



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
Научный
Центр
РФ



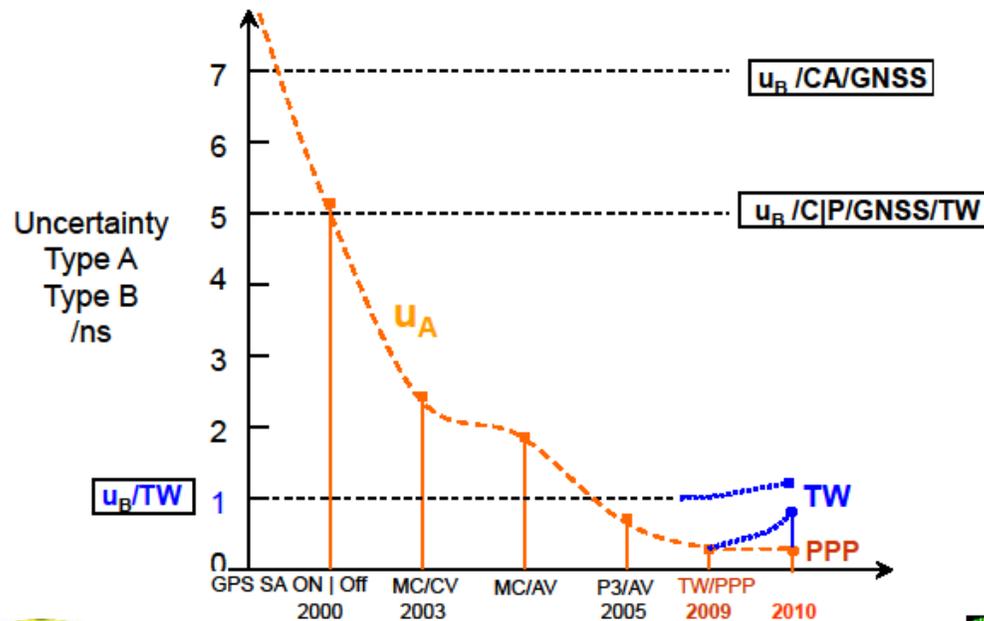
ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений»

5-ый МОСКОВСКИЙ СИМПОЗИУМ
«ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ»

Повышение точности согласования национальной шкалы
времени РФ с Международной шкалой
координированного времени для обеспечения
выполнения целевых показателей ФЦП ГЛОНАСС

А. В. Наумов

Evolution of TW in UTC : 10 year tendency



Требования ФЦП ГЛОНАСС 2012 – 2020 г.г. по согласованию национальной шкалы времени UTC(SU) с международной шкалой времени UTC

Показатель Q_6 – погрешность согласования национальной шкалы времени UTC(SU) с международной шкалой времени UTC

Погрешность, нс								
2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
10	10	10	7	7	7	5	4	3

Circular T 304 BIPM Показатели точности сравнений UTC(SU) и UTC :

Link	Type	uA/ns	uB/ns
SU/PTB	GPSGLN	1.0	5.0
OP/PTB	TWGPPP	0.3	1.1

С целью повышения точности сравнений UTC(SU) и UTC в октябре 2012 года была проведена калибровка канала дуплексных сличений шкал времени ГЭВЧ - РТВ

Цель и задачи калибровки

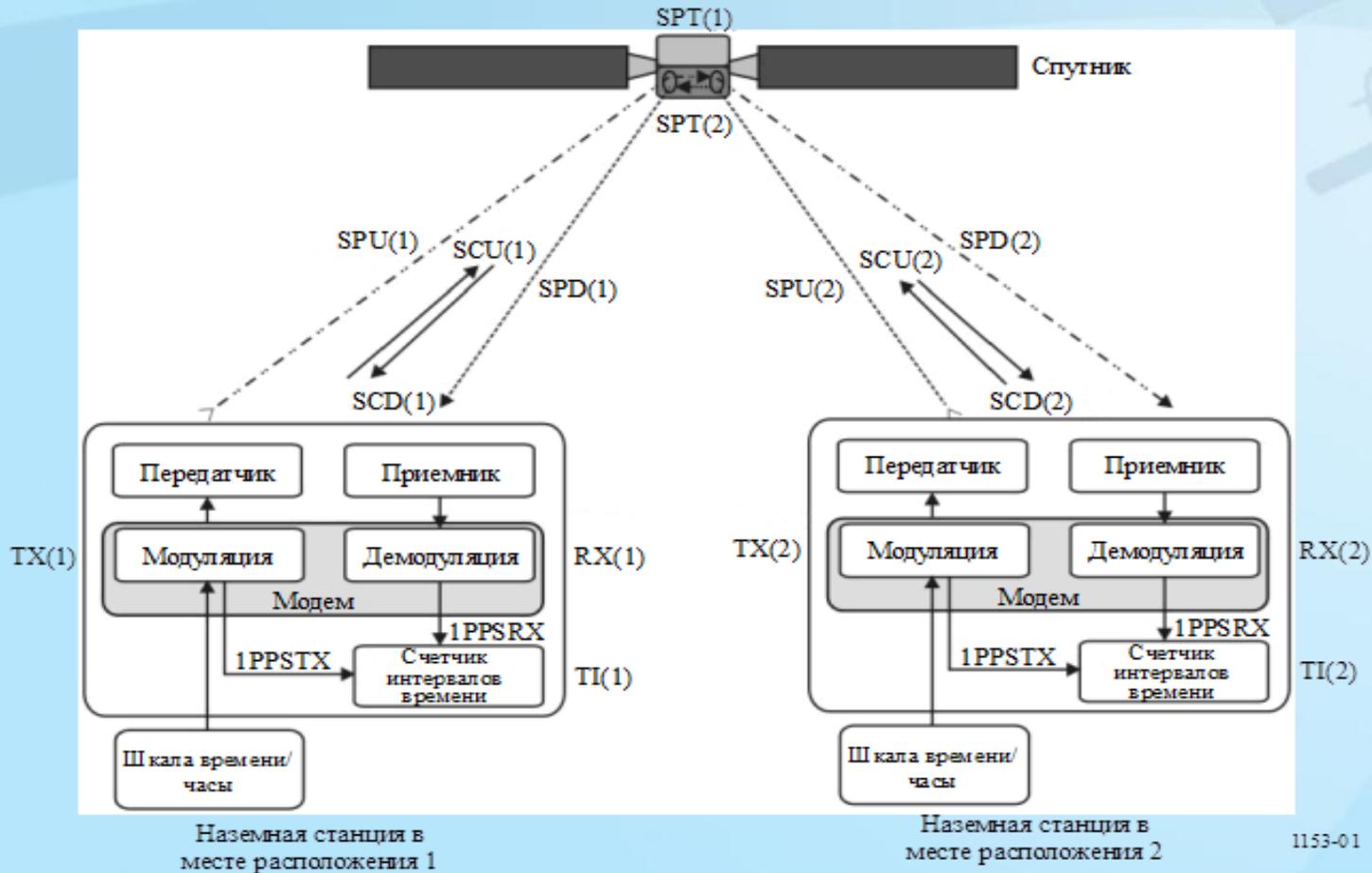
Цель - обеспечение сравнений шкалы времени UTC(SU) со шкалами времени лабораторий Евроазиатской рабочей группы TWSTFT и доступа к UTC с потенциально достижимыми характеристиками точности.

Задачи :

- проведение сравнений шкал времени UTC(SU) и UTC(PTB):
 - с помощью перевозимого комплекта аппаратуры TWSTFT;
 - с помощью перевозимого калибровочного приемника;
 - с помощью перевозимых квантовых часов;
- обработка данных, анализ и определение калибровочных поправок совместно со специалистами PTB и согласование процедур по их применению.



Схема TWSTFT



$$\begin{aligned}
 TI(1) - TI(2) = & 2 TS(1) - 2 TS(2) + TX(2) - TX(1) + SPU(2) - SPU(1) + SPT(2) - SPT(1) \\
 & + SPD(1) - SPD(2) + RX(1) - RX(2) + SCD(1) - SCU(1) - SCD(2) + SCU(2)
 \end{aligned}$$

ITU-R TF.1153-3 «The operational use of two-way satellite time and frequency transfer employing pseudorandom noise codes».

Объект калибровки, средства и методы калибровки



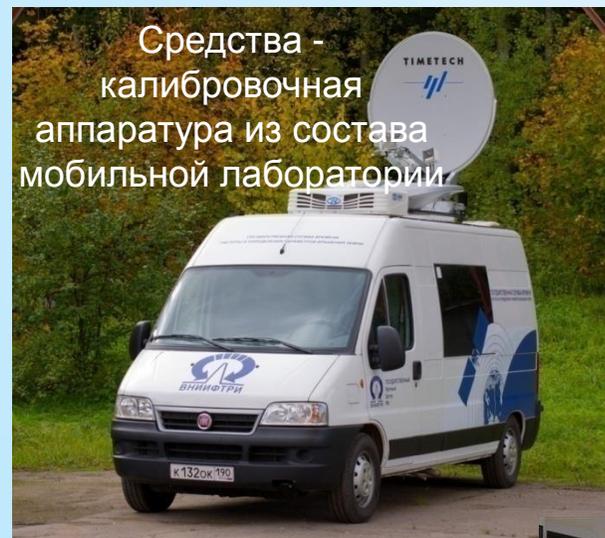
Объект калибровки –
комплект аппаратуры TWSTFT
стационарный SU01

Методы :

TWSTFT - рекомендация ITU TF.1153-3

GNSS - методика МК 07-05-2010

ПКЧ - методика МК 07-08-2010



Средства -
калибровочная
аппаратура из состава
мобильной лаборатории

Комплект
аппаратуры
TWSTFT
перевозимый
SU02

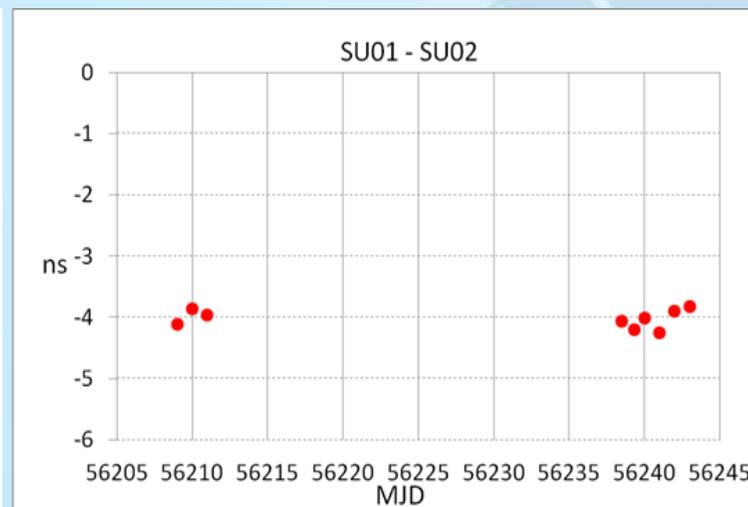
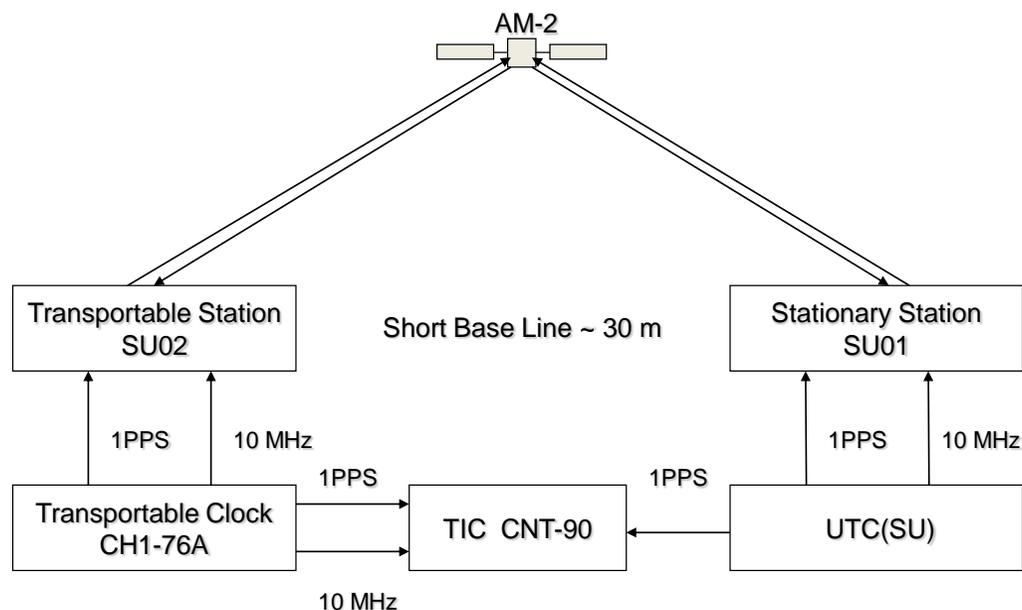


Перевозимый приемник
GPS/ГЛОНАСС TTS-3 №030



ПКЧ 41-76А

Схема измерений SU01 и SU02 на нулевой базе в ФГУП «ВНИИФТРИ»



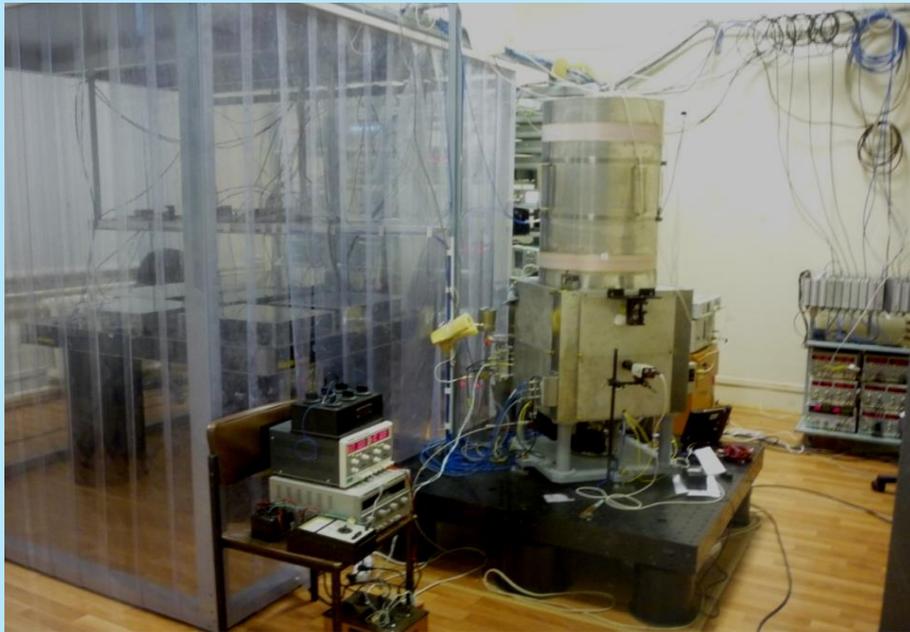
Результаты калибровки:

- неопределенность $u_A \leq 0,3$ нс
- неопределенность $u_B \leq 0,5$ нс

Маршрут движения мобильной лаборатории



Средства формирования UTC(SU)



МЦР «Фонтан»:
 $\text{НСП} \leq 5,0 \text{ E-16}$

$\text{UTC} - \text{UTC(SU)} \leq 10 \text{ ns}$

КФШВ
МС UTC(SU):
 $u_B \leq 0,5 \text{ ns}$



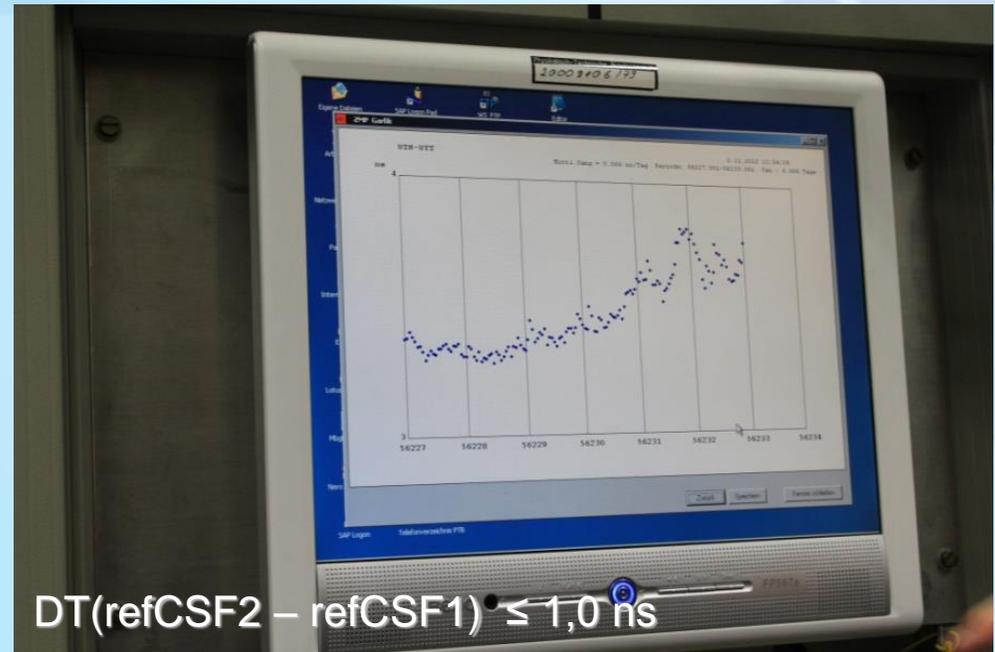
Ч1-75А:
 $\sigma_y(\tau) \leq 5,0 \text{ E-16 сур}$



Средства формирования UTC(PTB)



refCSF2 :
refCSF1



$DT(\text{refCSF2} - \text{refCSF1}) \leq 1,0 \text{ ns}$



CSF2:
НСП $\leq 4,0 \text{ E-16}$



$UTC - UTC(PTB) \leq 3 \text{ ns}$

Ч1-1003А:
 $\sigma_y(\tau) \leq 2,0 \text{ E-15 с/ут}$

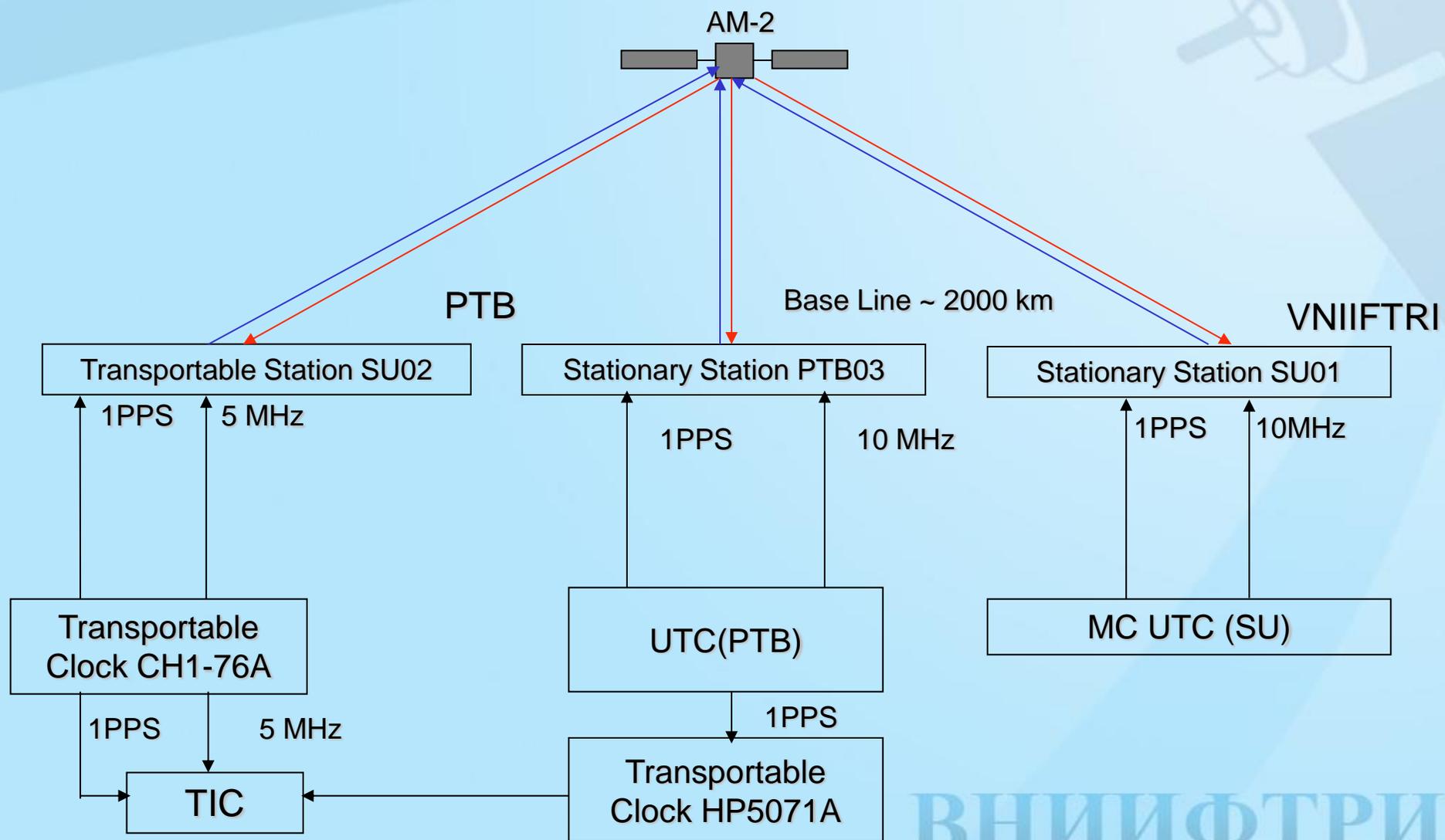
Комплекс средств сравнений шкал времени TWSTFT по Экспресс AM-2 РТВ03



Расстояние ≈ 1 км

ВНИИФТРИ

Схема измерений SU01, SU02 и PTB03



Организация измерений методом TWSTFT SU01, SU02 и РТВ03



Поправка на эффект Саньяка для трассы РТВ – АМ2 - ВНИИФТРИ

$$TCD(k) = (\omega/c^2) * R * [r+h(k)] * \cos(LA(k)) * \sin[LO(k) - LO(sat)]$$

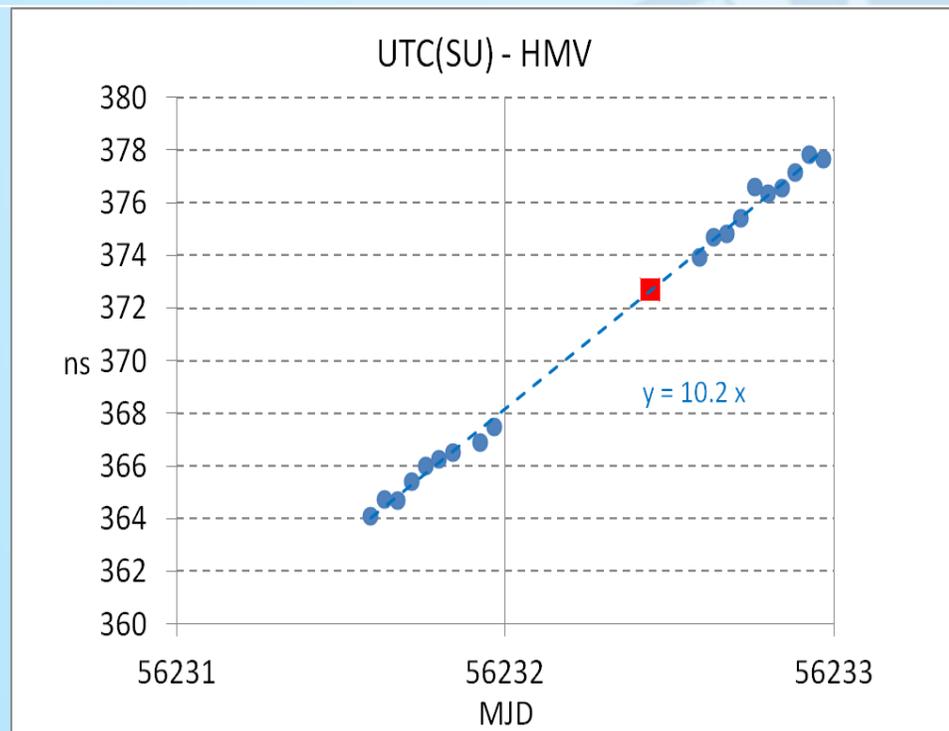
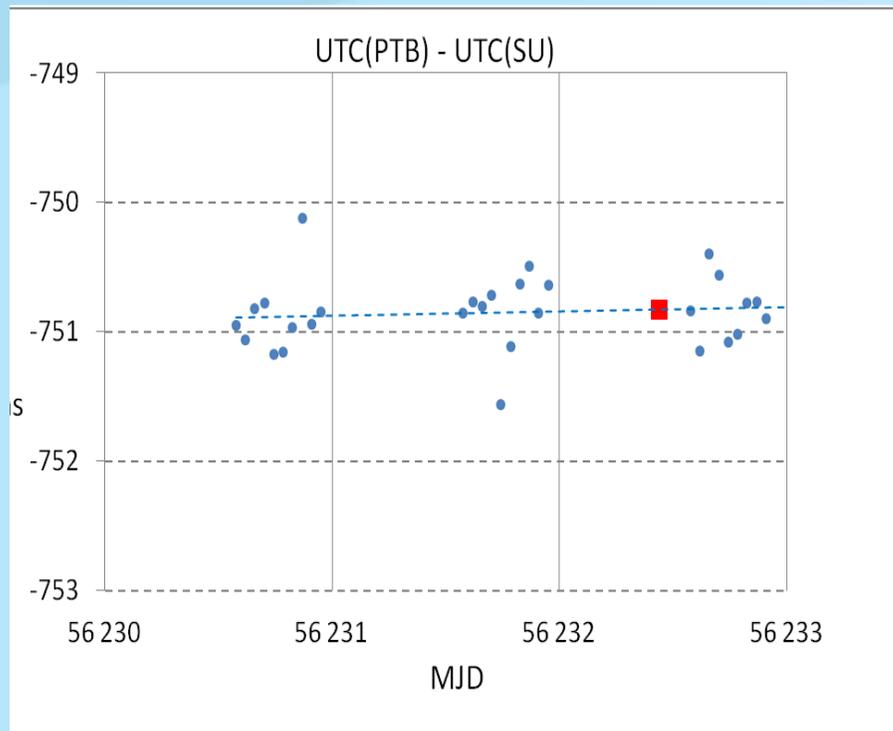
$$\text{Uplink Sagnac correction } TCU(k) = - TCD(k)$$

r	6378140	m
ω	7,29211514670E-05	rad/s
c	299792458,00	m/s

$$0,5[TCU(k) + TCD(l) - TCU(l) - TCD(k)] = 0,5[-2 * TCD(k) + 2 * TCD(l)] = TCD(l) - TCD(k)$$

Satellite name	Coordinates	Radians	LAB	Sagnac	SCT	SCT
	Longitude degrees			Down Corr TCD	SU-LAB	PTB-LAB
AM-2	80	1,396263402	SU	-82,836	0,000	42,2
AM-2	80	1,396263402	PTB	-125,026	-42,2	0,000

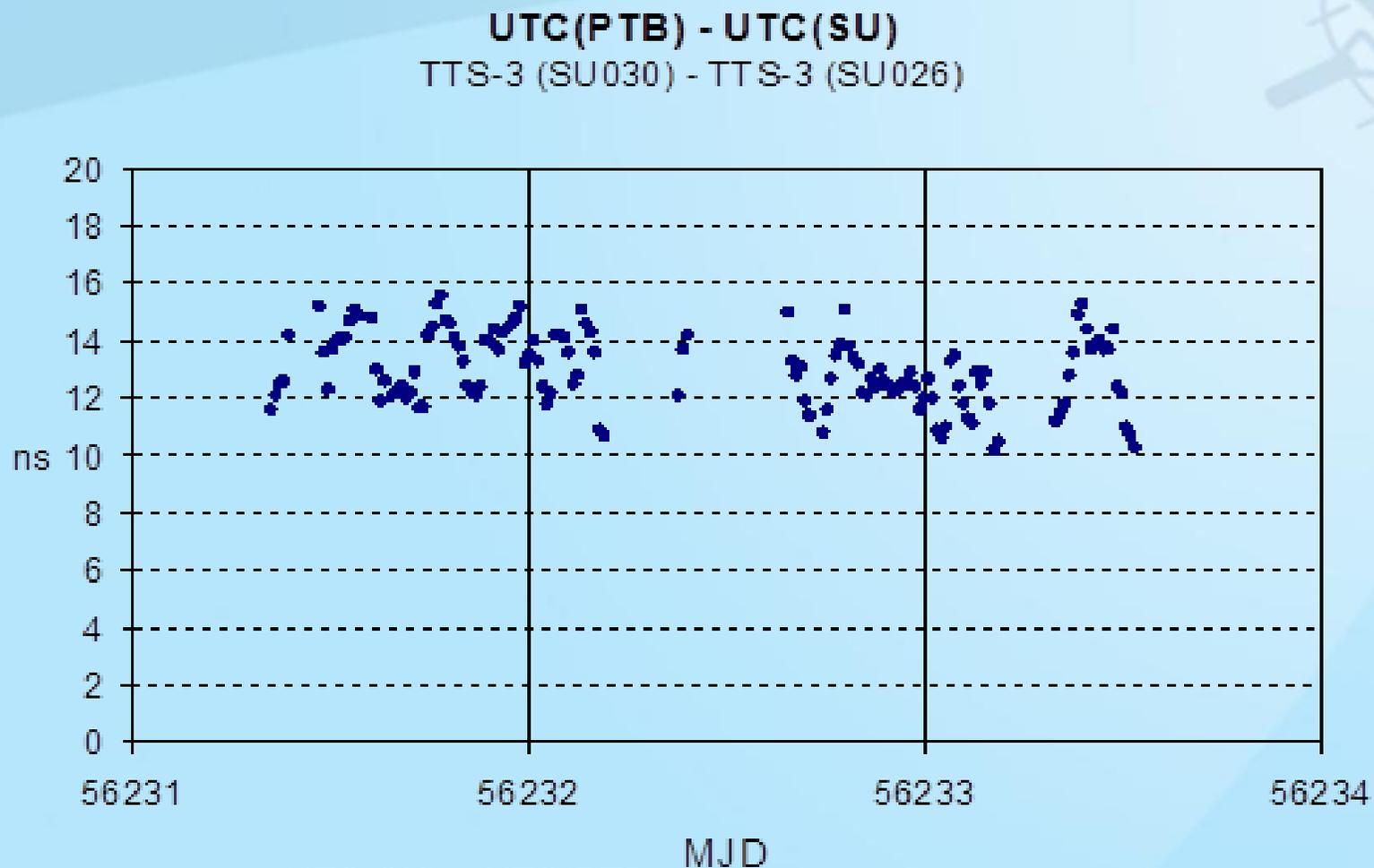
Результаты сравнений шкал времени UTC(PTB) и UTC(SU) методом TWSTFT



Результаты сравнений UTC(SU) и UTC(PTB), полученные по измерениям станций SU01 и SU02 :

- неопределенность $u_A \leq 0,3$ нс
- неопределенность $u_B \leq 1,0$ нс

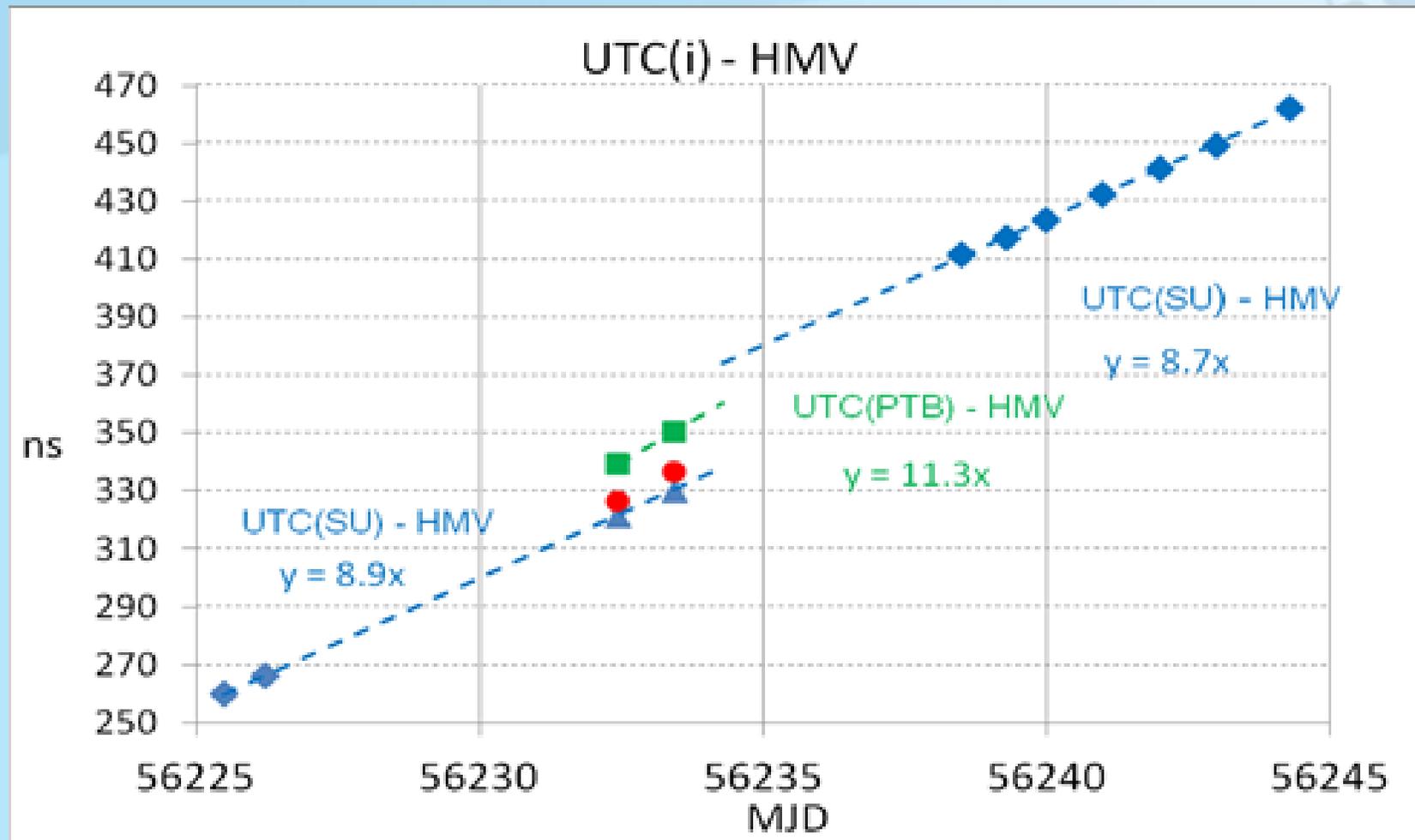
Результаты сравнений шкал времени UTC(PTB) и UTC(SU) по сигналам GPS



Результаты сравнений UTC(SU) и UTC(PTB) :

- неопределенность $u_A \leq 1,5$ нс
- неопределенность $u_B \leq 3,5$ нс

Результаты сравнений шкал времени UTC(PTB) и UTC(SU) методом ПКЧ

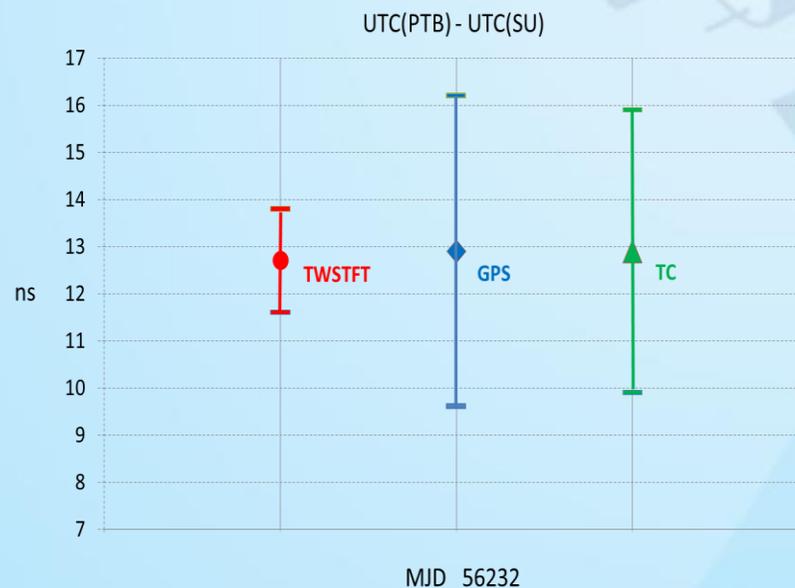


Результаты сравнений UTC(SU) и UTC(PTB) методом ПКЧ :

- неопределенность $u_A \leq 0,1$ нс
- неопределенность $u_B \leq 3,0$ нс

Результаты сравнений шкал времени UTC(PTB) и UTC(SU)

	UTC(PTB) – UTC(SU)		
	ns		
	Mobile TWSTFT station SU02	GNSS receiver TTS-3	Transportable H-Maser CH1-76A
MJD 56231.50		13.5	
MJD 56232.44	12.7	12.9	12.9
MJD 56233.43	13.0	12.4	14.1
u_A	≤ 0.3	≤ 1.4	≤ 0.1
u_B	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 3.0
u	1.1	3.3	3.0



PTB03 – SU01 CALR = 764.0 ns ± 1.1 ns

Выводы:

1. Задачи калибровки канала дуплексных сравнений шкал времени TWSTFT между ФГУП «ВНИИФТРИ» и РТВ с помощью перевозимого комплекта аппаратуры TWSTFT, перевозимого калибровочного приемника и перевозимых квантовых часов выполнены.
2. Значение калибровочной поправки CALR для станции РТВ03 относительно станции SU01, полученное с помощью перевозимого комплекта аппаратуры TWSTFT, составляет $764.0 \text{ нс} \pm 1.1 \text{ нс}$, что подтверждается результатами еще двух независимых методов.
3. С момента официальной публикации в ВІРМ отчета по результатам проведенной калибровки точность доступа к UTC техническими средствами ГСВЧ будет повышена в 5 раз, что обеспечит согласование национальной шкалы времени UTC(SU) с международной шкалой времени с заданными характеристиками.

Благодарности:

Доктору А. Бауху, РТВ

Доктору Д. Пистеру, РТВ

Сотруднику ФГУП «ВНИИФТРИ» Жарикову А.И.

Менеджеру ВЭД СМТС ФГУП «ВНИИФТРИ» Воронцовой Р.А.

Начальнику отдела ООО «Транс-Лог» г. Санкт-Петербург Макарову Б.Н.

Спасибо за внимание!

ВНИИФТРИ