



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
Научный
Центр
РФ



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

СОСТОЯНИЕ ЭТАЛОННОЙ БАЗЫ ЧАСТОТНО- ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ РАЗВИТИЯ ДО 2020 Г.

д.т.н, профессор Донченко С.И.

Генеральный директор ФГУП «ВНИИФТРИ»

MetrolExpo'2014

Эталонная база частотно-временного обеспечения



Эталонная база ГСВЧ

ФГУП «ВНИИФТРИ»
ГЭВЧ
п. Менделеево

Филиалы ФГУП
«ВНИИФТРИ»

ВЭТ 1-5
г. Иркутск

ВЭТ 1-7
г. Хабаровск

РЭТ 1-1
г. П-Камчатский

ФГУП
«СНИИМ»

ВЭТ 1-19
г. Новосибирск

МО РФ

ВГЭ
г. Мытищи

ВЭ-31
г. Мытищи

ВЭ-33
г. Краснознаменск

Области применения средств измерений времени и частоты

Навигация

Оборона и
безопасность

Промышленность

Космонавтика

Транспорт

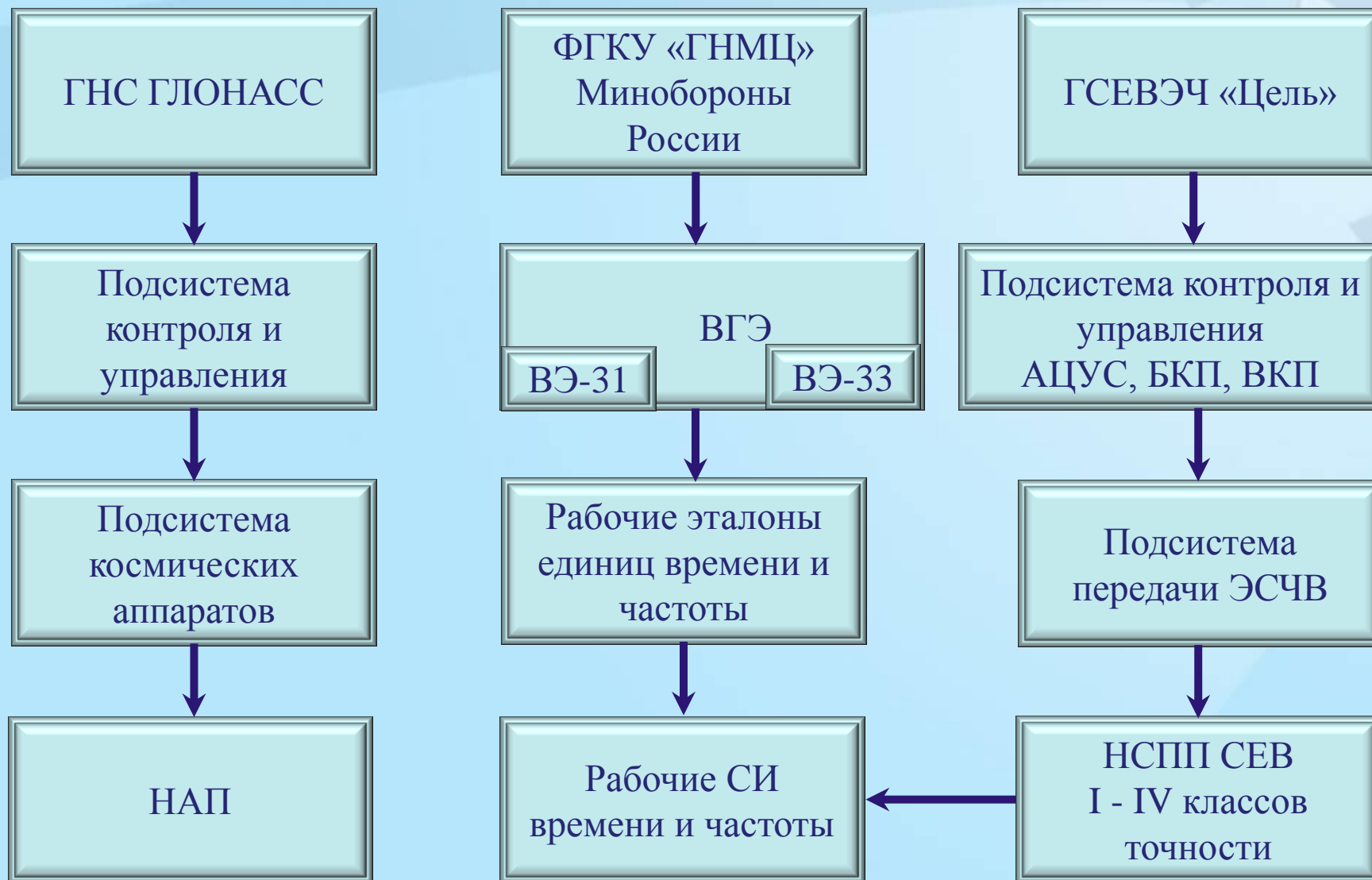
Связь и
коммуникации

Приборостроение

Энергетика

Наука

Основные потребители в области обороны и безопасности



Этапы развития ГЭВЧ 1967 – 2012 годы

Дата	S_0	Θ_0	δt
1967 г.	1×10^{-11}	-	200 мкс
1974 г.	3×10^{-12}	1×10^{-11}	5 мкс
1977 г.	1×10^{-13}	1×10^{-12}	2 мкс
1983 г.	5×10^{-14}	2×10^{-13}	1 мкс
1998 г.	1×10^{-14}	5×10^{-14}	20 нс
2012 г.	5×10^{-15}	5×10^{-16}	1,1 нс

S_0 – СКО воспроизведения единиц времени и частоты;

Θ_0 – НСП воспроизведения размеров единиц;

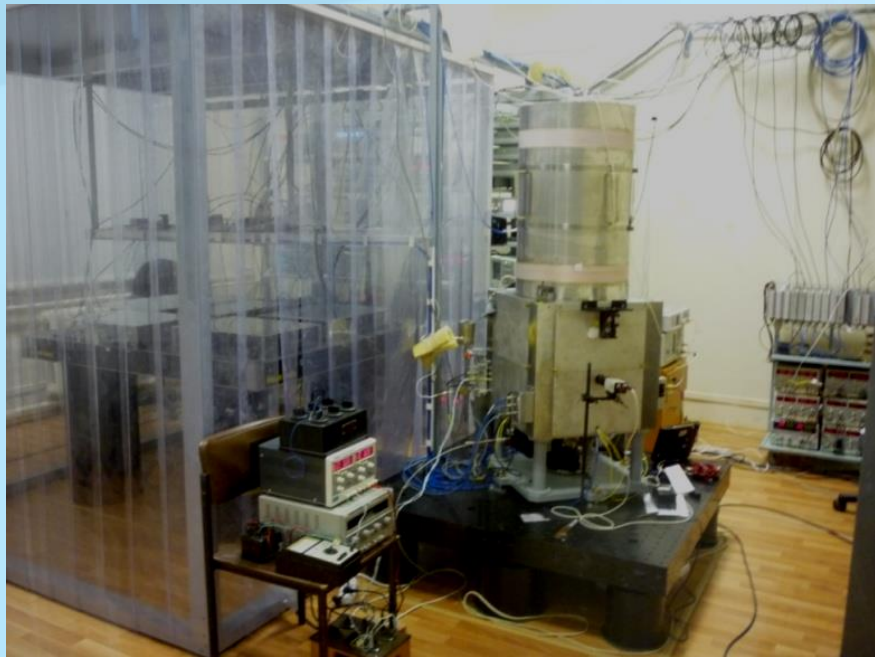
δt – погрешность сравнений шкал времени.

Метрологические характеристики Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени

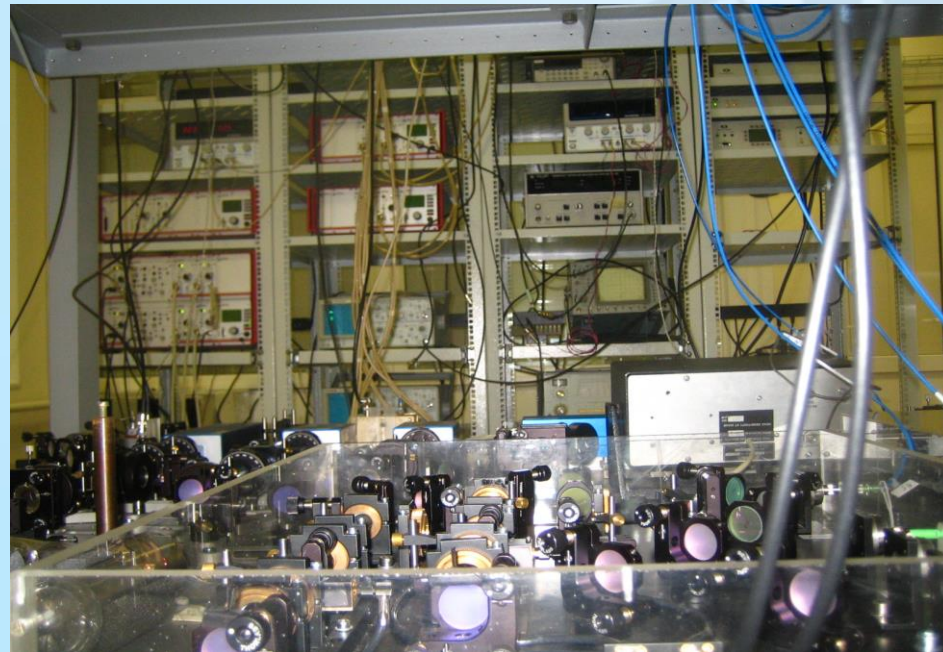
Сравнительные метрологические характеристики Государственного первичного эталона времени и частоты, подтвержденные в ходе международных сличений

Наименование параметра, единица измерения	ГЭТ 1-2012	РТВ	NIST
Относительная неисключенная систематическая погрешность воспроизведения единиц времени и частоты	$\leq 5,0 \cdot 10^{-16}$	$3,3 \cdot 10^{-16}$	$3,1 \cdot 10^{-16}$
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений при воспроизведении единиц времени и частоты при интервале времени измерения 1 месяц	$\leq 1,5 \cdot 10^{-16}$	$1,3 \cdot 10^{-16}$	$2,1 \cdot 10^{-16}$
Уровень согласования шкал времени UTC(k) относительно шкалы времени UTC, нс	± 10	± 10	± 15
Неопределённость сравнений шкал времени UTC(k) со шкалой времени UTC, нс:	u_a	0,5	0,3
	u_b	1,1	1,1
		1,1	5,0

Комплекс воспроизведения единиц времени и частоты:



МЦР «ФОНТАН» МГФК.411711.097



Система управления МЦР

Комплекс хранения национальной шкалы времени

Комплекс предназначен для хранения единиц времени и частоты, проведения внутренних и внешних сличений эталона, формирования рабочих шкал времени, расчёта национальной шкалы атомного времени TA(SU) и национальной шкалы координированного времени UTC(SU).

В состав комплекса входят:

- средства хранения на базе стандартов частоты и времени водородных Ч1-75А (8 комплектов):



$$\sigma_y(\tau) \leq 5,0 \text{ E-16}, \tau = 1 \text{ сут.}$$

Комплекс хранения национальной шкалы времени

В состав комплекса входят:

- средства сличений на базе измерителей интервалов времени SR-620:



- средства сличений на базе компараторов фазовых #10265:



- средства формирования рабочих шкал времени на базе микростепперов HROG-5:



Комплекс хранения национальной шкалы времени

В состав комплекса входят:

- новые средства сличений шкал времени пространственно удалённых объектов на базе специализированных двухчастотных приёмников сигналов КНС ГЛОНАСС/GPS TTS-3 и TTS-4:



Перевозимый и стационарные приёмники TTS-3



Стационарный приёмник TTS-4

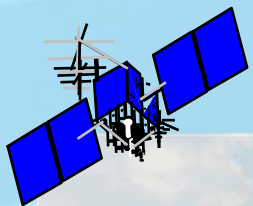
Пределы допускаемого смещения национальной шкалы координированного времени UTC(SU) относительно Международной шкалы координированного времени UTC, нс

± 10

Относительная нестабильность единиц времени и частоты при интервалах времени измерения 10 ÷ 30 сут и интервале времени наблюдений 1 год

$1,0 \cdot 10^{-15}$

Комплекс аппаратуры дуплексных сличений ГМЦ ГСВЧ в составе стационарного и перевозимого комплектов



Стационарный комплект
аппаратуры TWSTFT



Перевозимый комплект
аппаратуры TWSTFT

$U_a \approx 0,5$ нс
 $U_b \approx 1 - 2$ нс

ВНИИФТРИ

Аппаратно-программный комплекс формирования и передачи шкалы времени UTC(SU) в реальном масштабе времени

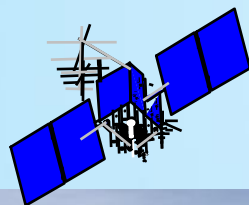
ГЭВЧ



КФШВ



TTS-4



АПК ФШВ UTC(SU)

$U_a \approx 1 \text{ ns}$

$U_b \approx 3 \text{ ns}$

ВЭ-33 АЦУС «Цель»



КФШВ -01

Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ1-2012

новая стратегия реализации национальной шкалы времени UTC(SU):

Национальная шкала атомного времени TA(SU) рассчитывается в соответствии с единицами времени и частоты, воспроизводимыми метрологическим цезиевым репером «Фонтан»

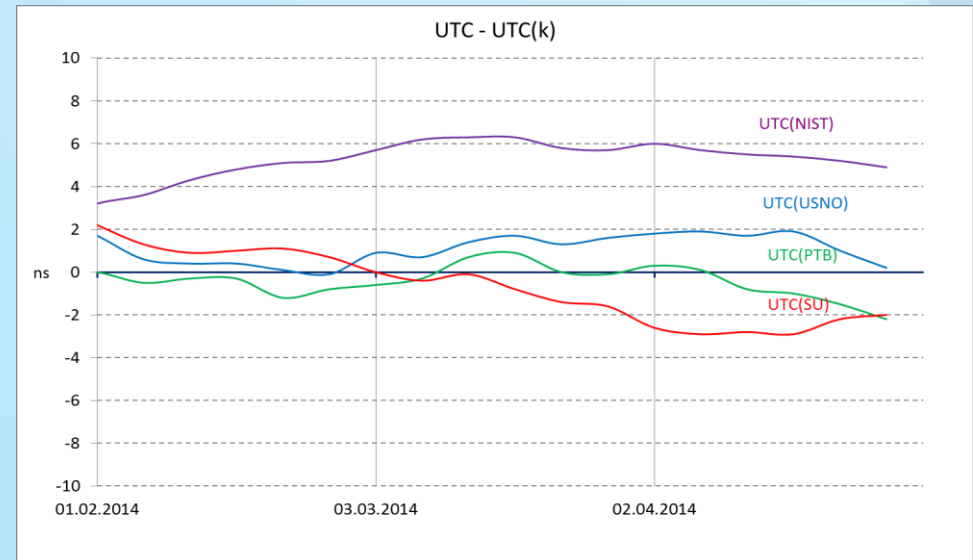


Метрологический цезиевый репер «Фонтан» официально признан МБМВ и включен в расчет международной шкалы атомного времени TAI с неопределенностью $u_b < 5 \cdot 10^{-16}$

дуплексный канал сравнений шкал времени UTC(SU) и UTC(PTB): с неопределенностью измерений:
 $u_a < 0.5$ нс;
 $u_b < 1.1$ нс

Национальная шкала времени UTC(SU) рассчитывается на основе TA(SU) с допусаемым смещением UTC-UTC(SU) ≤ 10 нс, соответствует уровню ведущих лабораторий мира и требованиям ФЦП ГЛОНАСС

Национальная шкала времени UTC(SU) формируется в реальном масштабе времени

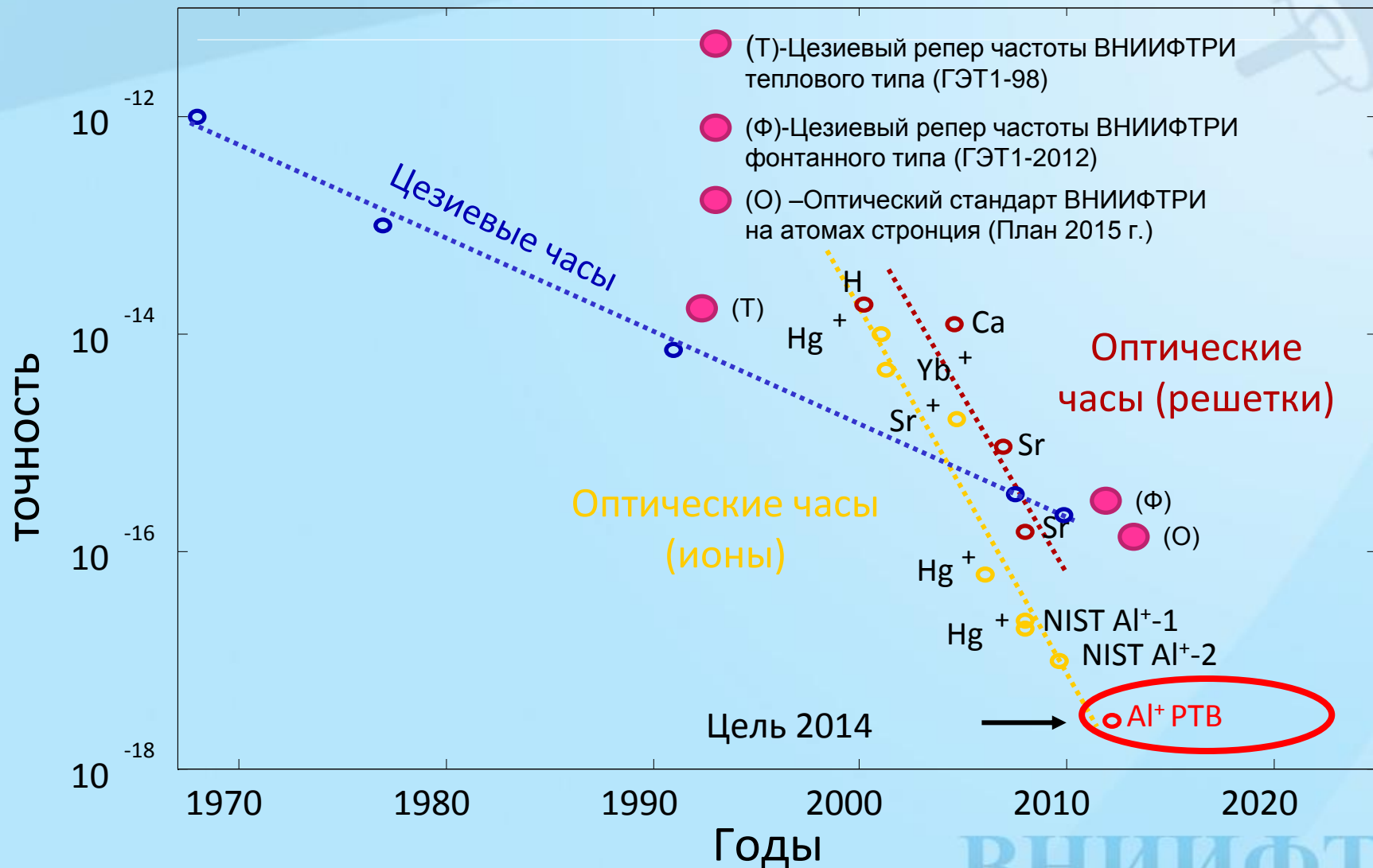


В составе ГЭТ 1-2012 8 водородных стандартов Ч1-75А, которые обеспечивают хранение шкалы атомного времени TA(SU) с нестабильностью $\sigma_{\gamma}(1\text{сут}) < 5 \cdot 10^{-16}$

Основные мероприятия по развитию и созданию комплекса средств формирования UTC(SU) с целью достижения заданных характеристик ГЛОНАСС

- модернизация комплексов хранения национальной шкалы времени на основе водородных стандартов частоты и времени для обеспечения согласования национальной шкалы времени UTC(SU) с UTC с погрешностью не более ± 3 нс ;
- создание хранителя единиц времени и частоты на основе фонтана атомов рубидия с нестабильностью $1 - 2 \times 10^{-16}$;
- создание оптических стандартов частоты с НСП $1 \times 10^{-16} - 1 \times 10^{-17}$;
- разработка высокоточных средств сравнений национальной шкалы времени UTC(SU) со шкалой времени системы ГЛОНАСС и другими лабораториями времени, включая USNO, с погрешностью 1 нс;
- создание высокоточных каналов передачи эталонных сигналов времени и частоты по волоконно-оптической линии связи.

Совершенствование эталонов времени



Перспективы развития ГСВЧ в части характеристик средств формирования и передачи национальной шкалы времени UTC(SU)

Расхождение шкал времени UTC - UTC(SU)



Рост точности формирования национальной шкалы времени > 3 раз

Рост точности передачи национальной шкалы времени средствами ГЛОНАСС > 8 раз

Основные целевые индикаторы и показатели реализации мероприятий ФЦП ГЛОНАСС в части согласования шкал времени в ближайшем десятилетии:

Q₄ погрешность определения времени потребителя в системной шкале времени за счет космического сегмента :

2 нс в 2016 г. 1 нс в 2020 г.

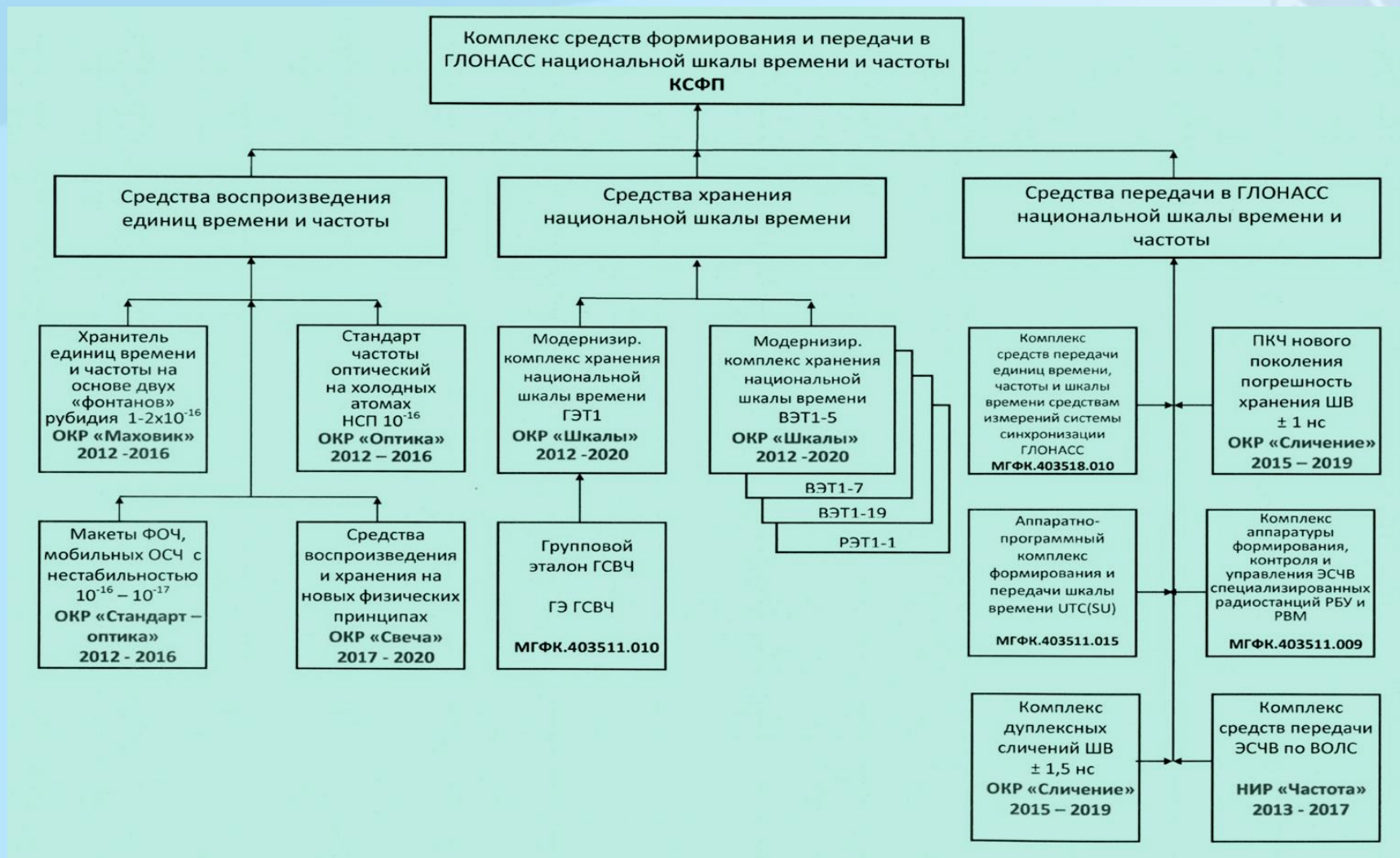
Q₅ погрешность согласования системной шкалы времени с национальной шкалой времени UTC(SU) :

20 нс в 2016 г. 4 нс в 2020 г.

Q₆ погрешность согласования национальной шкалы времени UTC(SU) с международной шкалой времени UTC :

7 нс в 2016 г. 3 нс в 2020 г.

Проект схемы деления комплекса средств формирования UTC(SU) на 2020 г.



Выводы:

Достигнутые характеристики эталонной базы частотно-временных измерений соответствуют мировому уровню развития средств измерений времени и частоты. ГСВЧ обеспечивает потребности страны в узаконенной информации о точном времени, эталонных частотах и параметрах вращения Земли согласно требованиям Постановлений Правительства РФ №225 и №323.

Развитие эталонной базы частотно-временных измерений до 2020 года планируется, прежде всего при выполнении мероприятий ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» на 2012 – 2020 годы, направленных на создание и модернизацию средств формирования UTC(SU) и средств определения ПВЗ, что обеспечит потребности государства в частотно-временной информации с учетом непрерывно возрастающих требований и в интересах национальной безопасности и социально-экономического развития Российской Федерации.

Благодарю за внимание

ВНИИФТРИ