

*Модернизация кинематических узлов и механизмов
отражающего элемента РАТАН-600: моделирование, способ и
результаты испытаний.*

Стороженко А.А. (САО РАН)
Хайкин В.Б., (САО РАН),
Яковенко С. (САО РАН)
Богод В.М., (САО РАН),
Яковлев С.В. («ИнРИТеХ»).

Аннотация

Поисковых работ по улучшению кинематических узлов и механизмов ОЭ радиотелескопа РАТАН-600 проводились в 2010-2011гг в рамках программы ЦКП. Изданы официальные отчеты и публикации:

- Богод В.М., Рябуха В.С., Хайкин В.Б., Призов П.В., Лебедев М.А., Стороженко А.А., Хенталов А.В., Рябуха Ю.В., Яковлев С. Результаты поисковых исследований по улучшению качественных характеристик радиотелескопа РАТАН-600 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 46-56.
- С. В. Яковлев, В. В. Якунин, А. А. Стороженко, Н. Н. Бурсов, В. Б. Хайкин Результаты геодезических измерений топографии поверхности и точности позиционирования щитов РАТАН-600 лазерным трекером API tracker 3 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 103-108.
- Великотный М.А., Хайкин В.Б., Стороженко А.А., Богод В.М. Применение колес с биконической поверхностью катания для решения задачи высокоточного позиционирования облучателей РАТАН-600 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 134-139.

В данной работе представлен наиболее эффективный вариант модернизации ОЭ и результаты его испытаний.

Выполнен большой объем работ по конструкторской проработке кинематических узлов и механизмов щита РАТАН-600, в том числе с применением 3D САПР.

Предложено решение с учетом новой концепции приводов ОЭ, которая включает элементы кинематической схемы с высоким КПД такие как ШВП, высокоточные гибридные редукторы, ШРУСы и другие элементы конструкции.

Для испытаний предложенных решений была разработана и запущена в работу АСУ положением ОЭ главного зеркала.

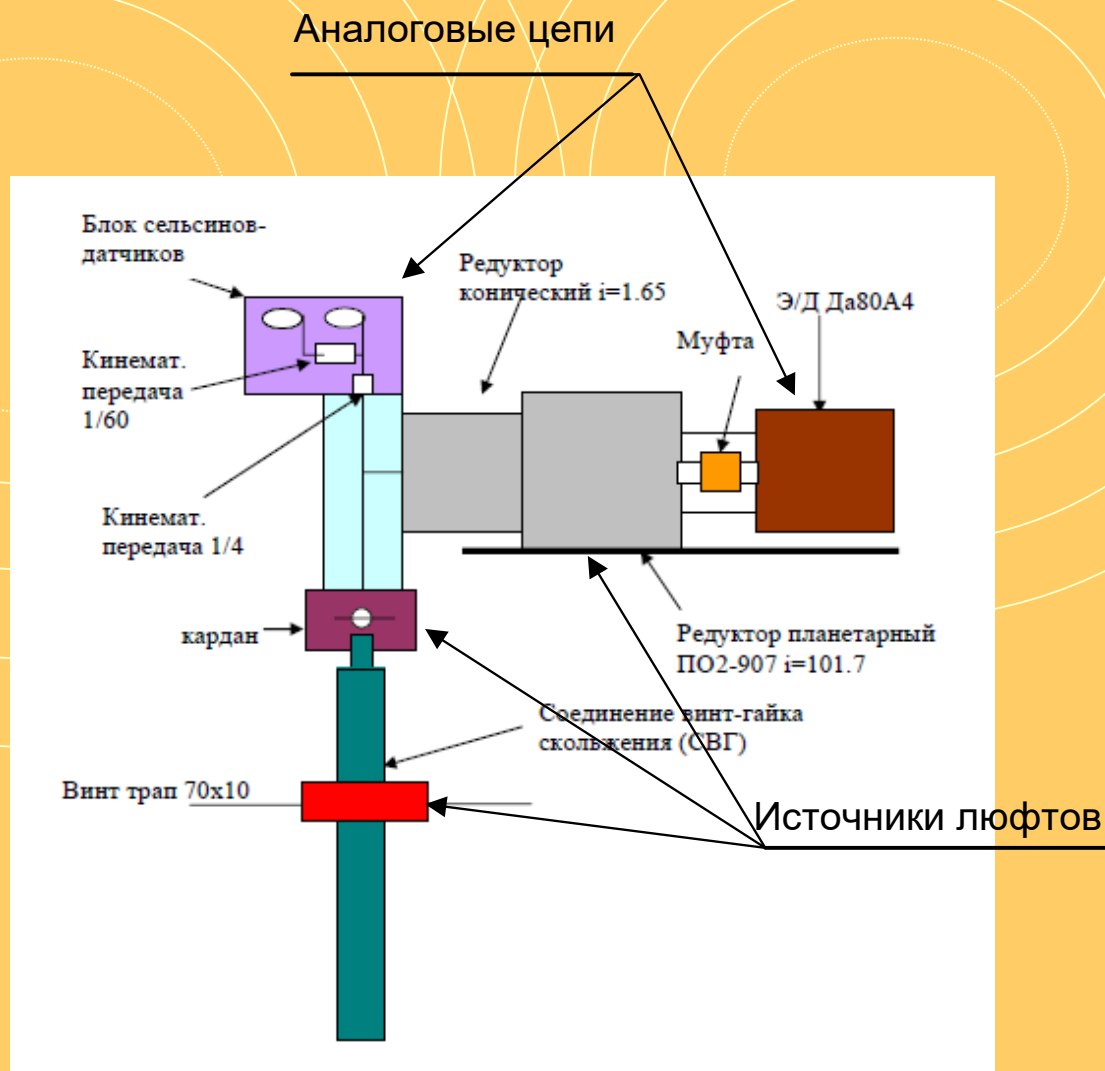
В разработке, изготовлении, поставке новых кинематических узлов и механизмов а также в их наладке на РАТАН-600 принимали активное участие:

- ЗАО “Технический Центр Н” (г.Ярославль) - ШВП
- Завод Мехатронных изделий - ЗМИ (Москва) - вариант аникоррозийного покрытия ШВП и эластомерные муфты
- ООО “Арттех” (Санкт-Петербург) - ШРУС, оснастка для крепления гибридного редуктора и привода
- ЗАО “Сервотехника”, Москва - Интегрированный шаговый сервопривод с абсолютным энкодером (СПШ-34-100)
- Гибридные редукторы АРЕХ и упорно-радиальные подшипники (ЗАО “Сервотехника-Нева”, Санкт-Петербург)
- Синхронный сервопривод с абсолютным энкодером и контроллером (ЗАО “Фесто”)

Цели модернизации

- **Повышения точности позиционирования**
- **Повышения быстродействия, скорости перемещения ОЭ**
- **Повышение ресурса ОЭ, снижение эксплуатационных затрат и потерь наблюдательного времени, вызванных ремонтно-профилактическими работами**
- **Реализации перспективных режимов работы включая режим сопровождения. Режим длительного сопровождения на антенной системе “Юг+Плоский” особенно остро востребован для изучения динамики быстропеременных процессов и вспышечной активности Солнца.**

Кинематическая схема привода существующего ОЭ



Соединение винт-гайка - СВГ

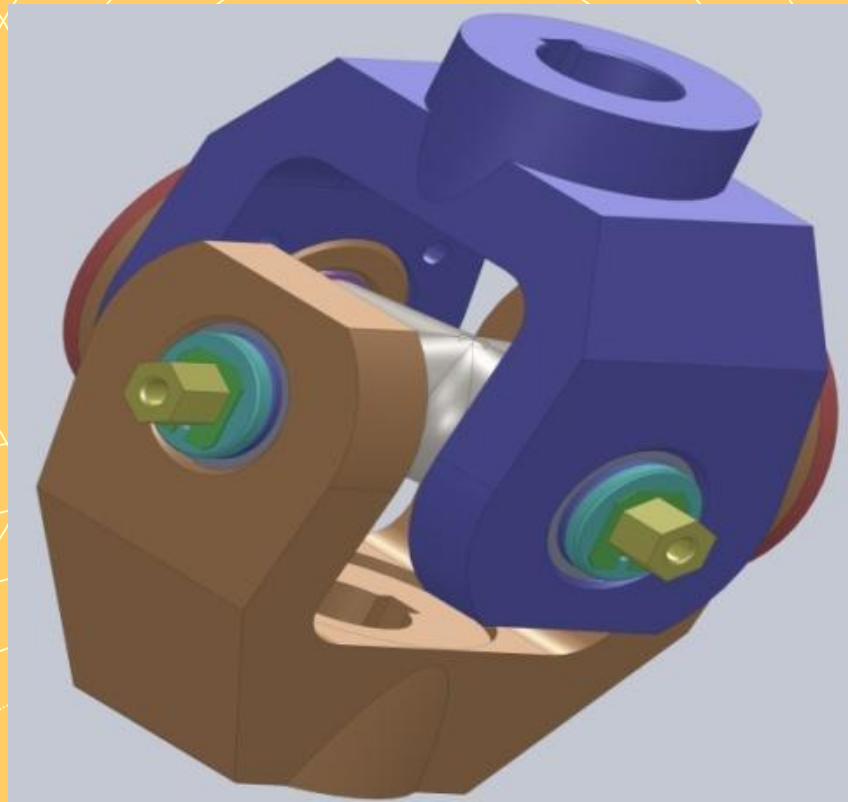


Процедура замены угломестного винта



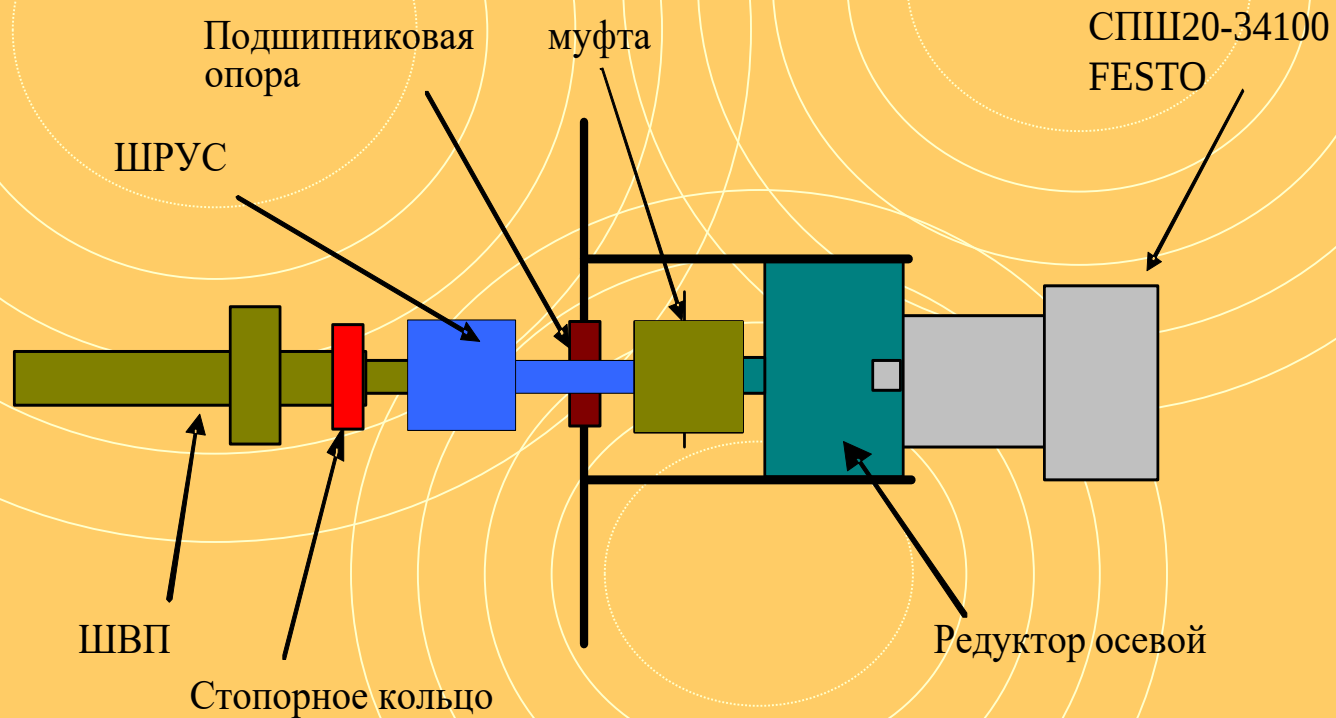
- интенсивное образование абразивного материала
- эффект «срыва» резьбы – неуправляемое движение ОЭ
- трудозатратный процесс обслуживания СВГ

Карданный механизм



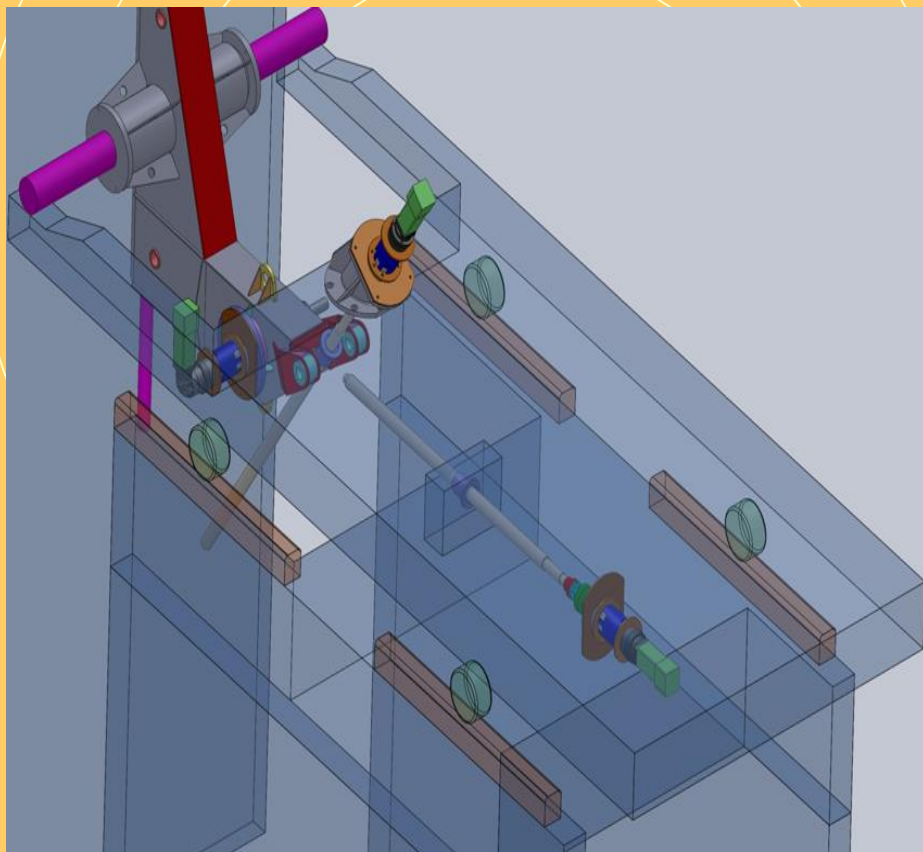
- износ шарниров карданных механизмов
- нелинейная передаточная характеристика угловых моментов и скоростей

Предложенная блок-схема привода ОЭ кругового отражателя РАТАН-600

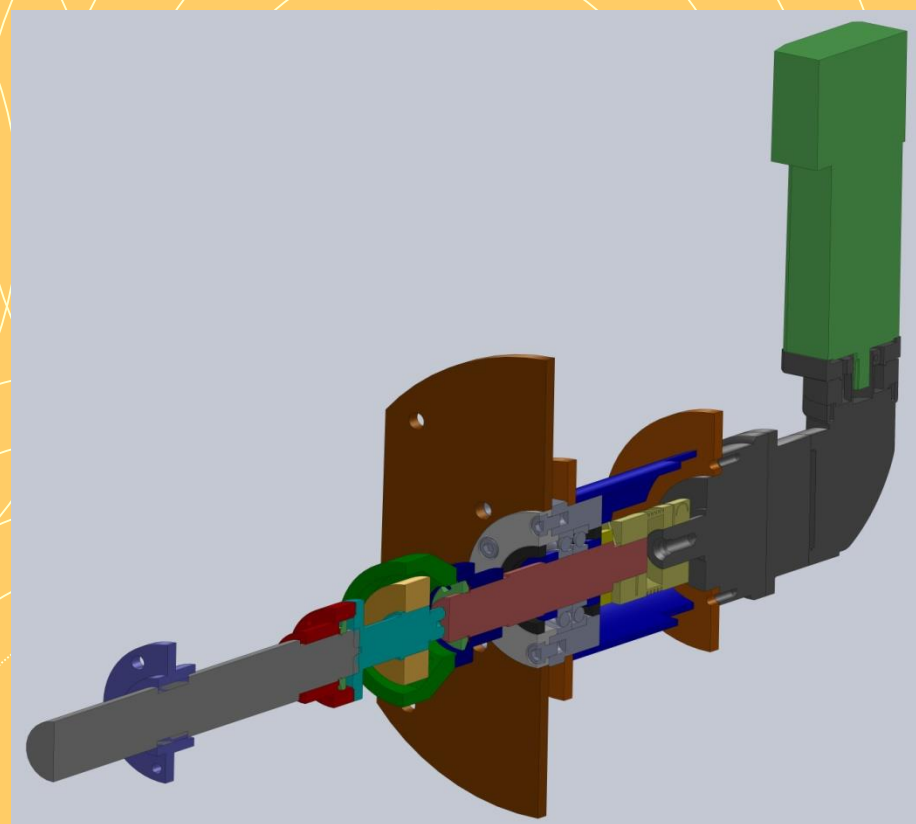


Конструкторская проработка приводов ОЭ по всем осям

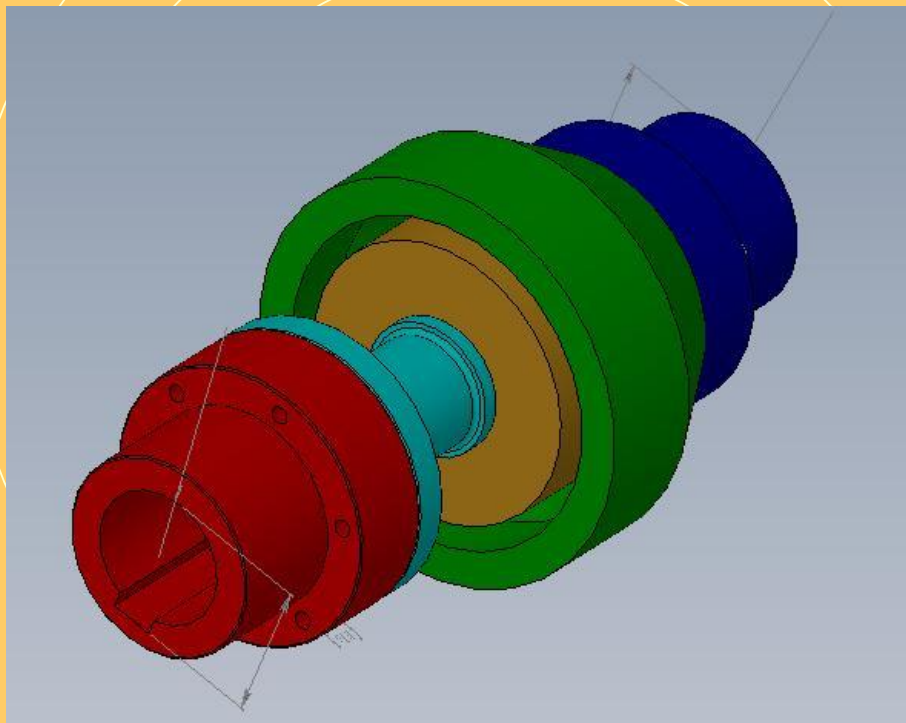
Модель щита РАТАН-600, вид 3D



Модель привода



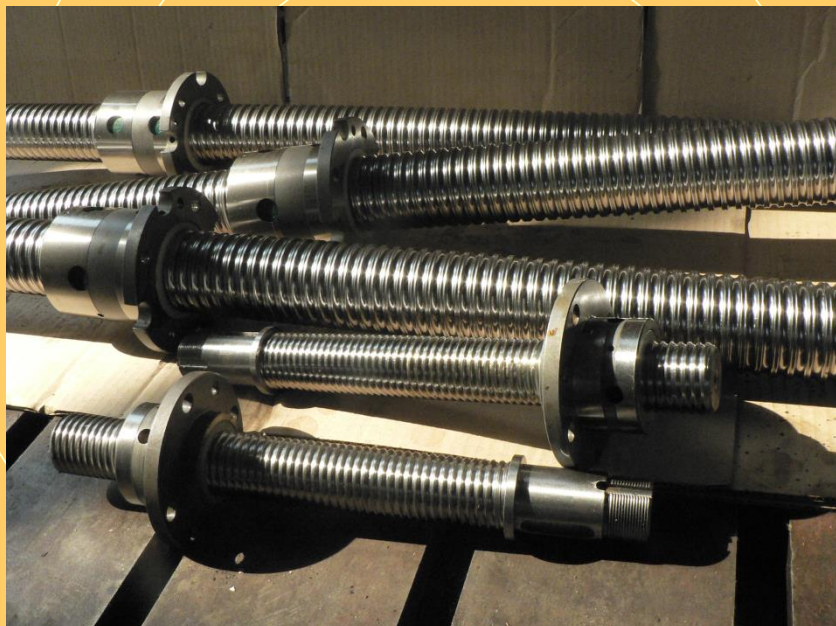
Разработка конструкции ШРУС



- исходная конструкция – серийно изготавливаемый ШРУС
- в конструкцию ШРУС внесены существенные изменения
- обеспечены необходимые механические и кинематические характеристики этого узла

Основные узлы модернизируемого привода

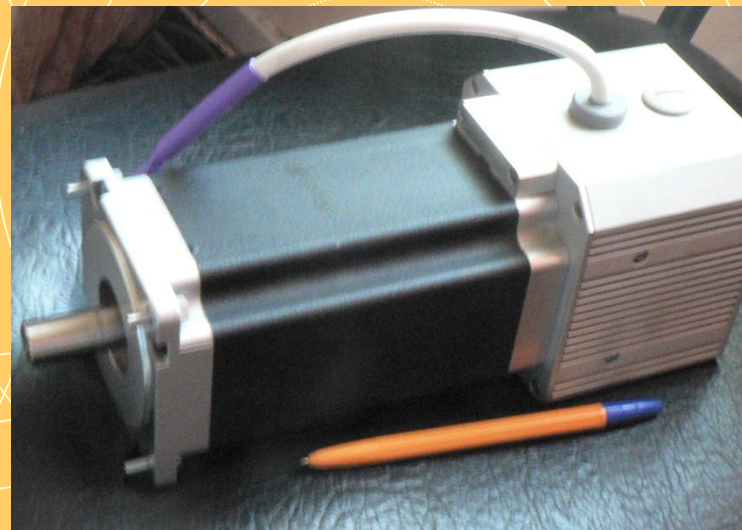
ШВП для трех координат



ШРУС



Цифровой шаговый серводвигатель.



ПАРАМЕТРЫ

Шаговый сервопривод СПШ20-34
Дискрет энкодера 2 микрона
Максимальное число оборотов 600 об./мин
Редукция 10 (20)
Момент на валу 10 Нм
Мощность 270 Вт
Номинальный ток 6.5 А
Люфт редуктора 6' (0.005 мм на щите)

Монтаж и настройка новых цифровых приводов.

FESTO



СПШ20-34



Схема управления сервоприводами СПШ43-100

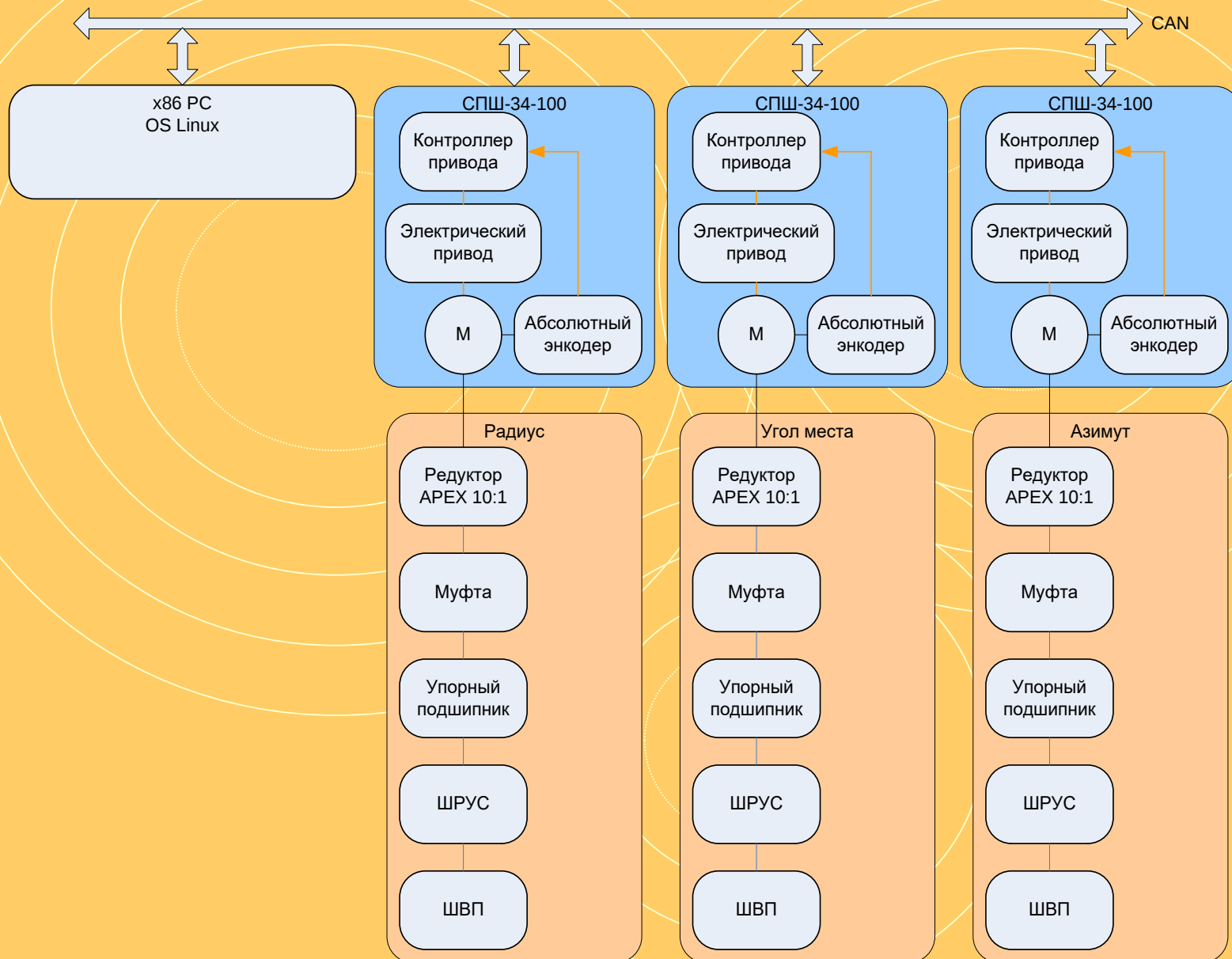
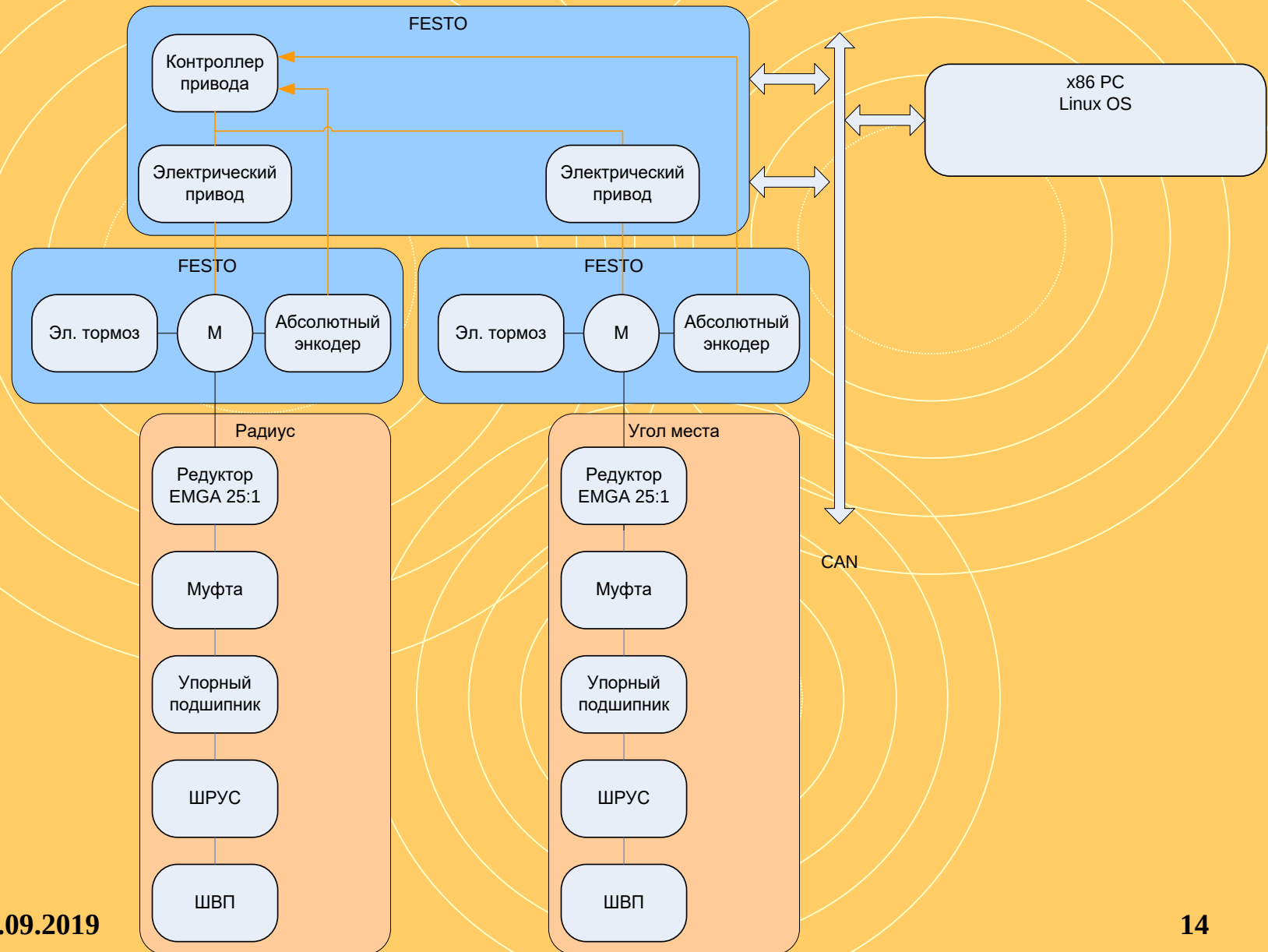
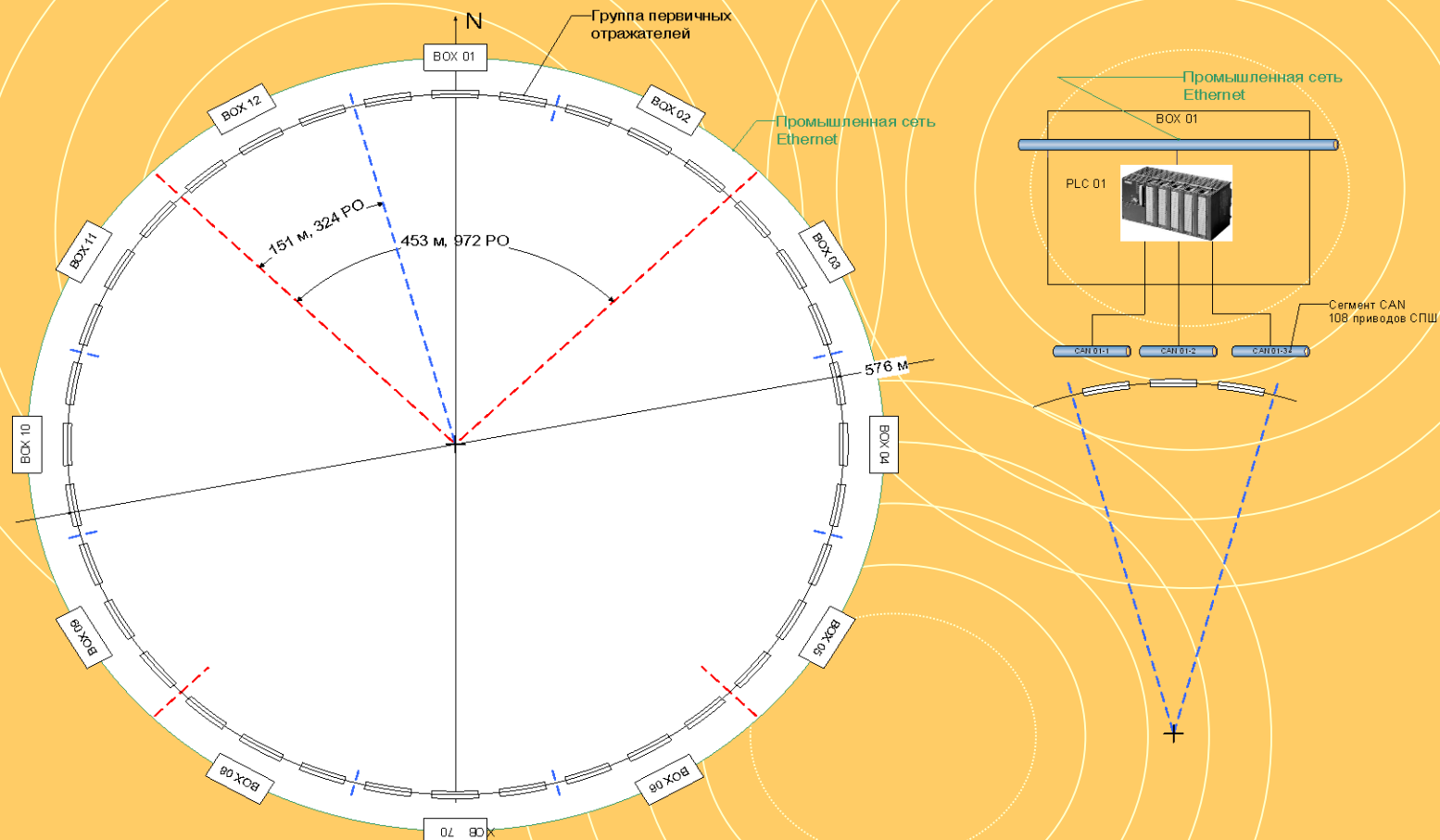


Схема управления сервоприводами FESTO

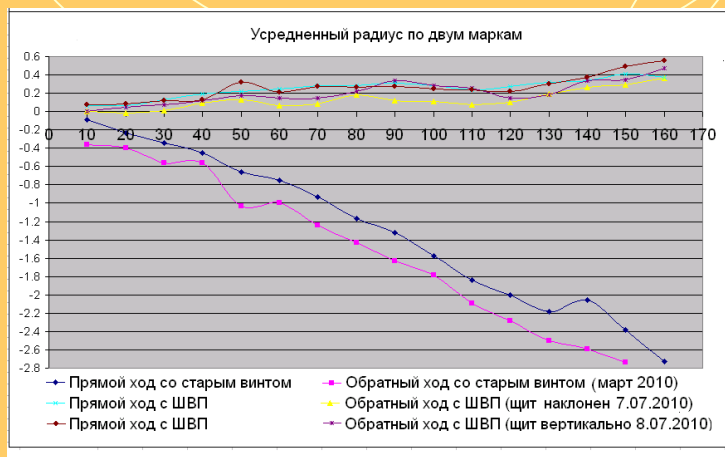


Вариант схемы АСУ с новыми приводами ОЭ



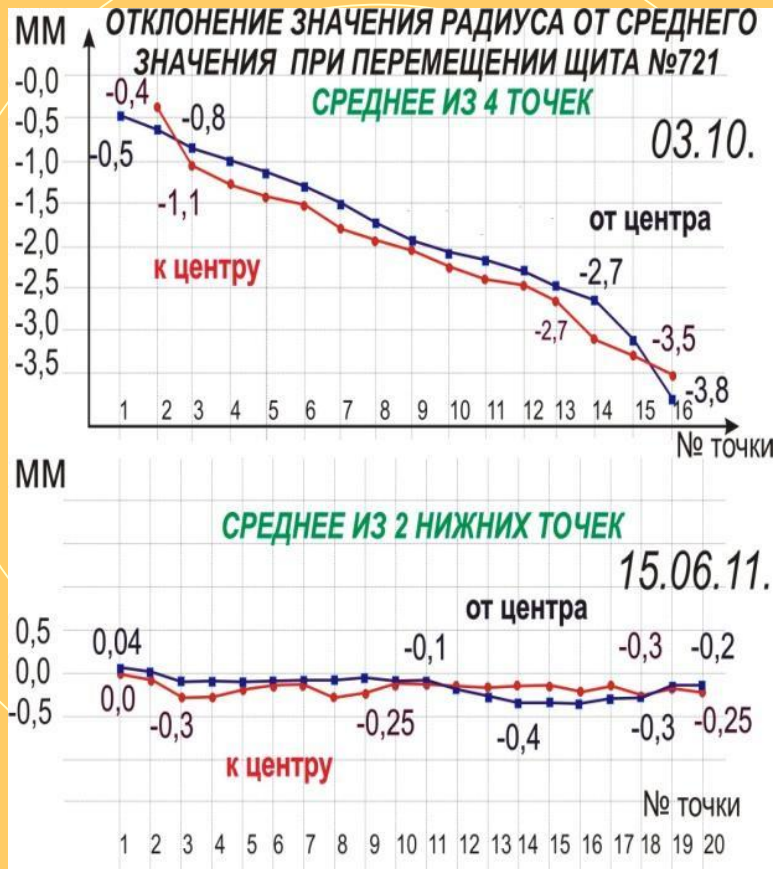
Предложенный сервопривод СПШ20-34 рассчитан на работу в многоэлементных сетях ETHERNET и системы управления с помощью интерфейсов CAN и RS-485.

Измерения методами лазерной геодезии



09.09.2019

Результаты измерений методами лазерной геодезии



15.03.2010. С.к.о. разности между значениями прямо и обратно 0,23 мм.
 15.06.2011. Шаг перемещения щита 50 мм.
 С.к.о. разности между значениями прямо и обратно 0,12 мм



15.03.2010. С.к.о. отклонения от среднего значения перемещения 0,3', наклон $\pm 0,5'$
 15.06.2011. С.к. о. отклонения от среднего значения 0,2' наклон $\pm 0,2'$

Результаты измерений методами лазерной геодезии



15.03.10 С.к.о. разности прямо и обратно 0,18'

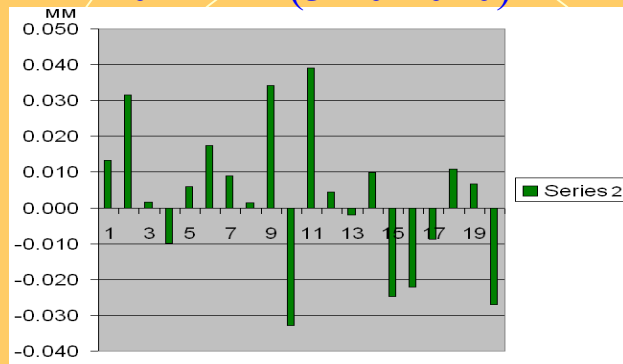
14.06.11. С.к.о. разности прямо и обратно 0,04'.

Выводы

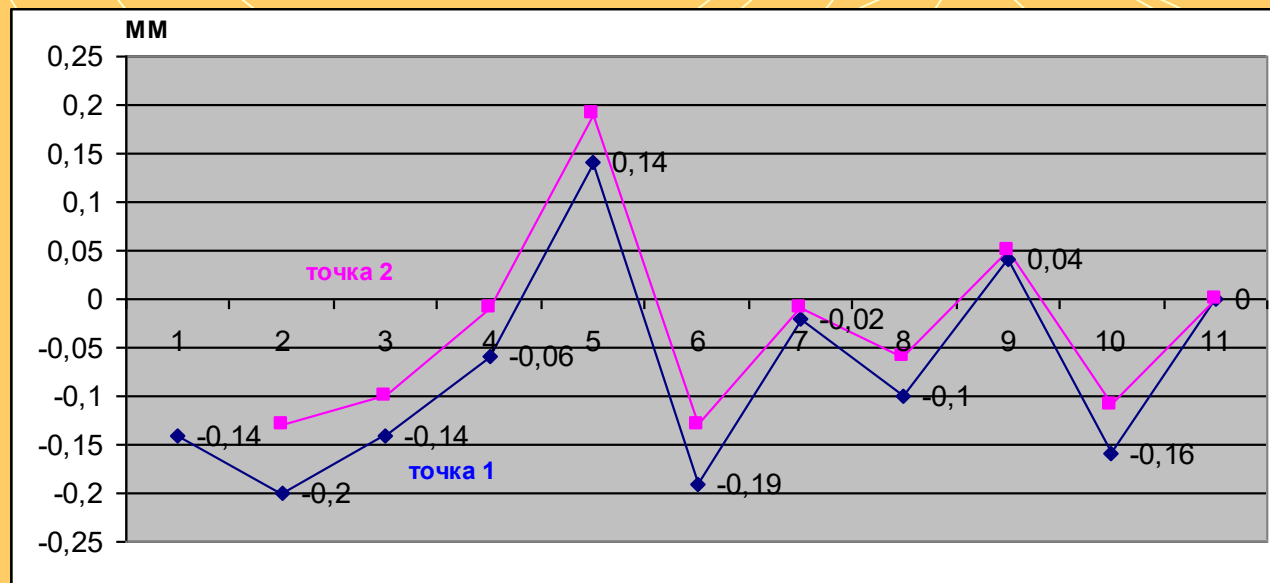
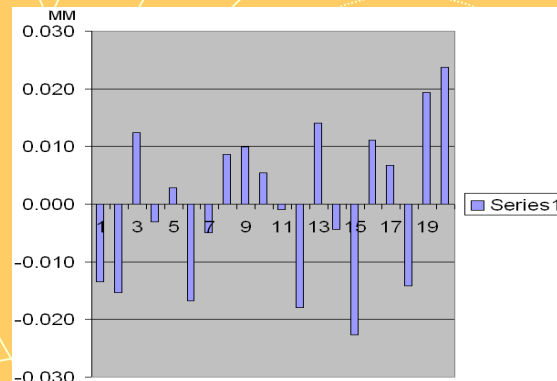
- Результаты испытаний модернизированных кинематических узлов и механизмов указывают на правильности выбранной кинематической схемы и способов ее реализации.
- По результатам геодезических измерений точность позиционирования щитов по радиусу/углу места/ азимуту возросла после модернизации в 6/4/2 раза соответственно. Повторяемость наведения щита на заданную точку выросла в 10 раз, в абсолютных величинах 15– 20 мкм.

Измерения точности возвращения ОЭ в начальную точку

По радиусу №720 СКО 18 мкм
20 точек (3.10.2010)



По азимуту №720 СКО 13 мкм
20 точек (3.10.2010)



ЩИТ № 150
11.04.2012

Измерения точности
возвращения ОЭ в
начальную точку по
радиусу.

СКО около 150 мкм

Ресурсные испытания модернизируемого привода

- Испытания модернизированного щита длились с июля по декабрь 2012 г. В день реализовалось от 1000 до 2000 проходов щита по радиусу или по углу в зависимости от используемого привода. В результате щит совершил 200 тыс. проходов (60 тыс. проходов по радиусу и 140 тыс. проходов по углу).
- Исходя из среднего объема наблюдений Северного сектора не более 10000-12000 установок источников в год, можно говорить о выполненном количестве установок модернизированного щита по одной координате эквивалентном 15-20 годам работы в нынешнем темпе наблюдений Северного сектора радиотелескопа.
- Были применены привода СПШ-34-100 и FESTO, которые оборудованы бортовой микропроцессорной системой управления, способной выполнять сложные алгоритмы управления приводом самостоятельно, в соответствии с программой пользователя.

Видео движения ОЭ штатный - модернизированный



Выводы

- Результаты испытаний модернизированных кинематических узлов и механизмов указывают на правильность выбранной кинематической схемы и способов ее реализации.
- Достигнуты высокие кинематические, точностные и эксплуатационные характеристики ОЭ
 - Повторяемость установки ОЭ порядка 20 мкм
 - Скорость перемещения увеличилась в 10-20 раз
 - Энергопотребление сократилось в 20 или больше раз.
- Модернизация кинематических узлов и механизмов ОЭ РАТАН-600 и на этой базе АСУ РАТАН-600 в целом открывает возможность преобразования радиотелескопа РАТАН-600 в высокоточный инструмент с гибкой управляемой поверхностью, с функциями длительного сопровождения и оперативного сканирования быстропеременных космических объектов.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Литература

1. Богод В.М., Рябуха В.С., Хайкин В.Б., Призов П.В., Лебедев М.А., Стороженко А.А., Хенталов А.В., Рябуха Ю.В., Яковлев С. Результаты поисковых исследований по улучшению качественных характеристик радиотелескопа РАТАН-600 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 46-56.
2. С. В. Яковлев, В. В. Якунин, А. А. Стороженко, Н. Н. Бурсов, В. Б. Хайкин Результаты геодезических измерений топографии поверхности и точности позиционирования щитов РАТАН-600 лазерным трекером API tracker 3 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 103-108.
3. Великотный М.А., Хайкин В.Б., Стороженко А.А., Богод В.М. Применение колес с биконической поверхностью катания для решения задачи высокоточного позиционирования облучателей РАТАН-600 Труды ИПА РАН, вып.24, 2012, стр. 134-139.