

# Стационарная аппаратура ГНСС для высокоточных применений

Вейцель А.В., к.т.н., Климов В.Н., к.т.н., Якубович П.Р.  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъёмка. Навигация.  
XVII Международная научно-практическая конференция. 12-13 февраля 2026 г.

# Использование высокоточных навигационных приемников ГНСС

## Специальные применения навигационных приемников:

- частотно-временные измерения
- мониторинг характеристик спутников навигационных систем
- оценка метрологических характеристик навигационных сервисов

## Требования к характеристикам приемников:

- прием всех сигналов ГНСС во всех частотных диапазонах
- стабильность характеристик измерений
- возможность калибровки аппаратных задержек
- высокоточная привязка к внешней временной шкале

# Развитие методов вторичной обработки сигналов в приемниках ГНСС

Глобальное высокоточное  
позиционирование с использованием  
точных орбит и часов

Режим дифференциального  
позиционирования с коррекциями от сетей  
базовых станций для региональной зоны

Режимы дифференциального  
позиционирования с коррекциями от  
базовых станций для локальной зоны

Режим абсолютного позиционирования  
с использованием одного приемника

80ые-90ые

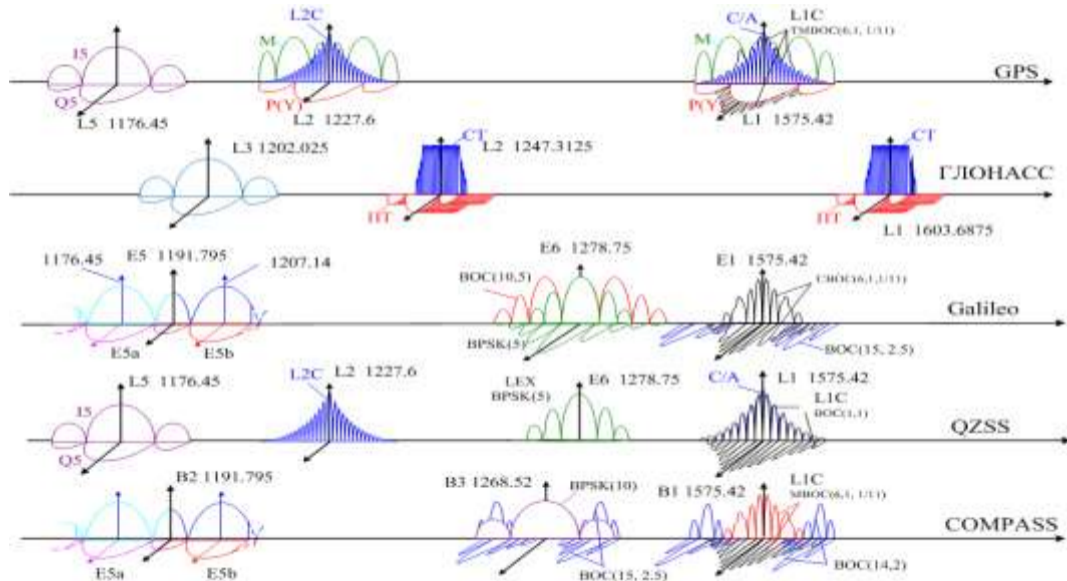
90ые-2000

2000-2010

2010-2020



# Ансамбль сигналов и частот ГНСС



# Аппаратура с высокоточными навигационными приемниками ГНСС

Разработанная аппаратура :



Существующая аппаратура –  
GTR51/GTR55:



## Характеристики высокоточной стационарной аппаратуры (исполнение 2U для 19')

- GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou  
в трех частотных диапазонах  
(L1, L2, L5/L3/E5)
- Поддержка новых кодовых сигналов  
ГЛОНАСС
- Использование внешней опорной  
частоты 10 МГц
- Синхронизация по внешнему сигналу  
точного времени 1PPS
- Внутренний рубидиевый генератор
- Протоколы Ethernet 10/100BASE-T: TCP/IP
- WEB-интерфейс для настроек и  
управления
- Погрешность измерения  
псевдодальности не более 0,1 м
- Погрешность измерения фазы несущей  
не более 1 мм



# WEB-интерфейс для стационарной аппаратуры ГНСС



Департамент: 10.00.00

Настройка | Сброс | Профиль | Обновление

Статус: Система Статус

Состояние:

GPS	14
GLN	7
GAL	9
BEI	14

Выключен частота: Не активен (красный индикатор)

Выключен PPS: Подготовлен (желтый индикатор)

Терминал: Подключен к работе (зеленый индикатор)

Запуск измерений:

- Измерения: ON
- Получение данных: ON
- Вывод данных: ON

Синхронизация:

- Ввод данных по GPS: ON
- Вывод данных по GPS: ON
- Вывод PPS: ON
- Вывод PPS по USB: ON
- Получение частоты: ON
- Вывод PPS: ON
- RTT порт: ON

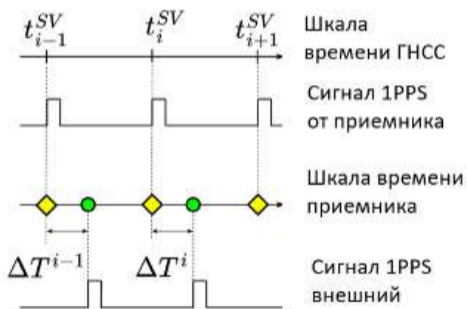
Вывод данных:

- Вывод PPS: ON
- Порт: COM1
- Синхронизация по USB: ON
- Синхронизация по USB: ON

Аппаратура:

- Получение частоты: ON
- Вывод данных: ON

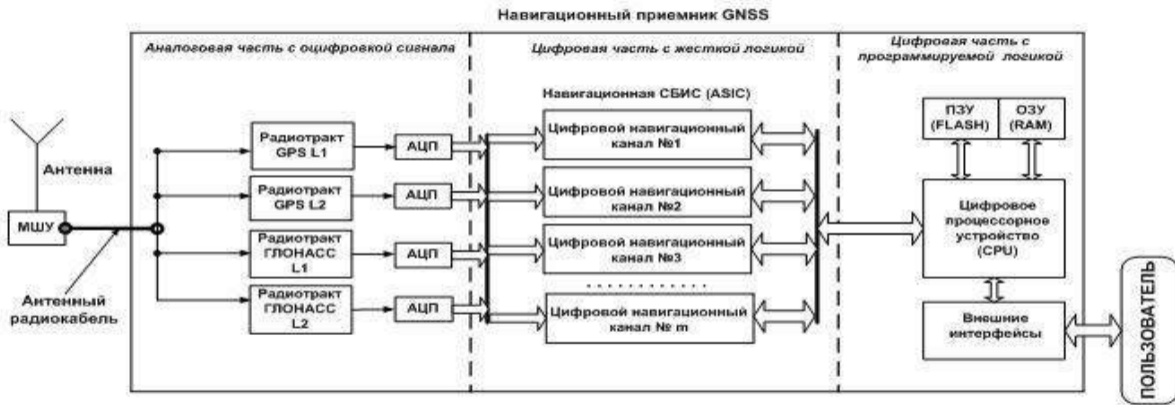
# Синхронизация аппаратуры ГНСС с внешней шкалой времени



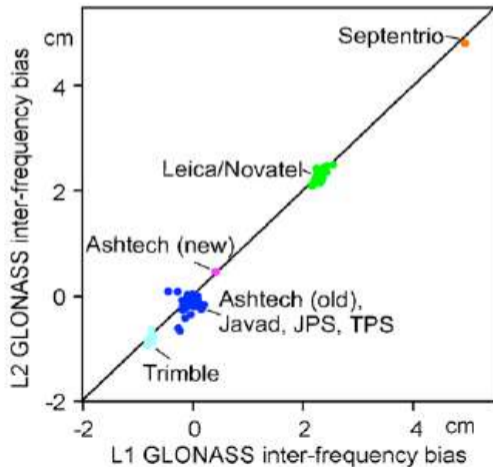
- ◆ Актуальные измерения (Actual measurements)
- Требуемые измерения (Required measurements)



# Основные части спутникового навигационного приемника



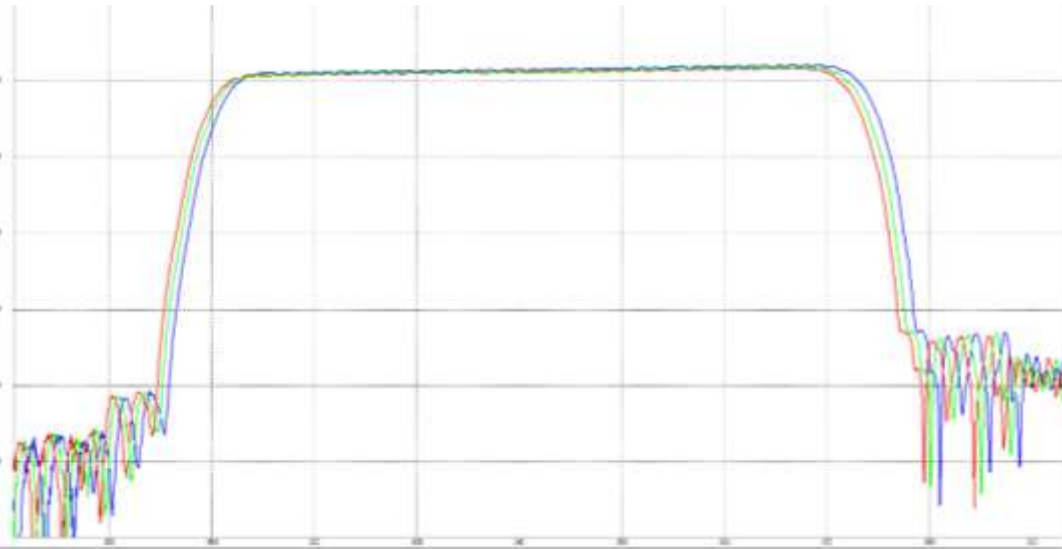
## Особенность использования сигналов с частотным разделением ГЛОНАСС



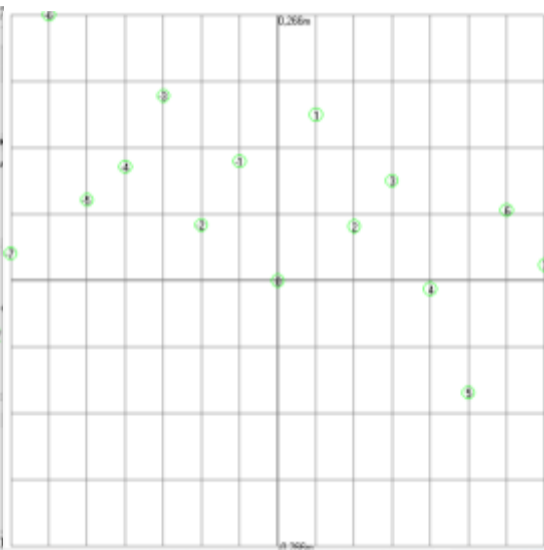
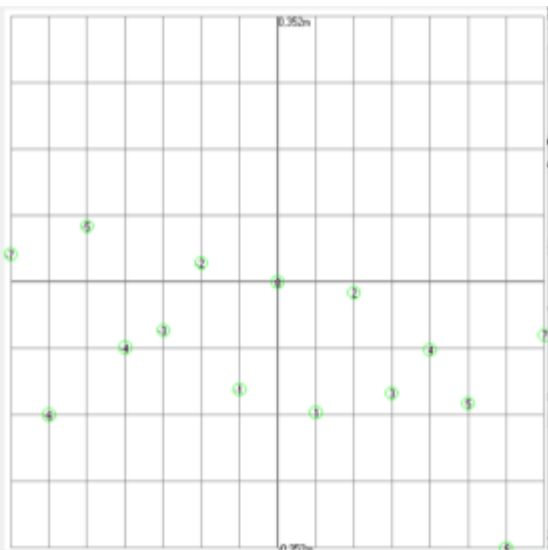
Частотное разделение сигналов – проблема ошибок смещений между измерениями для различных литерных частот КА.

Статистика по разным производителям приемников – статья Wanninger L., “CarrierPhase Inter-Frequency Biases of GLONASS receivers”, GPSWorld, 2011

# Влияние температуры на характеристики фильтра приемника



# Влияние температуры на межлитерные задержки ГЛОНАСС

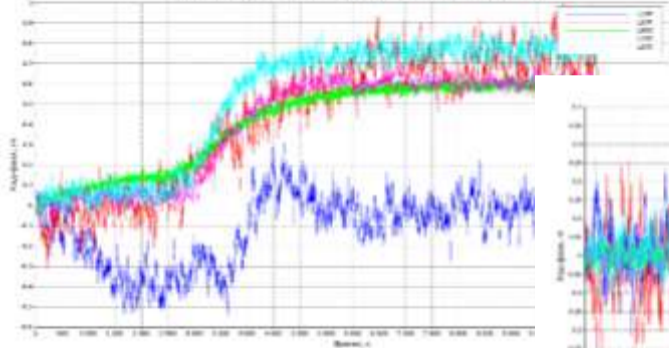


# Влияние температуры на фазовые измерения ГЛОНАСС



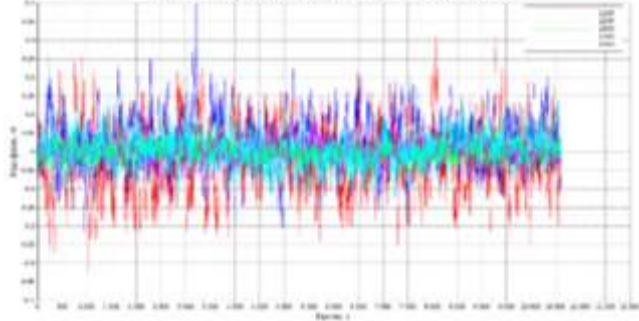
# Температурная стабилизация стационарной аппаратуры ГНСС

Зависимость разностей фаз от времени, GLONASS №11



Без температурной стабилизации

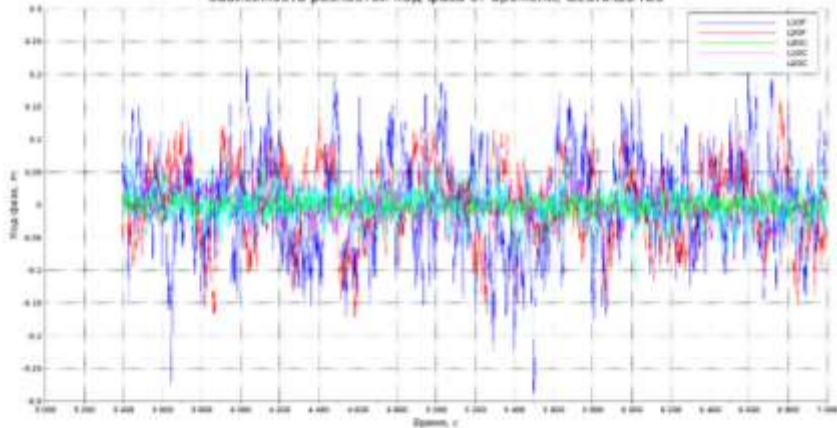
Зависимость разностей фаз от времени, GLONASS №11



С температурной стабилизацией

# Результаты испытаний – инструментальная погрешность измерений псевдодальности по фазе дальномерного кода

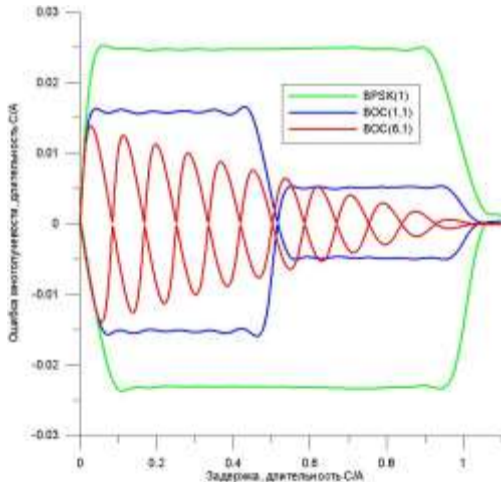
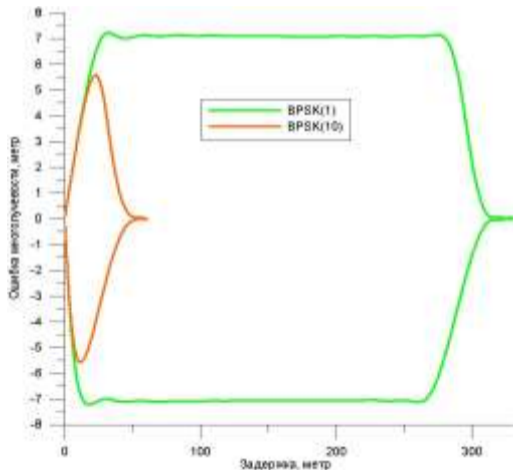
Зависимость разностей код-фаза от времени, GLONASS №6



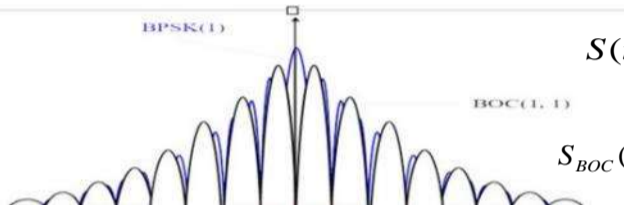
**СКО: < 10 см**



# Особенности цифровой обработки сигналов для уменьшения ошибки многолучевости



# Новые кодовые сигналы ГЛОНАСС

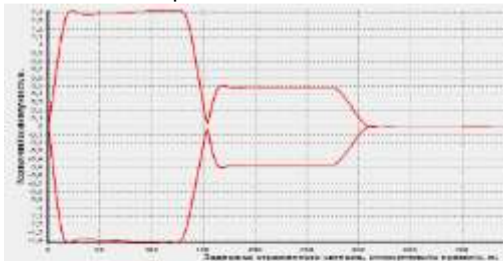
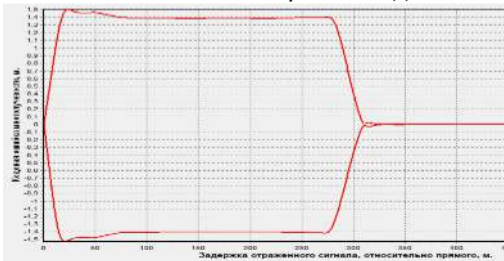


$$S(t) = A \times d(t) \times \Pi(t) \times \cos(\omega \cdot t + \varphi(t))$$

$$S_{BOC}(t) = A \times d(t) \times \Pi(t) \times Sc(t) \times \cos(\omega \cdot t + \varphi(t))$$

Новый кодовый сигнал – временное разделение L10Cd и L10Cp.

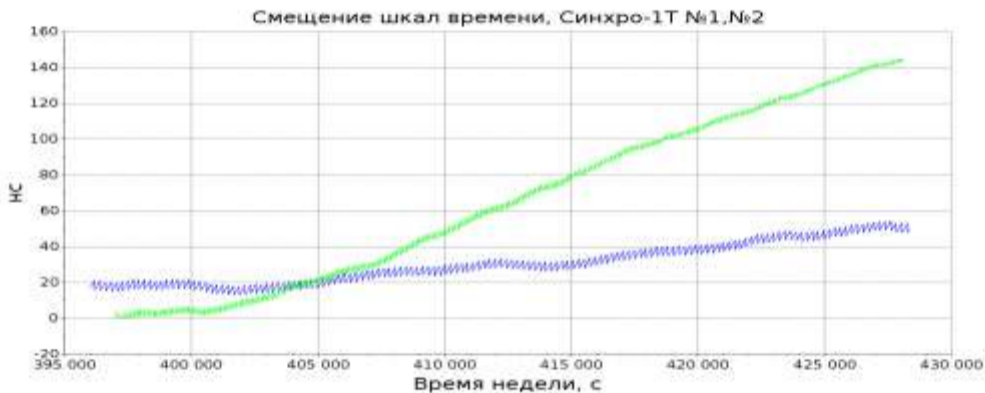
Ошибка многолучевости для сигналов L10Cd и L10Cp



## Комплекс для синхронизации – “НАП Синхро-1Т”

Характеристика	Значение	Условия работы	Вариант применения
Пределы погрешности синхронизации шкалы времени, нс	±200	Слабые или периодические помехи	Подключение «НАП Синхро-1Т» к обычной антенне ГНСС
Кратковременная нестабильность (вариация Аллана) за 100 с	$< 3 \cdot 10^{-12}$	Сильные и постоянно действующие помехи	Использование параболической антенны со специально разработанным облучателем
Коэффициент усиления параболической антенны, дБ	23	Кратковременные помехи любого уровня	Синхронизация от высокостабильного рубидиевого опорного генератора
Ширина ДН антенны по уровню половинной мощности, градус	~11		
Рабочие ГНСС	ГЛОНАСС, GPS, BeiDou		
Габариты, мм	480×503×88		
Потребляемая мощность, Вт	~100		
Масса, кг	~9		

## Экспериментальная оценка образцов “НАП Синхро-1Т”





## Перспективы высокоточных модулей нового поколения



Glonion-M1 - одностотный  
 модуль ГЛОНАСС, GPS,  
 Galileo, BeiDou,  
 QZSS, IRNSS.  
 Вывод стабильной частоты  
 10 МГц и сигнала PPS.  
 Размеры 30 x 40 мм

Glonion-M2 - двухчастотный  
 модуль ГЛОНАСС, GPS,  
 Galileo, BeiDou, QZSS,  
 IRNSS.  
 Вывод стабильной частоты  
 10 МГц и сигнала PPS.  
 Размеры 50 x 80 мм



**Спасибо за внимание!**

