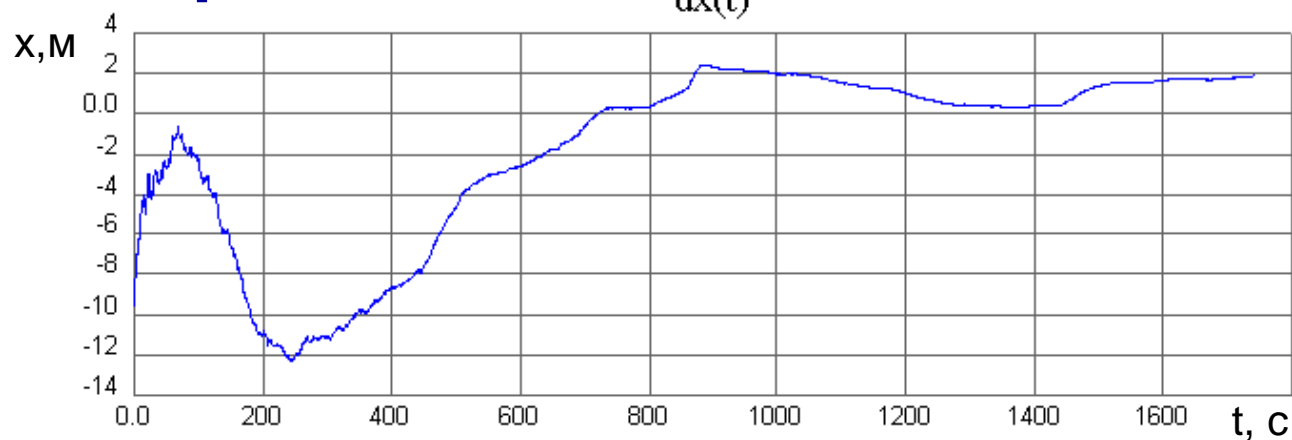


# Отработка системы АСН-М-М

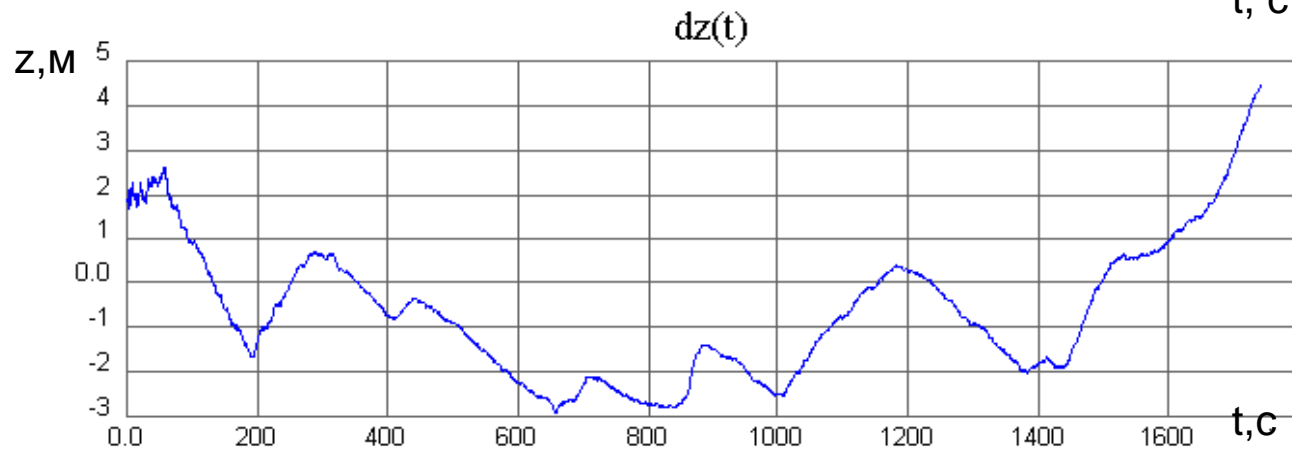
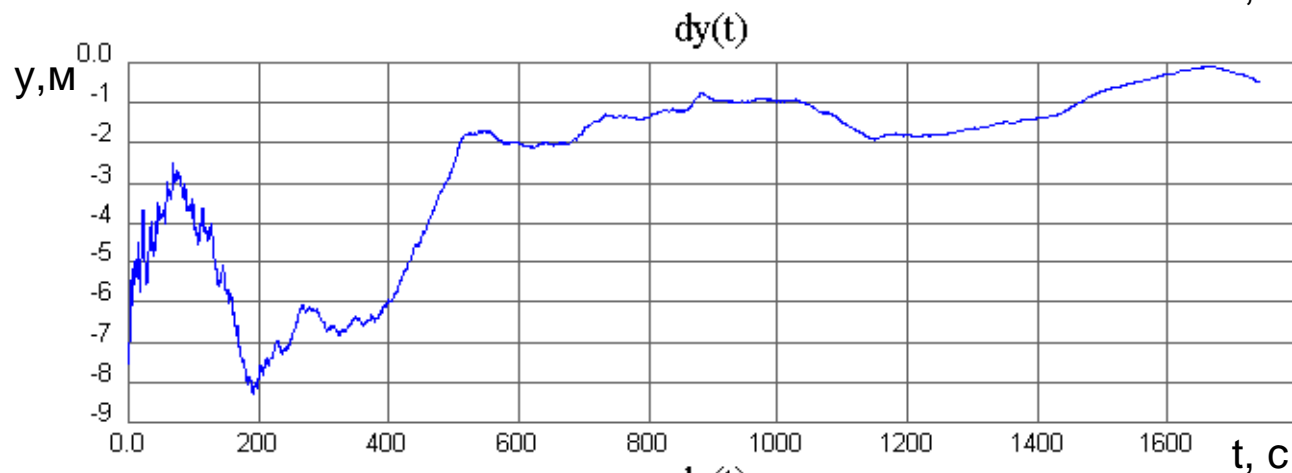
## Схема функционирования ИМПВ



# Обработка системы АСН-М-М с ИМПВ

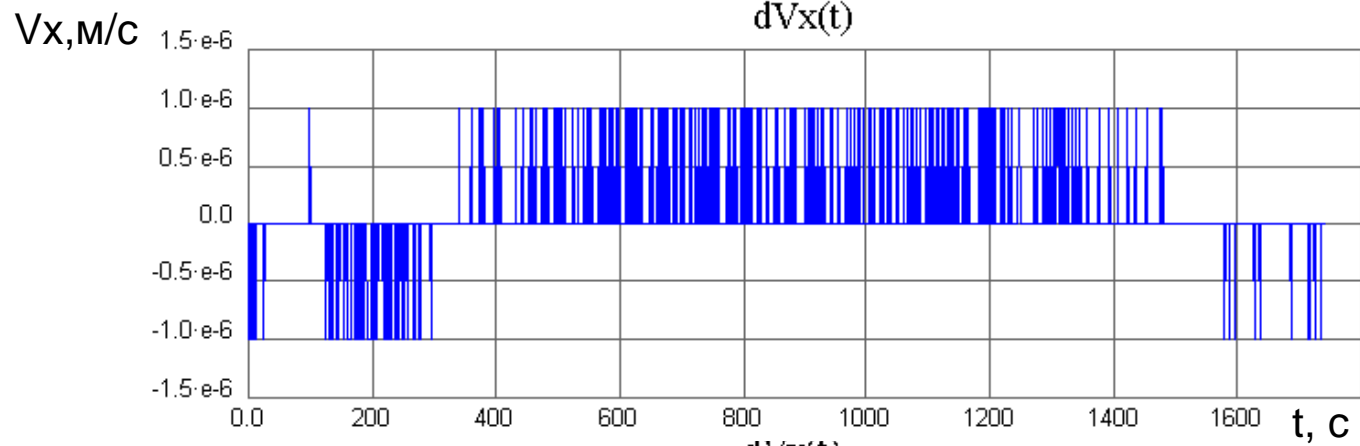


Графики ошибок  
определения координат  
для “реального” режима

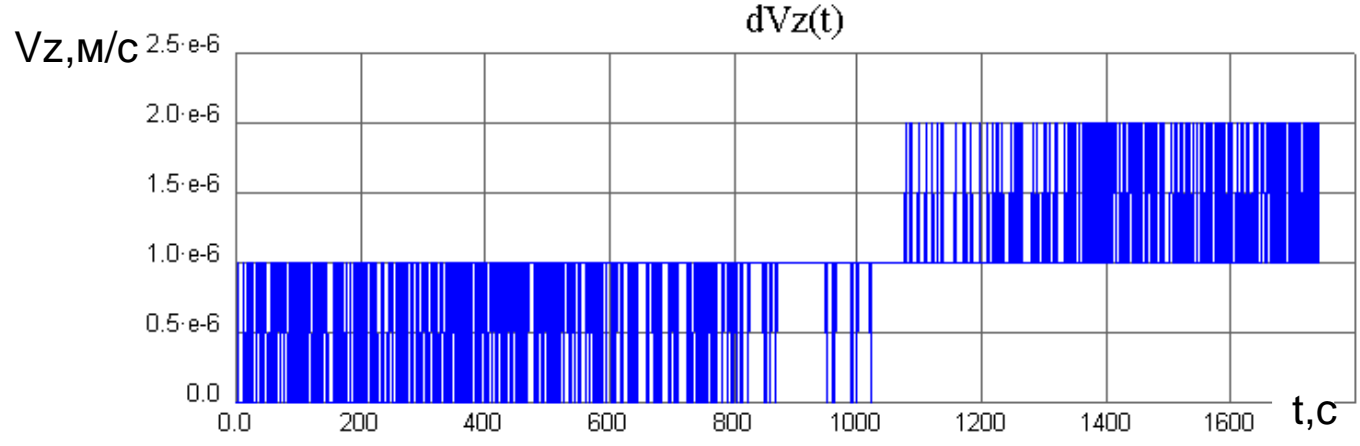
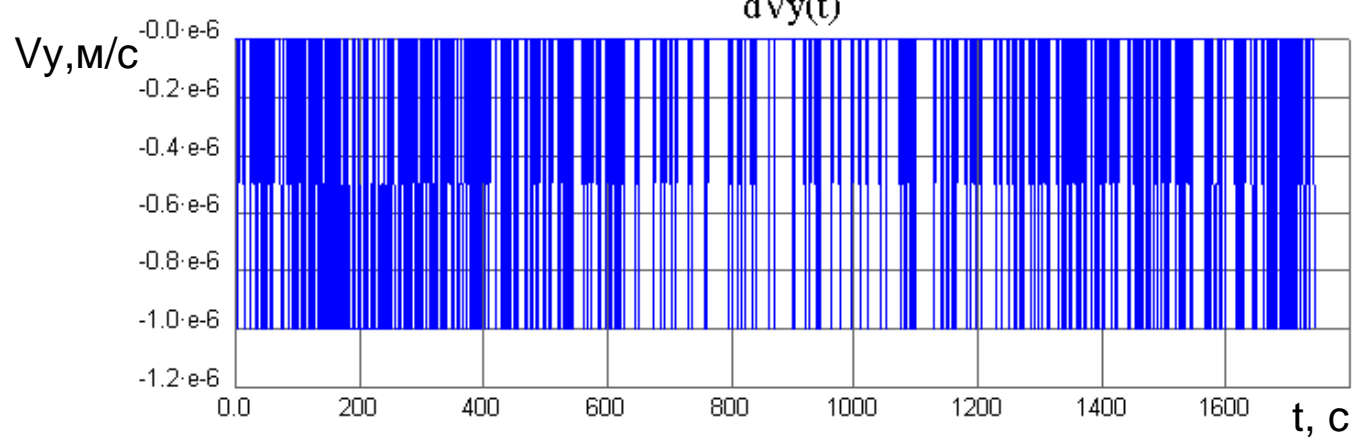




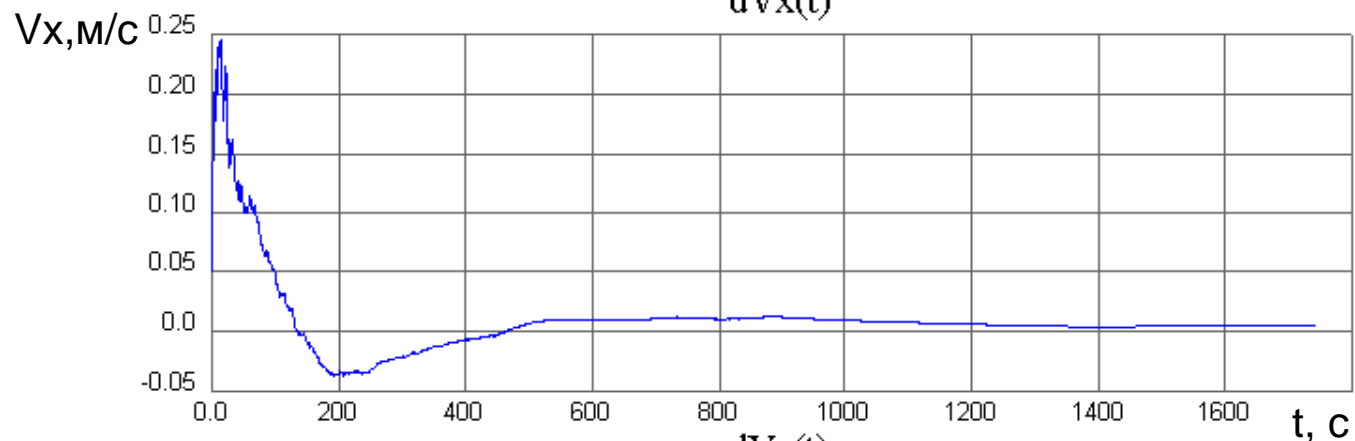
# Обработка системы АСН-М-М с ИМПВ



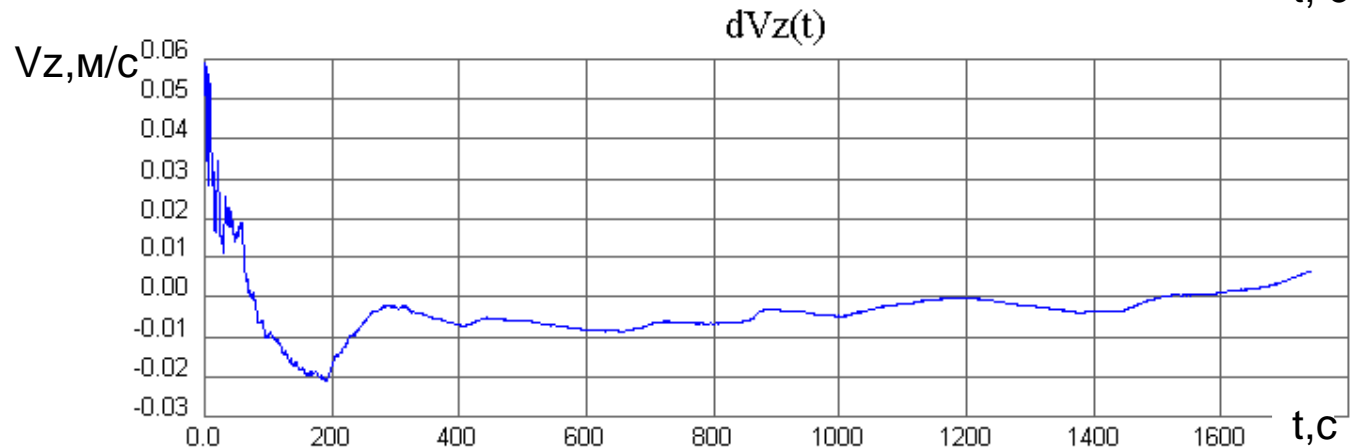
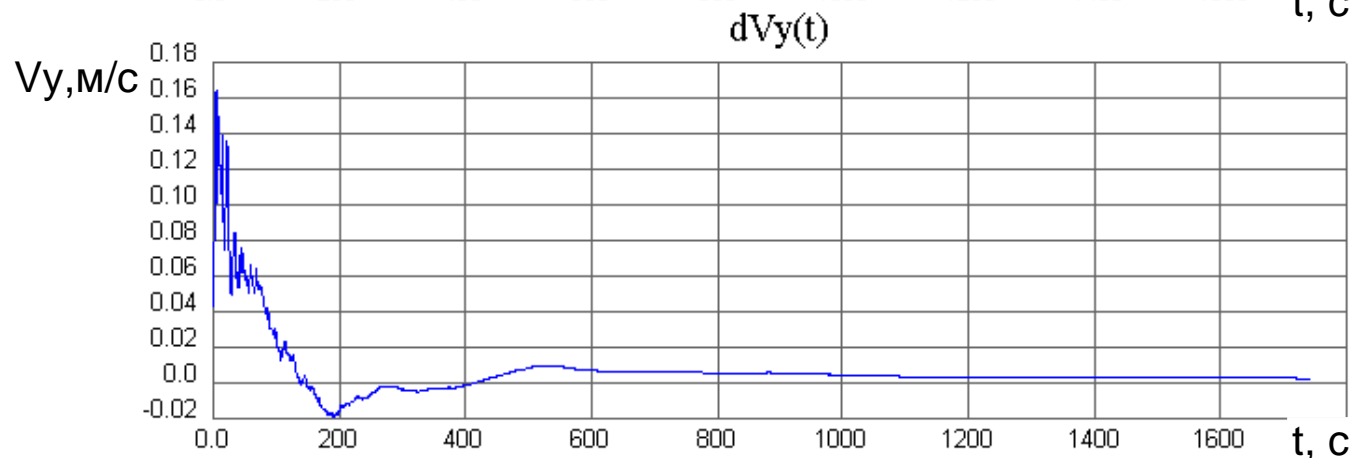
Графики ошибок определения скорости для “идеального” режима



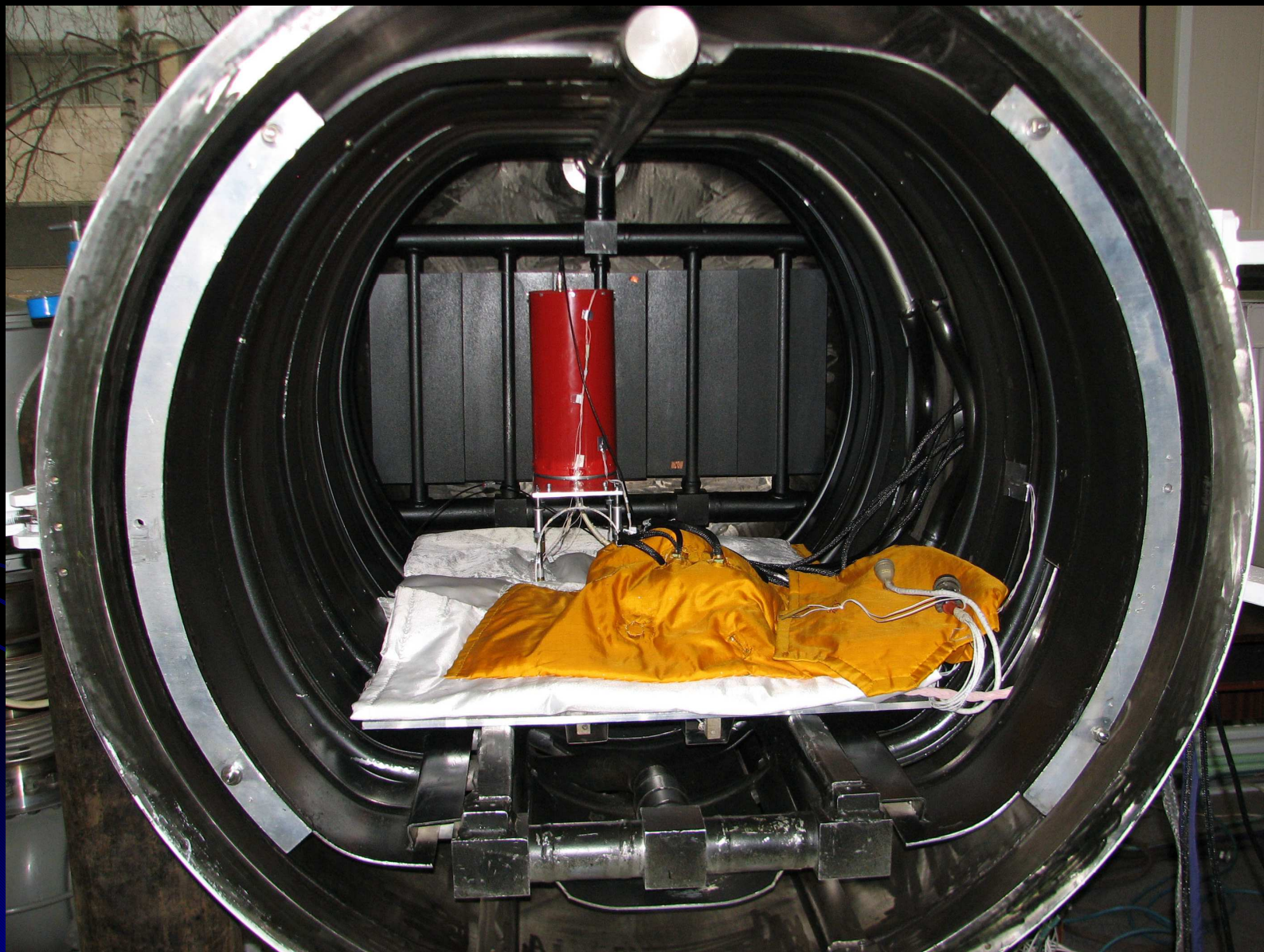
# Отработка системы АСН-М-М с ИМПВ



Графики ошибок  
определения  
скорости  
для “идеального”  
режима



# Отработка системы АСН-М-М в термовакуумной камере



A blue-tinted image of Earth from space, showing the curvature of the planet and the atmosphere. A bright star with a lens flare is visible in the upper left corner. The text "СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!" is centered in the image.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!