

ПРОГРАММНЫЕ КОРРЕЛЯТОРЫ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ РСДБ-НАБЛЮДЕНИЙ РАДИОТЕЛЕСКОПОВ РТ-13

*И.Ф. Суркис¹, Д.В. Журавов¹, В.Ф. Зимовский¹, В.О. Кен¹, Я.Л. Курдубова¹, В.Ю. Мишин¹, Н.А.
Мишина¹, В.А. Шантырь¹*

¹Институт прикладной астрономии Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия



Программные корреляторы для обработки наблюдений радиотелескопов РТ-13



С 2012 по 2016 г. велась разработка программных корреляторов для обработки РСДБ-наблюдений «малых антенн».

Созданы два коррелятора: Коррелятор для центра корреляционной обработки РАН (Коррелятор РАН), Коррелятор для центра корреляционной обработки ГМЦ ГСВЧ (Коррелятор ГМЦ ГСВЧ).

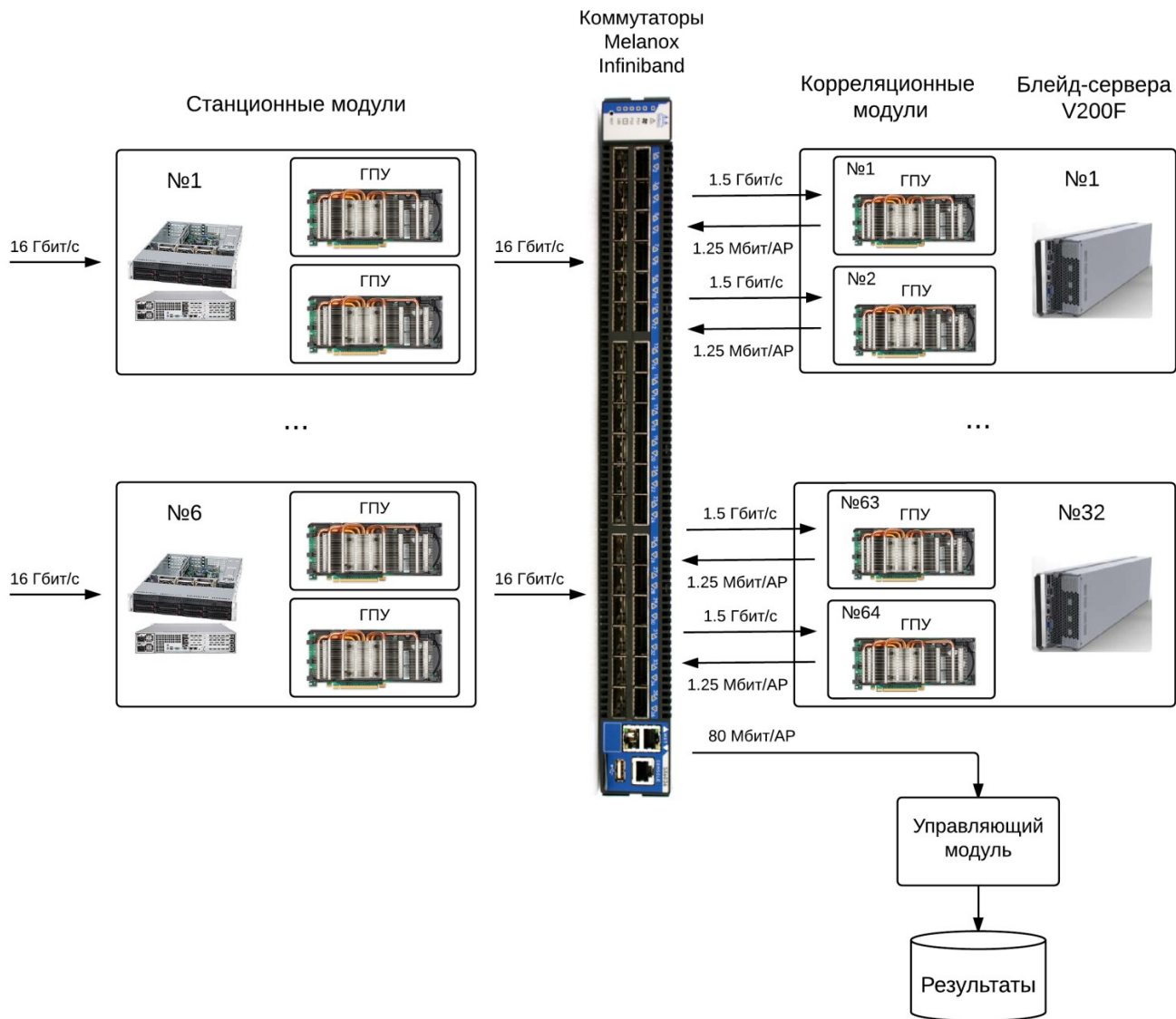


- Поток данных в момент регистрации на станции до 16 Гбит/с:
 - 2-битовое квантование;
 - ширина полосы пропускания 512 МГц, частота АЦП 1024 МГц;
 - Основные режимы регистрации:
 - 2 частотных диапазона, 1 поляризация, поток данных 4 Гбит/с;
 - 4 частотных диапазонов, 1 поляризация, поток данных 8 Гбит/с;
 - 2 частотных диапазона, 2 поляризации, поток данных 8 Гбит/с;
 - 4 частотных диапазона, 2 поляризации, поток данных 16 Гбит/с.
 - Основной режим обработки:
 - вычисление 2048 отсчетов кросс-спектров;
 - выделение 16 тонов ГПИ.
- Точность вычисления групповых задержек – не хуже 10 пс.
- Производительность корреляторов:
 - Коррелятор РАН:
 - Максимальный входной поток данных 96 Гбит/с (6 станций по 16 Гбит/с).
 - Коррелятор ГМЦ ГСВЧ:
 - Максимальный входной поток данных – 32 Гбит/с (4 станции по 8 Гбит/с, 6 станций с меньшими потоками).

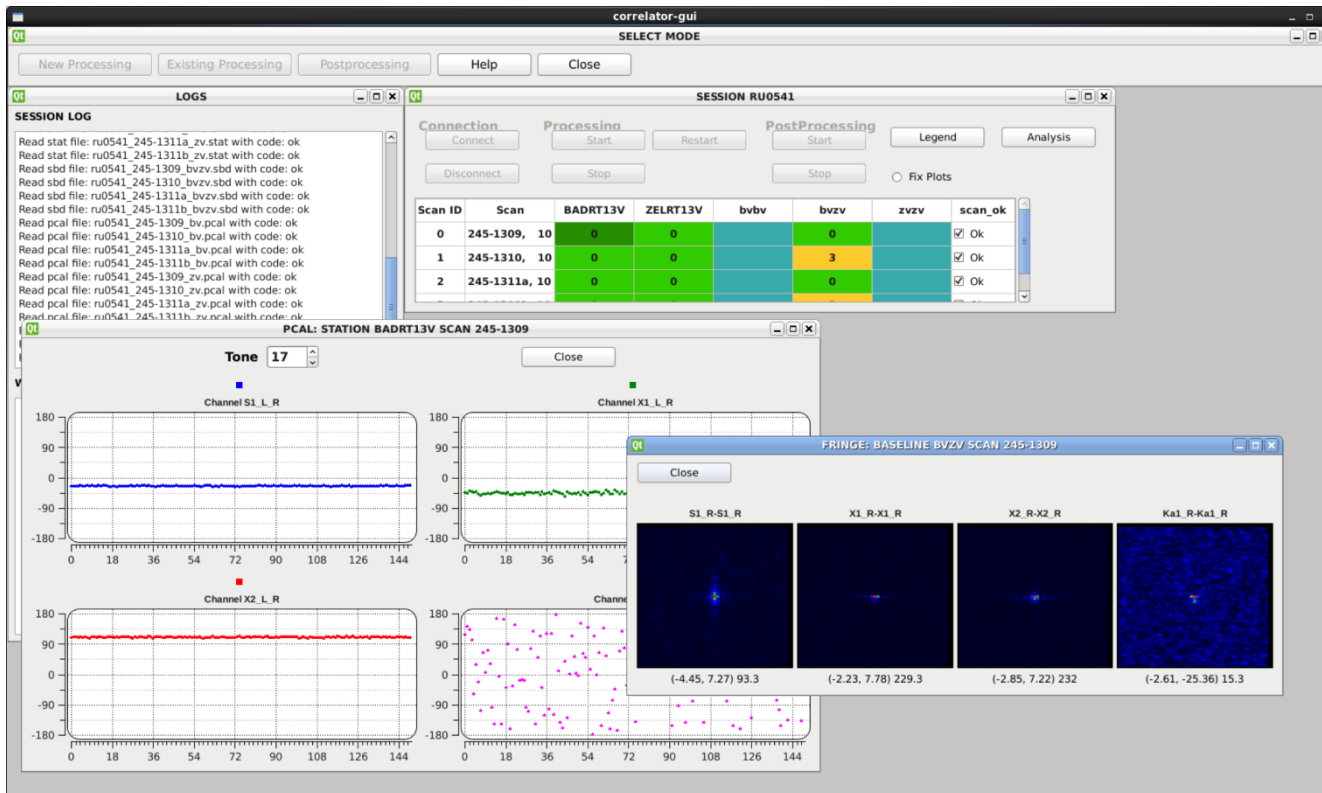
- Программные FX корреляторы;
- Реализация наиболее трудоемких вычислений на графических процессорных устройствах (ГПУ) NVIDIA Tesla® K20:
 - Битовые операции с потоками данных;
 - Выделение калибровочных сигналов;
 - БПФ;
 - Перемножение и суммирование спектров сигналов.
- Аппаратное обеспечение коррелятора – процессорный кластер из гибридных блейд-серверов разработки ОАО «Т-Платформы»:
 - Каждый сервер содержит 2 процессора Intel E5-2670, 8-core, 2.6 ГГц и 2 ГПУ NVIDIA Tesla® K20;
 - По 256 (на входных серверах) и по 64 (на остальных серверах) Гбайт ОЗУ;
 - Системная сеть Mellanox Infiniband 56 Гбит/с между серверами;
 - Входная сеть – 10 Гбит/с Ethernet.



Организация обработки входных потоков данных



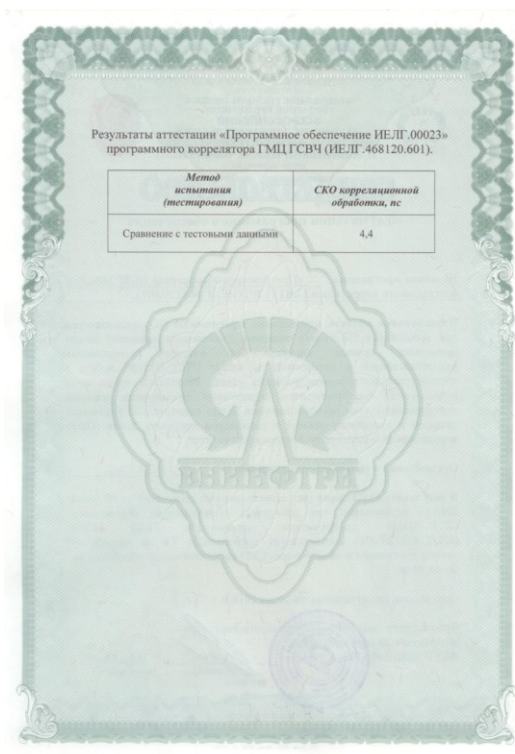
- Реализованы все этапы обработки РСДБ-сигналов, от анализа входных данных (файлы планирования, лог-файлы станций, данные формата VDIF или Mark5B) до создания выходных NGS файлов.
- Языки программирования C, C++, Fortran (эфемеридное обеспечение).
- Использование функций MPI и pthread.
- Реализация пользовательского интерфейса библиотеками Qt.



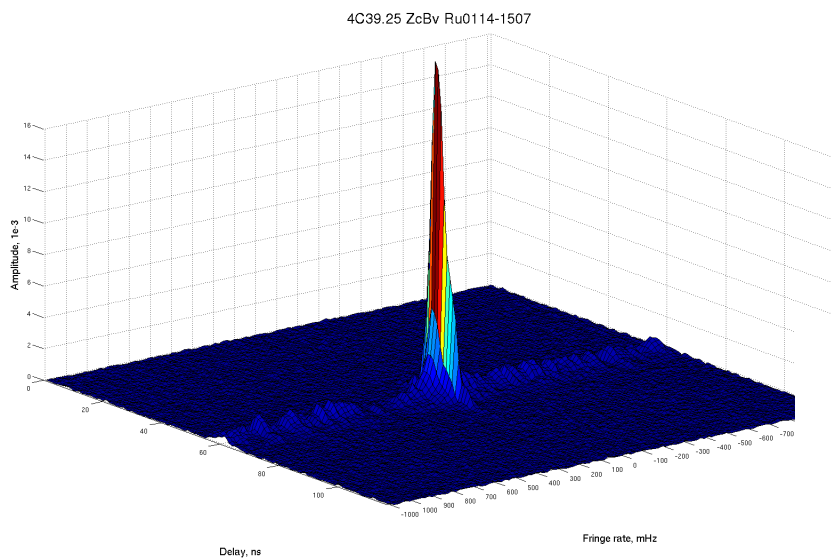
Метод аттестации - сравнение с тестовыми сигналами, обладающих заранее известной задержкой, введённой при их формировании.

Результаты аттестации. Максимально допустимое СКО определения групповых задержек коррелятором:

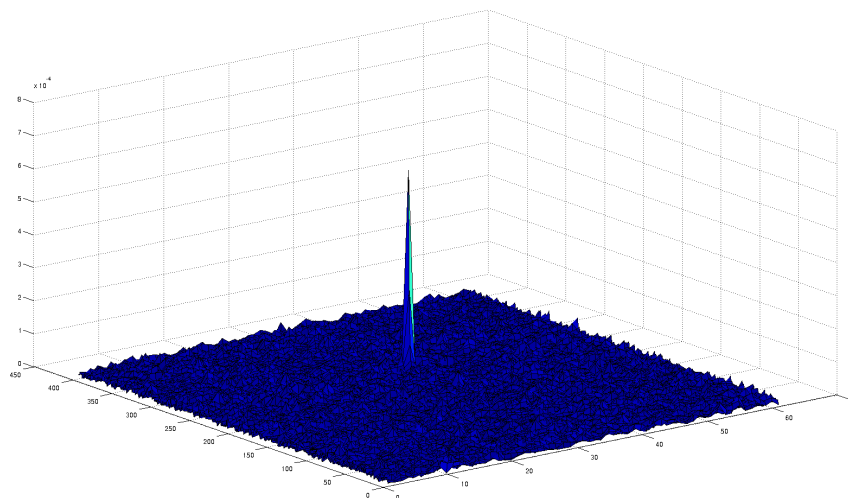
- в соответствии с ТЗ 10 пс;
- значения, полученные в ходе аттестации 4,4 пс.



- Ширина полосы пропускания частного канала 512 МГц. Диапазон X (3.5 см).
- Получены корреляционные отклики.



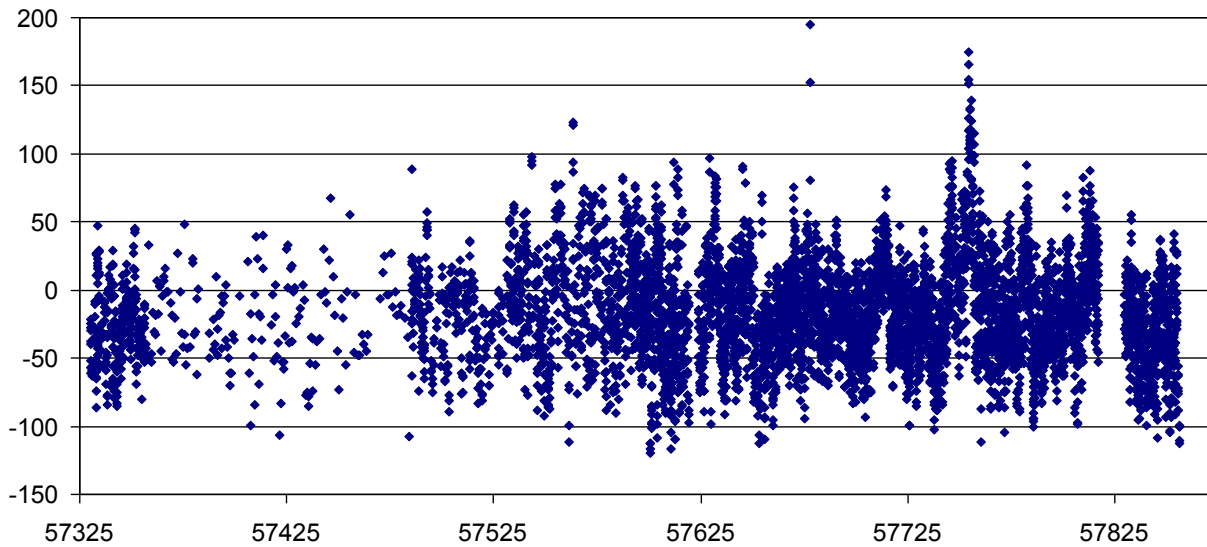
Наблюдения 16.03.2015.
Бадары **РТ-13**,
Зеленчукская **РТ-32**



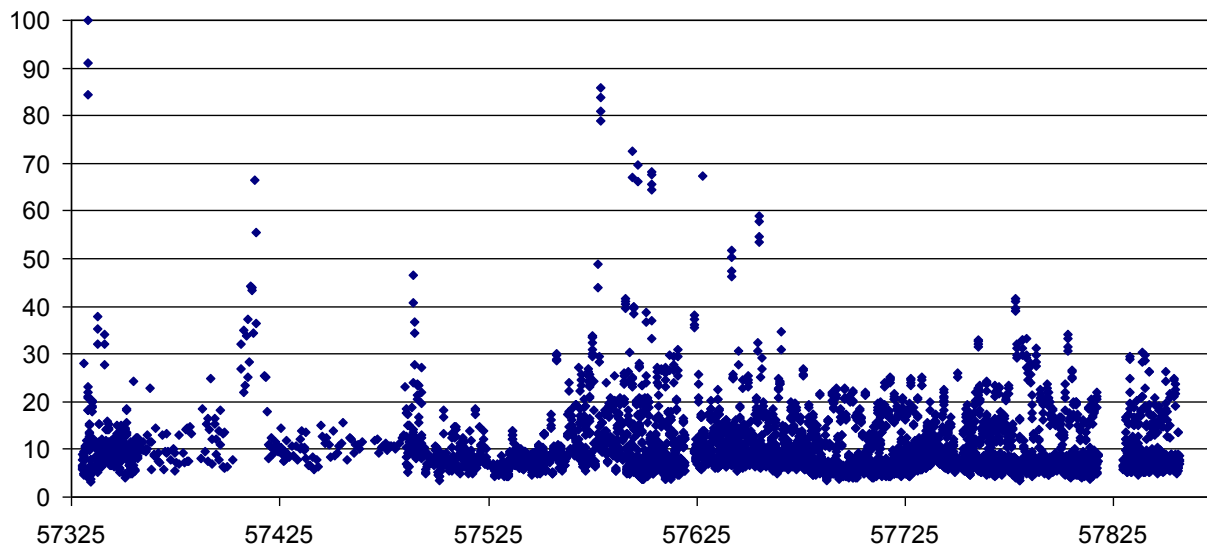
Наблюдения 16.04.2015.
Обе антенны **РТ-13**

- Первые NGS-файлы, первые оценки Всемирного времени начиная с июня 2015 г.
- С 4 по 24 ноября 2015 г. – участие в Государственных испытаниях ОКР «Квазар-М» в качестве средства первичной обработки. Проводится и обрабатывается до 4 сессий наблюдений в сутки.
- После окончания Государственных испытаний – продолжение проведения и обработки сессий наблюдений; всего за 2015 г. обработано 137 сессий наблюдений.
- До настоящего времени обработано более 2000 сессий наблюдений.
- В настоящее время проводится и обрабатывается 6 сессий наблюдений в сутки:
 - 5 сессий в диапазонах S/X длительностью 1 час;
 - 1 сессия в диапазонах S/X/Ka длительностью 30 мин.

Результаты обработки сессий с 4 ноября 2015 г. по 13 апреля 2017 г.



Всемирное время
UT1-UTC, отклонение
от EOP C04, мкс



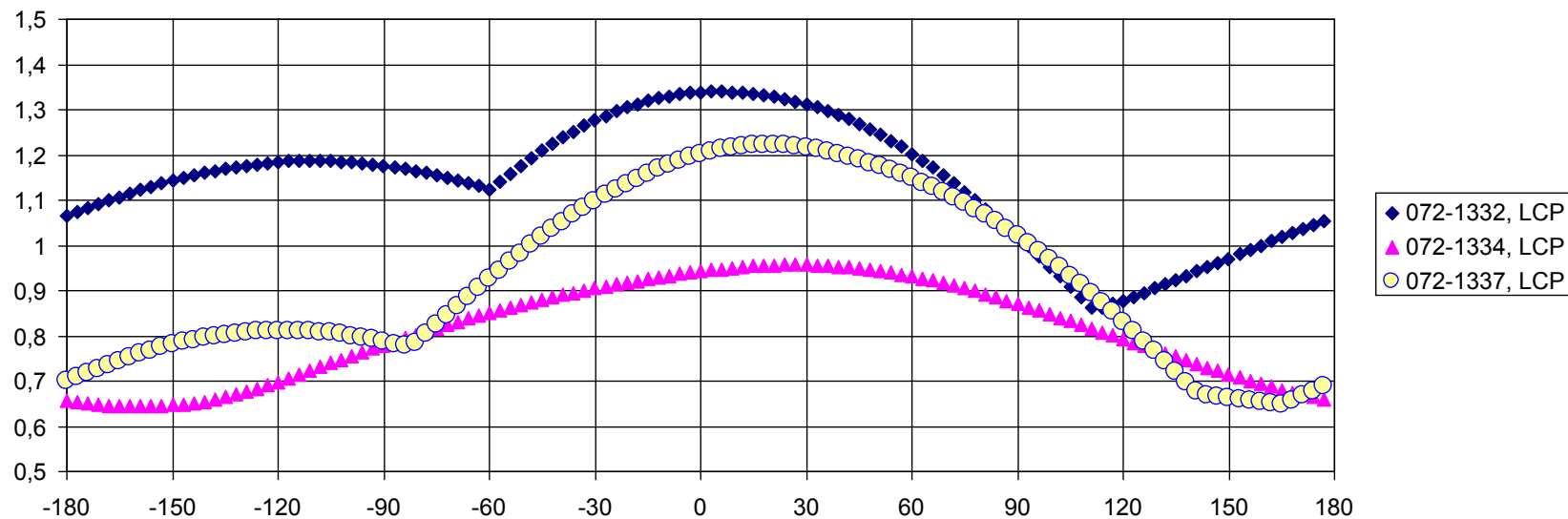
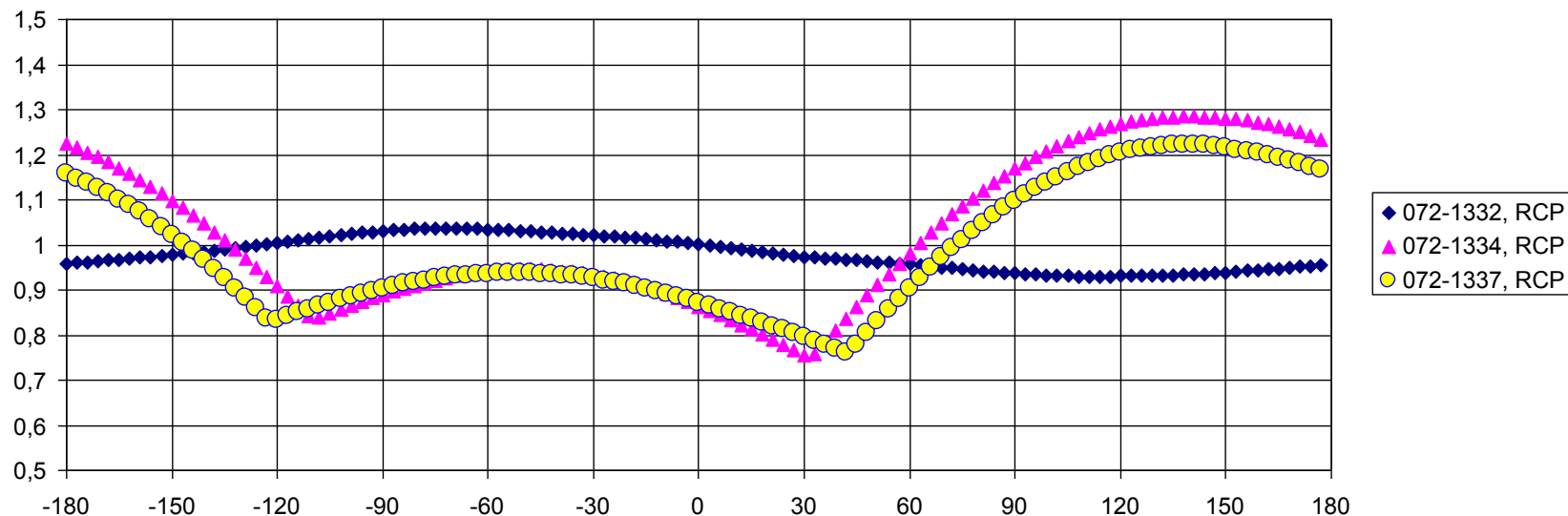
СКП определения
всемирного времени,
мкс

13 марта 2017 г, сессия ru0686.

Корреляция между радиотелескопами РТ-13 Бадары – круговые поляризации, и Зеленчукская – линейные поляризации.

Получены кросскорреляции для трех сканов, во всех сочетаниях поляризаций: RCP – HLP, RCP – VLP, LCP – HLP, LCP – VLP.

Построены синтезированные кросскорреляционные отклики.

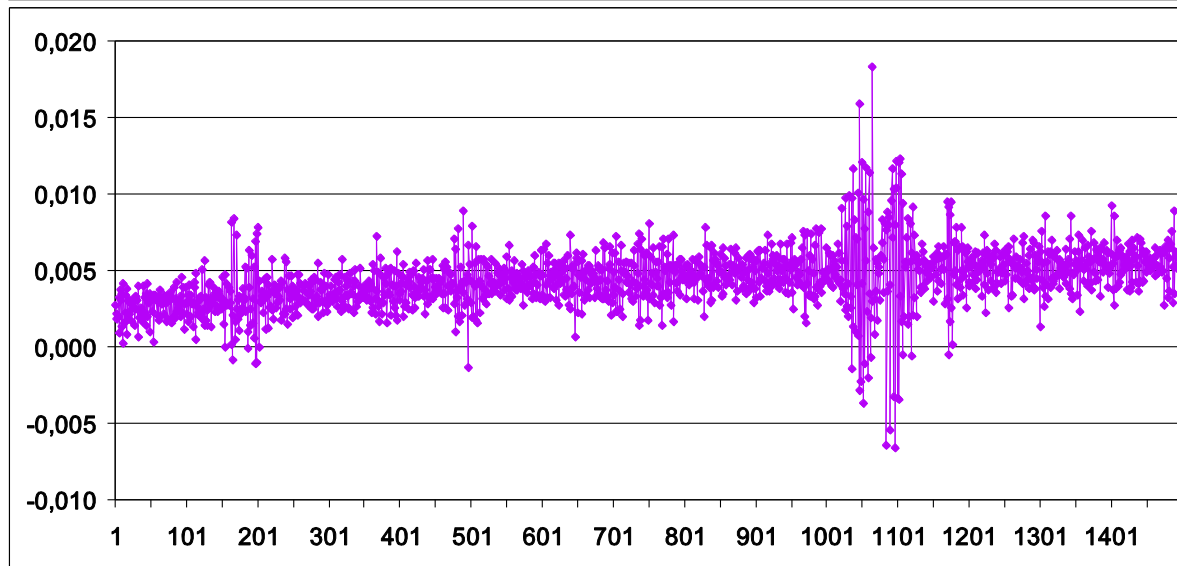
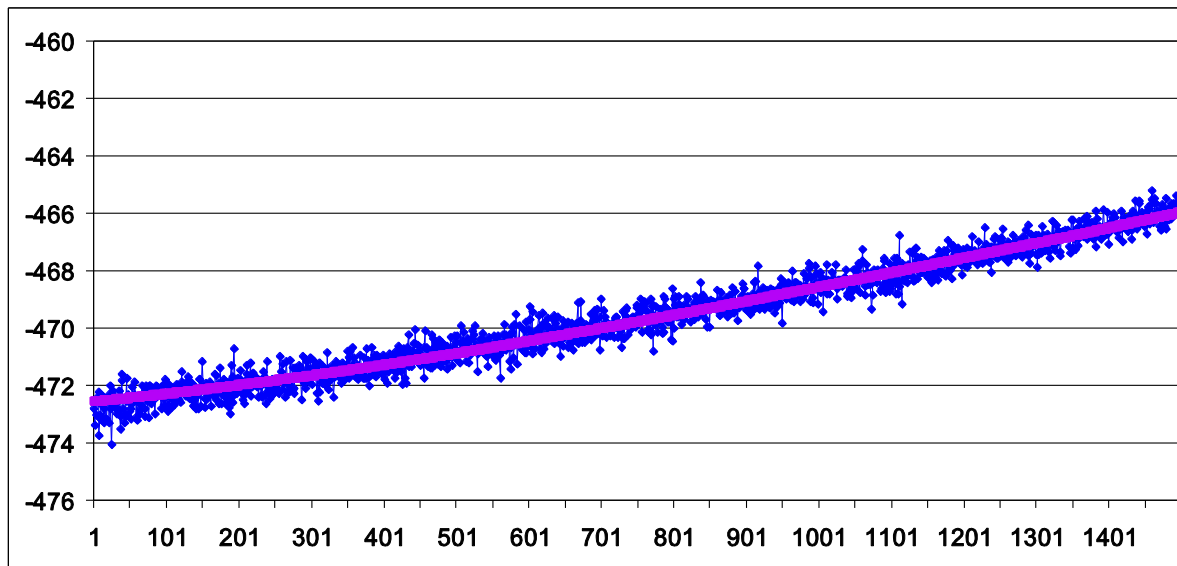


- Проверяется возможность обработки данных станции с априори плохо известными координатами (с ошибкой до 6 км) и плохо синхронизованными стандартами времени (с ошибкой 1 мкс). Для эксперимента искусственно введена ошибка в каталог координат РТ-13 Бадары и загрублены данные синхронизации водородных мазеров.
- Смещение задержки до 20 мкс, частоты интерференции до 12 Гц.
- Режим обработки сессии наблюдений коррелятором: 65536 отсчетов кросскорреляционной функции, период накопления 32 мс.
- Ширина корреляционного окна 128 мкс по задержки (при частоте квантования 1024 МГц), 31.25 Гц по частоте интерференции
- Получены «грубые» корреляционные отклики (с точностью 2 нс по задержке и 0.1 Гц по частоте интерференции). Скорректированы координаты «мобильной» станции. Выполнена переобработка данных коррелятором в обычном режиме.
- Выполнен анализ данных пакетом вторичной обработки «Quasar». Оценены поправки к координатам станции.
- Восстановлены исходные координаты с точностью сантиметры.

База Бадары-Зеленчукская

Невязки амплитудной (синим цветом) и фазовой (красным цветом) задержек, м

Разности соседних значений невязок фазовой задержки, м



Спасибо!

