

Телекоммуникационное оборудование УСС VCH-003 и ССС VCH-505 для частотно-временной синхронизации

Научно-практический семинар «Решения АО «Время-Ч» в задачах синхронизации в пакетных сетях»

к.т.н., Кобяков Дмитрий Сергеевич

Современные требования стандартов к оборудованию синхронизации

1. Блуждания частоты и фазы **при использовании в качестве опоры ГНСС должны соответствовать требованиям МСЭ-Т G.811 (PRC) и G.8272 (PRTC-B)**
2. Возможность работы **в условиях помех ГНСС**
3. Оборудование ТСС должно иметь **оптические порты 1GE / 10GE + SyncE** и **при потере ГНСС получать ToD&1PPS из пакетной сети при помощи PTP/NTP**
4. Время удержания шкалы в пределах ± 100 нс относительно UTC в режиме хранения **должно быть не менее 40 суток** (при длительности синхронизации более 40 суток)
5. Необходимо насколько возможно **уменьшить уход частоты в режиме удержания (holdover)**

Для решения поставленных задач в УСС VCH-003/505 внесены следующие изменения:

1. Введён режим «**комбайнера**», при котором выходной сигнал VCH-003/505 подстраивается к входному опорному сигналу с использованием сигналов ГНСС или PTP-мастера так, что его частота становится максимально близкой к номинальному значению независимо от частоты опорного сигнала. При этом стабильность частоты опорного сигнала переносится на выходной сигнал VCH-003/505 .
2. В блоке ГНСС может применяться **двухдиапазонный навигационный приёмник U-blox ZED-F9T**, с помощью которого решаются задачи соответствия требованиям **G.811 и G.8272 (PRTC-B)**
3. Разработан дополнительный модуль с двумя оптическими портами **SFP+ (1/10 Гбит/с)**
4. Интеграция с **ЦАР «Комета-МН16»** для работы PTP GM в условиях помех ГНСС
5. Для уменьшения ухода частоты в режиме отсутствия опорного сигнала разработан и протестирован алгоритм **компенсации дрейфа встроенного кварцевого генератора**



- ❖ Заменяет зарубежные OSA 5412, 5422, EA2500
- ❖ Входы 10/2,048 МГц, BITS (E1), 1PPS, ToD&1PPS, SyncE, PTPv2 slave
- ❖ Выходы 10/2,048 МГц, 2,048 Мбит/с, BITS (E1), 1PPS, ToD&1PPS, SyncE, PTP GM
- ❖ Контроль параметров входных сигналов по МОБИ, ДВИ, df/f , Δt
- ❖ Резервирование и горячая замена блоков питания ~220 В или =48 В
- ❖ При синхронизации от ГНСС соответствует МСЭ-Т G.8272 (PRTC-B)
- ❖ Комбайнер опорной частоты от ПЭИ и времени UTC (МСЭ-Т G.811.1/G.8272.1)
- ❖ Возможность установки дополнительных модулей:
 - выходов 2,048 МГц / Мбит/с (x16)
 - выходов 10/2,048 МГц (x4), 1PPS (x4)
 - в разработке SFP+ 10G (x2)
- ❖ ГЛОНАСС, GPS, BeiDou, GALILEO
- ❖ Детектирование спуфинга
- ❖ Компенсация старения (дрейфа частоты) внутреннего *DOCXO* в режиме *Holdover*
- ❖ Формат 1U, монтаж в стойку на 19"

Внутренний
генератор
DOCXO или Rubidium



ПЭИ, ВЗГ (SSU),
PTP GM, BC, Slave

Web-server, SSH,
SNMPv2

форм-фактор 1U



VCH-505 был разработан на гибкой модульной основе, позволяющей реализовать несколько модификаций оборудования для удовлетворения требований заказчика. Требуемая модификация указывается при заказе по шаблону:

VCH505-A-B-C-D

A – генератор:

Rb – рубидиевый, DOCXO – кварцевый с двойным термостатированием, DOCXO+ – кварцевый с двойным термостатированием улучшенный (допускает реализацию алгоритма компенсации дрейфа частоты)

B – приемник ГНСС:

L1 – однодиапазонный, L1,2 – двухдиапазонный с режимами накопления и фиксированных координат

C – дополнительный модуль **(в разработке конструктив со сменными модулями):**

SMA – с разъемами SMA и сигналами 1PPS (x4) и 10/2,048 МГц (x4)

RJ45 – с разъемами RJ-45 и сигналами 2,048 МГц/Мбит/с (x16)

SFP+ – с двумя портами SFP+ 10 Гбит/с

NA – без дополнительного модуля

D – состав блоков питания:

ACDC – два разных блока

DCDC – два блока DC 48V

ACAC – два блока AC 220V

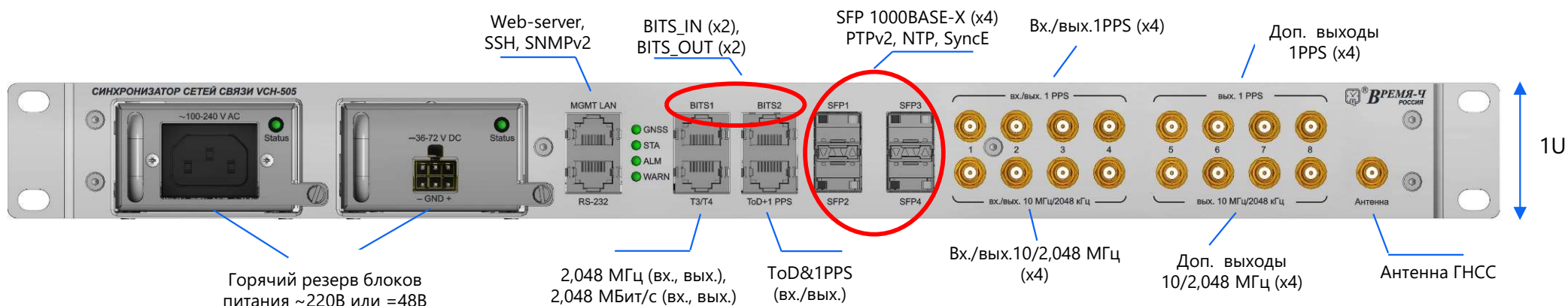
DC – один блок DC 48V

AC – один блок AC 220V

Пример обозначения при заказе: VCH505 – DOCXO – L1,2 – SMA – ACAC

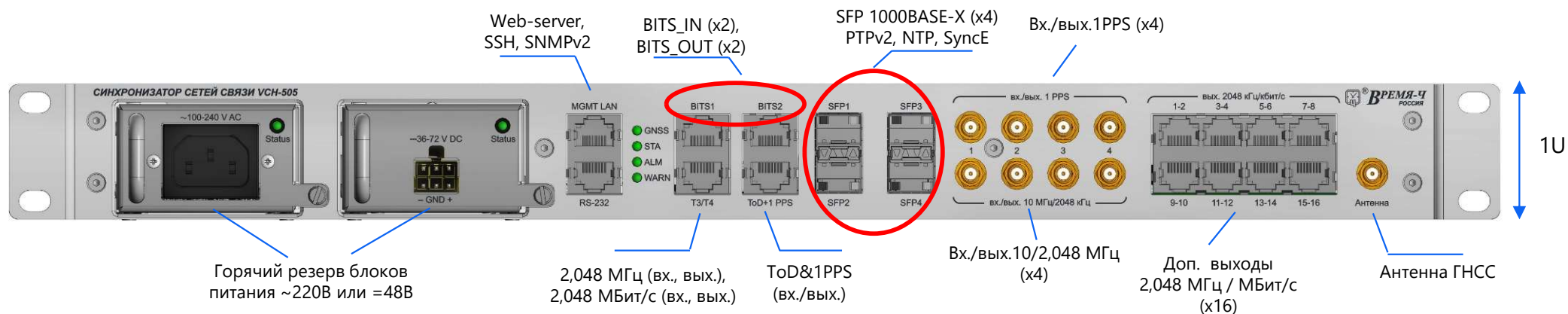


Модификация с доп. выходами 1PPS и 10/2,048 МГц (VCH505 -Rb/DOCXO/DOCXO+ -L1/L1,2 -SMA - ACDC)



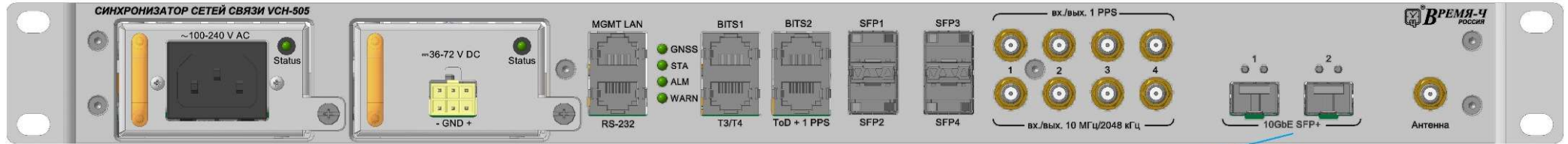
Для =48В резервируемые
лучи питания

Модификация с доп. выходами TCC (VCH505 -Rb/DOCXO/DOCXO+ -L1/L1,2 -RJ45 - ACDC)



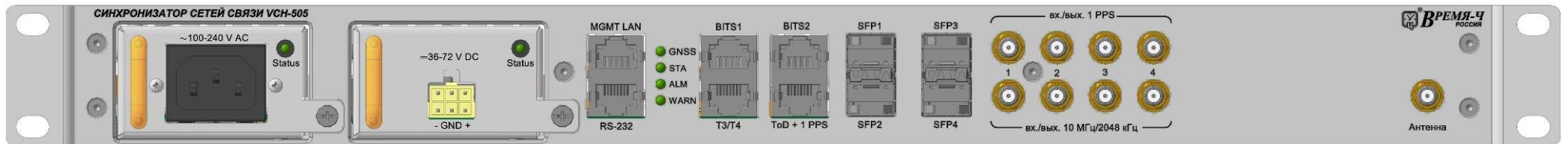
ETSI / 19"

*Модификация с доп. портами 10GbE SFP+
(VCH505 -Rb/DOCXO/DOCXO+ -L1/L1,2 -SFP+ - ACDC)*

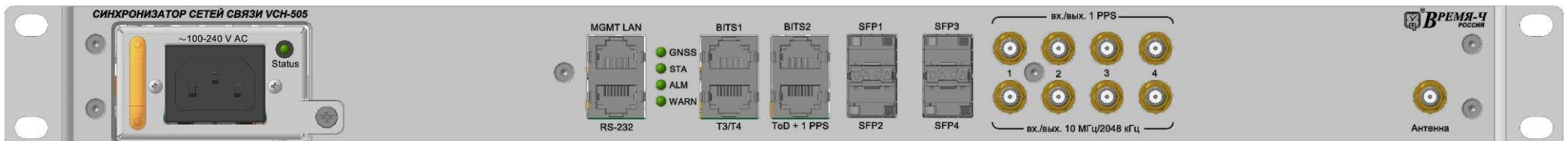


Дополнительно установленный модуль
SFP+ 10GbE (x2)

*Базовая модификация (без доп. модуля)
(VCH505 -Rb/DOCXO/DOCXO+ -L1/L1,2 -NA -ACDC)*



*Базовая модификация с одним блоком питания
(VCH505 -Rb/DOCXO/DOCXO+ -L1/L1,2 -NA -AC)*





❖ Характеристики:

- одно-/двухдиапазонный приёмник ГНСС
- поддержка ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/BeiDou
- детектирование спуфинга
- **4 изолированных порта SFP (1000BASE-X)**
- создание **до 16 PTP/NTP конфигураций** на каждом порту с различными **IPv4** адресами
- поддержка VLAN меток
- прием метки времени по ГНСС, ToD&1PPS, PTPv2 slave

❖ Возможности сервера PTPv2 (IEEE 1588v2):

- режимы **Master, Slave, Boundary clock (Class C)**
- шаг шкалы времени - **5 нс**
- адресация PTP сообщений: *unicast, multicast u mixed*
- режимы передачи: *one-step/two-step, one-way/two-way*
- передача PTP сообщений: *Ethernet (L2), UDP(L3, IPv4)*
- механизм вычисления задержки: *End-to-End, Peer-to-Peer*
- технология синхронного Ethernet (**SyncE**), а также передача ESMC сообщений
- **1024 абонента на порт** при частоте синхронизации 128 пакетов/сек
- **профили:**
 - **G.8265.1** (*unicast, L3*)
 - **G.8275.1** (*multicast, L2, syncE*)
 - **G.8275.2** (*unicast, L3, syncE*)
 - **IEC/IEEE 61850-9-3**
 - **IEEE C37.238-2011(2017)**
 - заданные пользователем из вышеперечисленных параметров

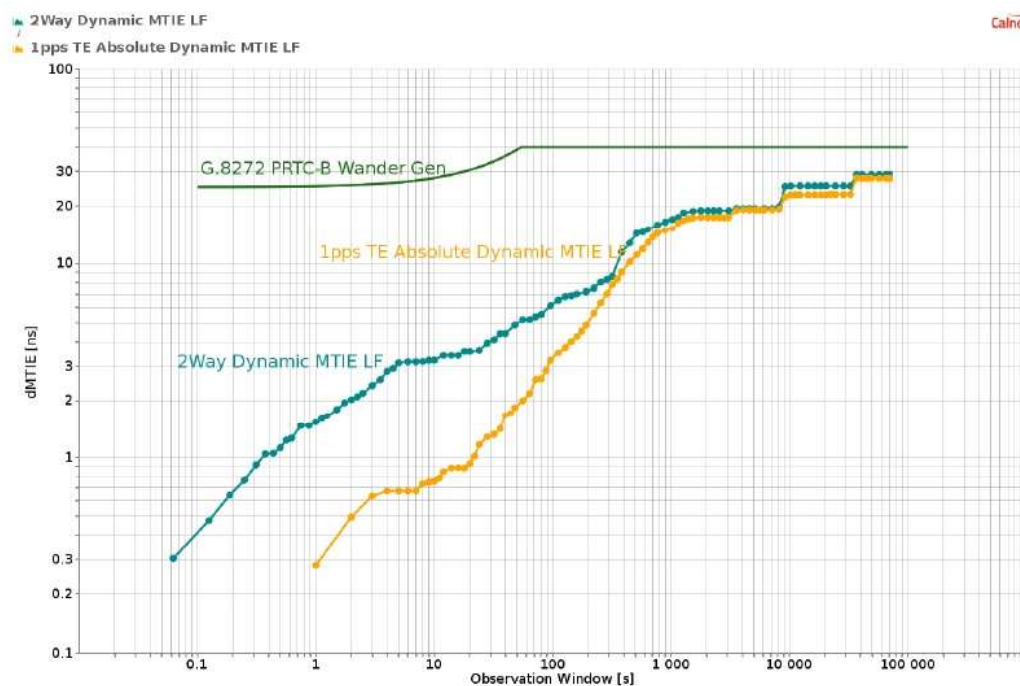
❖ Возможности сервера NTP v3,v4 (IETF RFC 1305, RFC 5905):

- уровень *Stratum I*
- **50000 абонентов на порт**



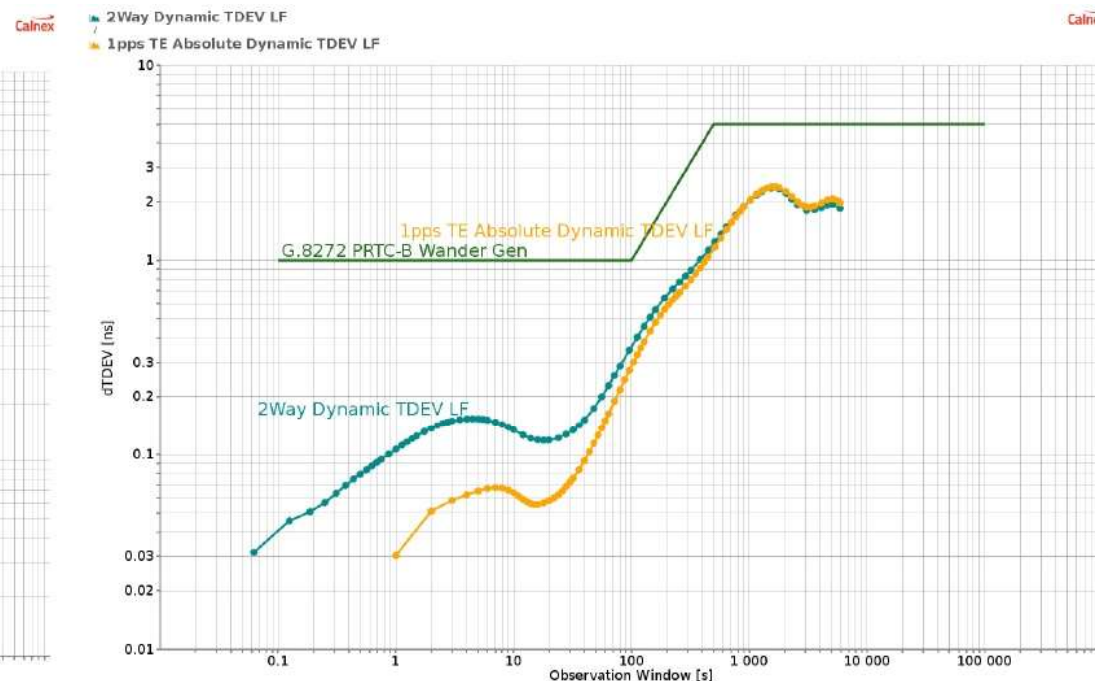
Применение двухчастотного приёмника ГНСС позволяет:

- улучшить характеристики захвата РТР ГМ до ITU-T G.8272 (**PRTC-B**)
- применять режим накопления (минимальные блуждания 1PPS с приёмника)
- применять режим фикс. координат (актуально в условиях подмены координат)



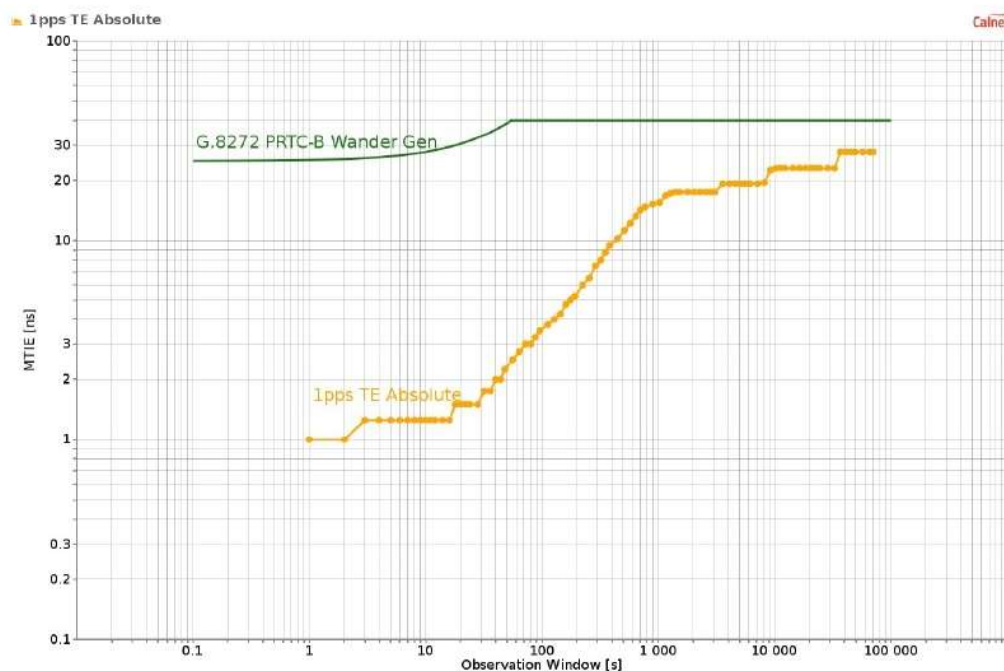
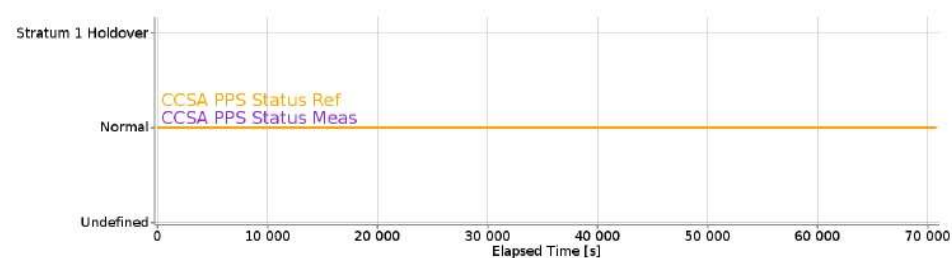
Min	0.305 ns
Max	28.86 ns
Max-Min	28.556 ns

Графики МОБИ
(на основе 2Way dTE_L и 1PPS dTE_L)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



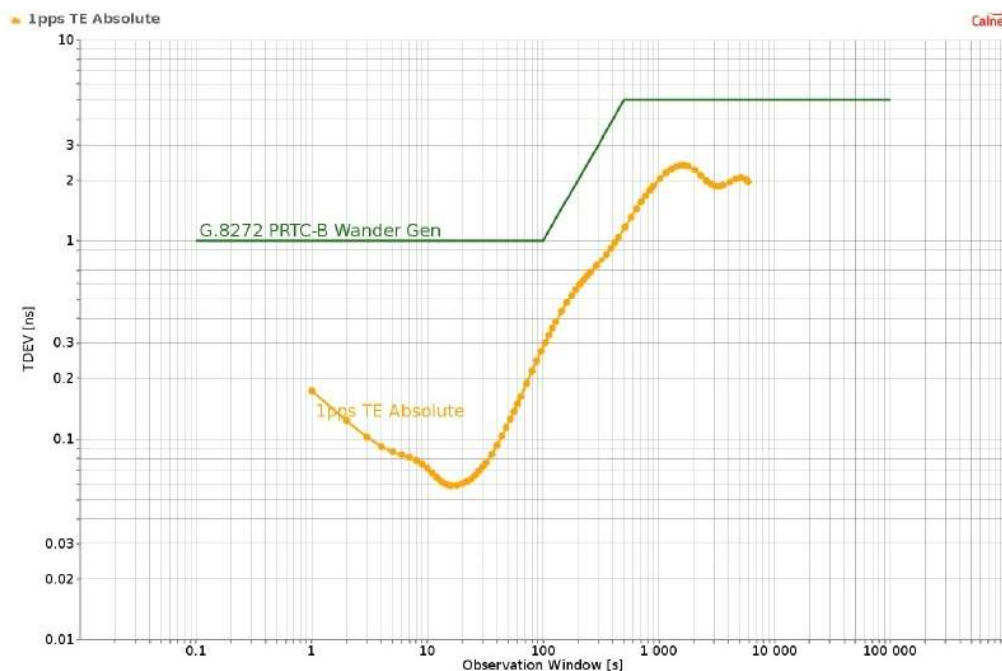
Min	0.031 ns
Max	2.34 ns
Max-Min	2.309 ns

Графики ДВИ
(на основе 2Way dTE_L и 1PPS dTE_L)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



Min	1 ns
Max	27.75 ns
Max-Min	26.75 ns

Графики МОБИ
(на основе 1PPS TE с ToD&1PPS)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



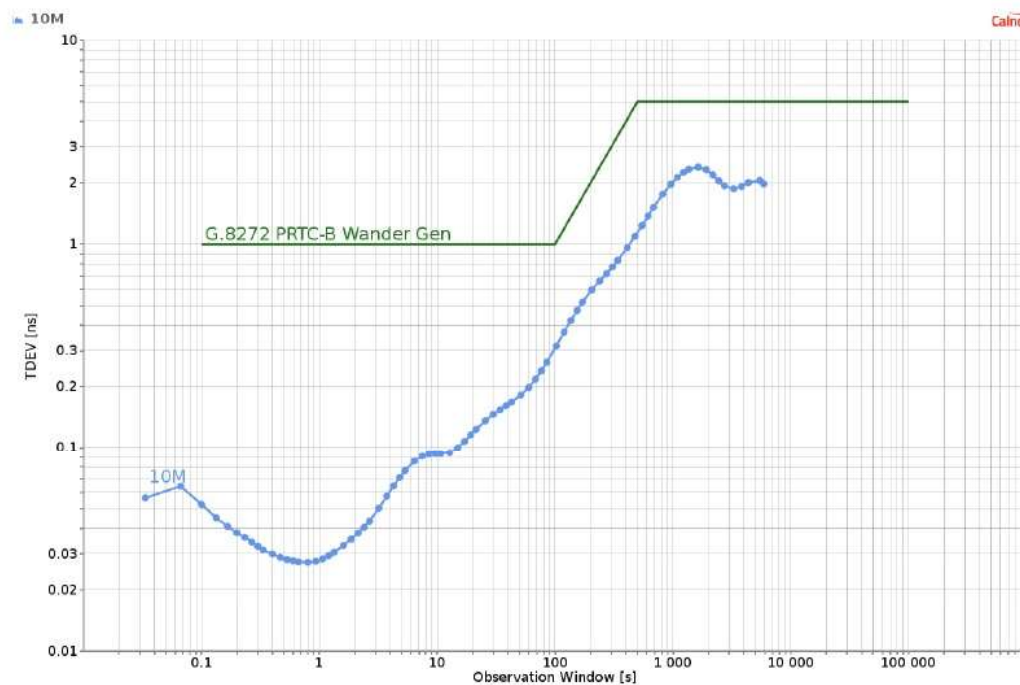
Min	0.059 ns
Max	2.386 ns
Max-Min	2.327 ns

Графики ДВИ
(на основе 1PPS TE с ToD&1PPS)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



Min	1 ns
Max	28 ns
Max-Min	27 ns

Графики МОВИ
(на основе 10 МГц)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



Min	0.027 ns
Max	2.388 ns
Max-Min	2.361 ns

Графики ДВИ
(на основе 10 МГц)
при использовании
ZED-F9T (fix point)



- На сетях SDH/PDH в качестве ВЗГ помимо VCH-003 может использоваться и VCH-505.

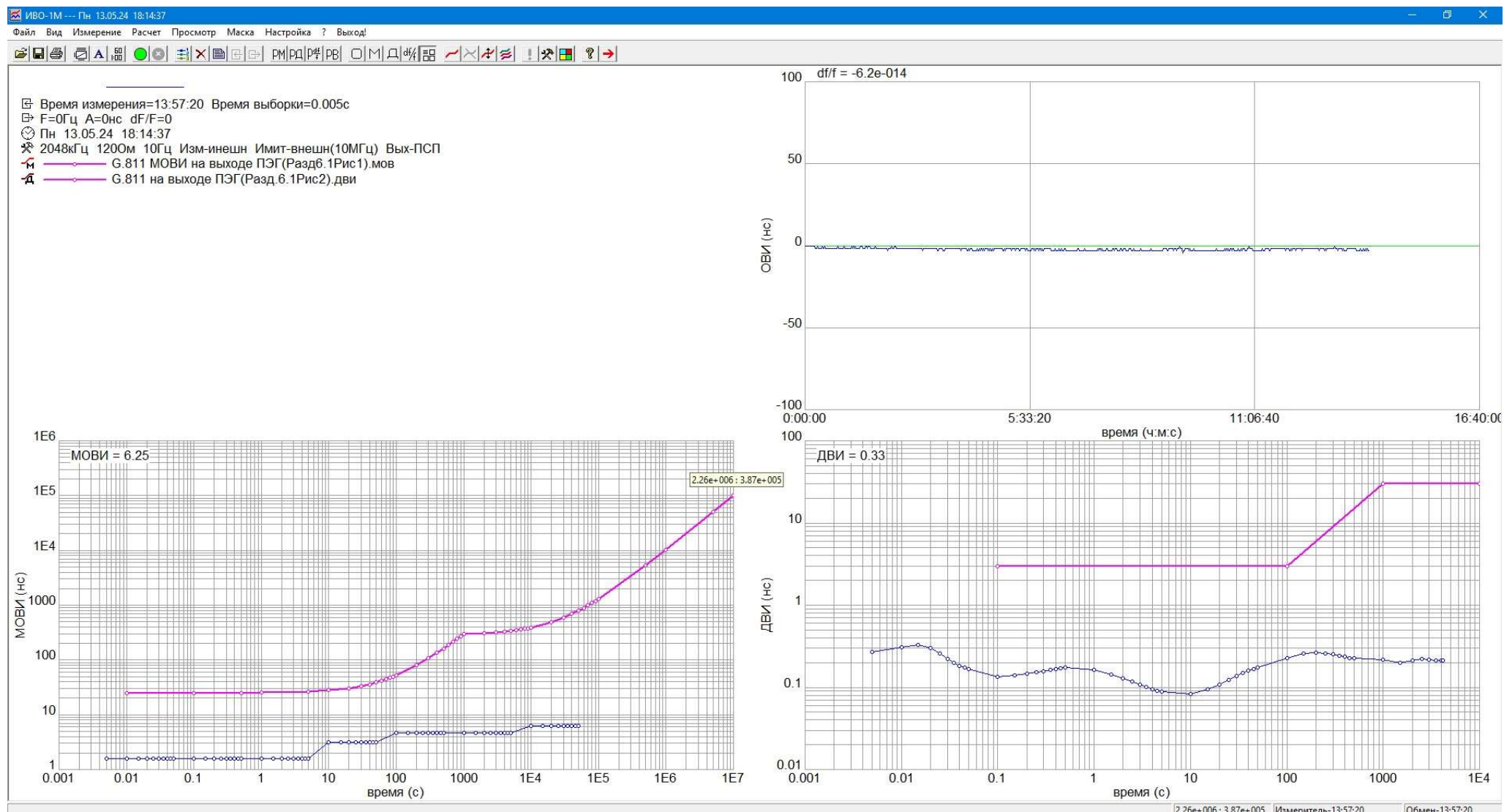
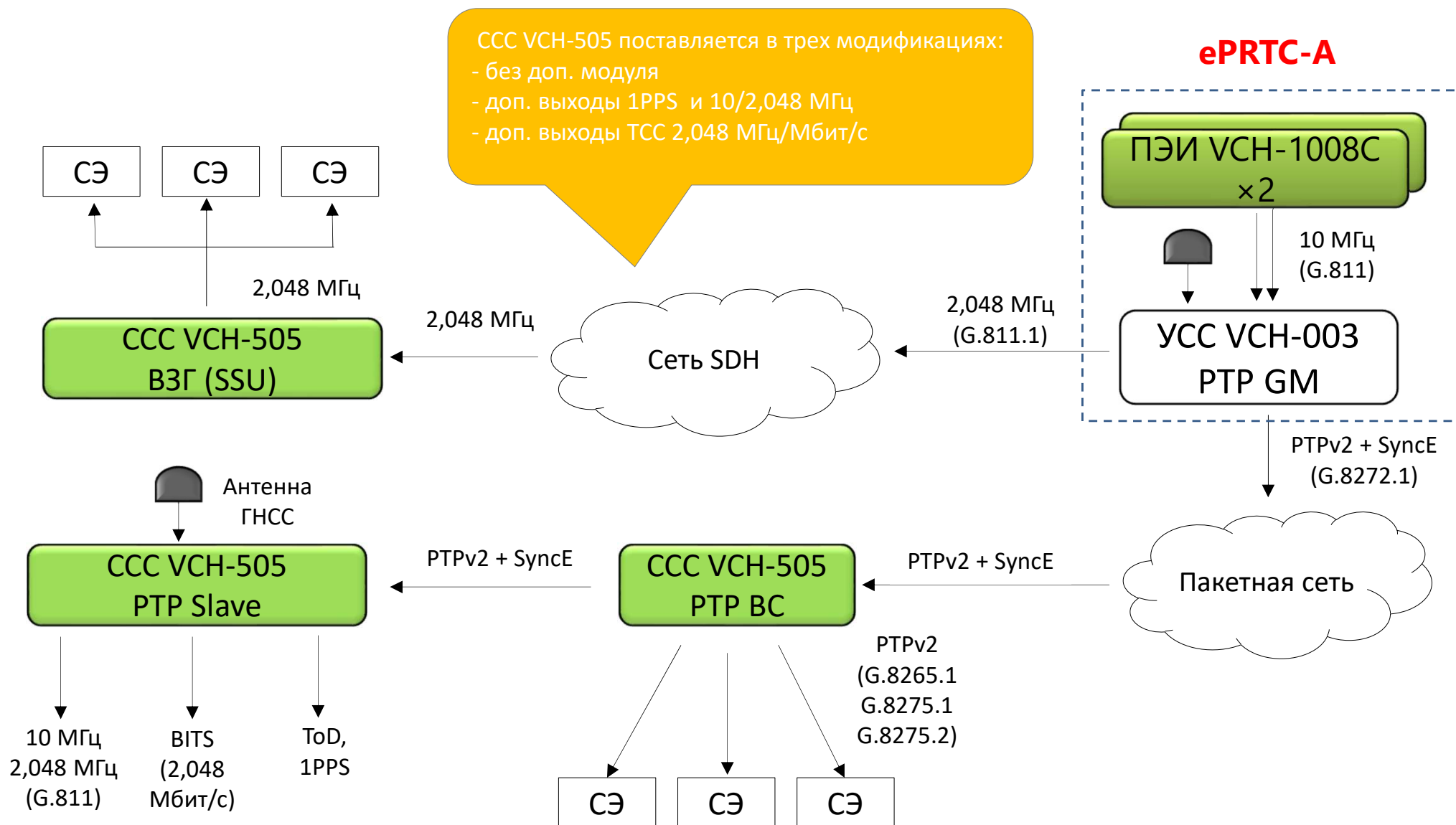


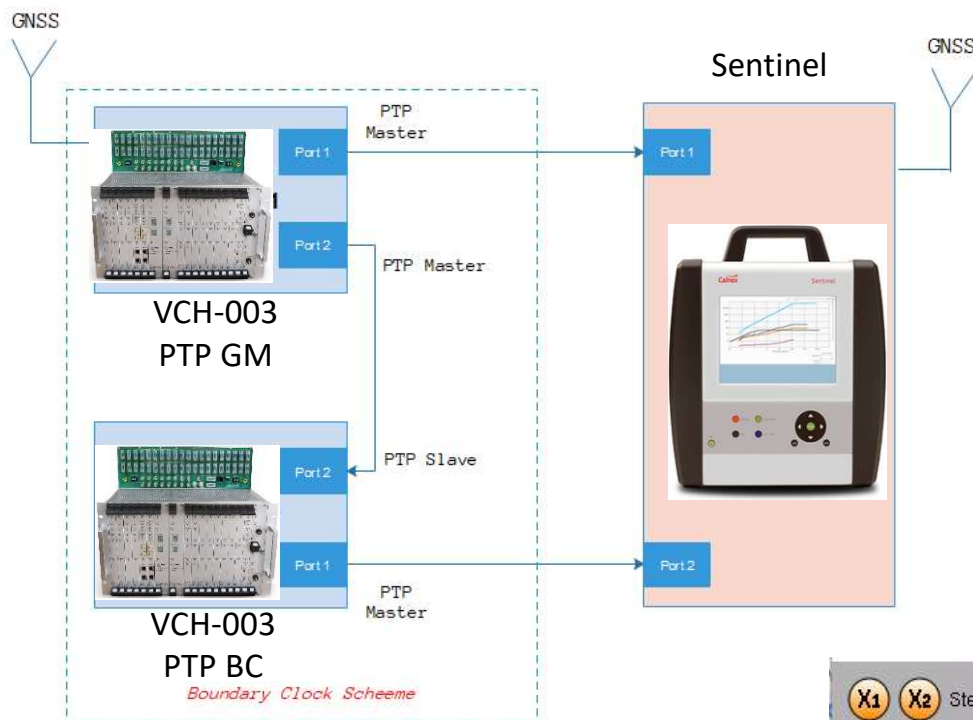
График фазы выходного синхросигнала VCH-505 при захвате за ПЭИ VCH-1008С
и результаты измерений МОВИ и ДВИ



ССС VCH-505 поставляется в трех модификациях:

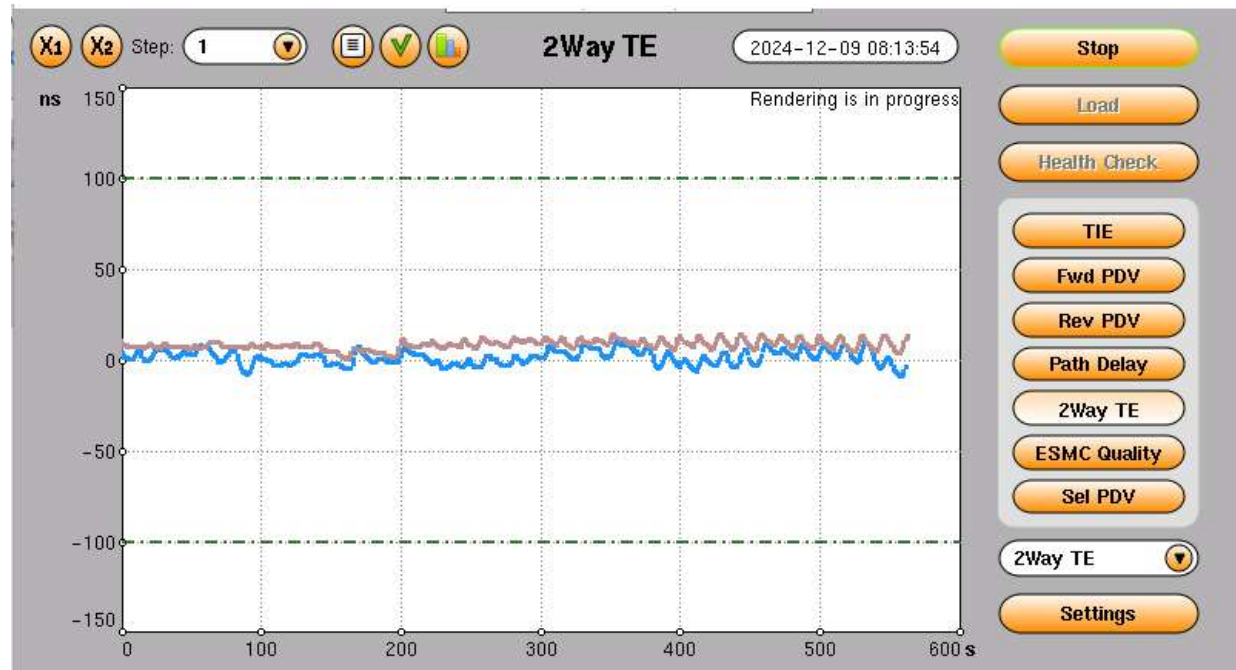
- без доп. модуля
- доп. выходы 1PPS и 10/2,048 МГц
- доп. выходы ТСС 2,048 МГц/Мбит/с





Testing PTP profiles:
G.8275.1,
G.8275.2,
G.8265.1,
Default Profile
(multicast, L3)

Современные уПЭИВЧ при спуфинге/отсутствии сигнала ГНСС должны обеспечивать абонентов РТР/НТР пакетной сети. Для этого в функционал РТР должен быть включен режим «границных часов» (РТР ВС), принцип работы которого (упрощённо) состоит в следующем. При дисквалификации сигнала ГНСС метка времени (ToD) принимается портом, который настроен на режим Slave, и раздаётся абонентам сети другим портом, который был настроен на режим Master.



Для выполнения этой задачи был разработан и встроен в функционал РТР VCH-003 и VCH-505 режим «границных часов» (РТР ВС). Режим РТР ВС успешно протестирован и соответствует наивысшему Class C (максимальная ошибка по времени не превышает ± 30 нс)

График измерения точности фазовой синхронизации РТРv2 (режим РТР ВС) при помощи Calnex Sentinel



- Опорный генератор - кварцевый (ДОСХО) с температурной нестабильностью $\pm 5.0 \times 10^{-11}$ в диапазоне температур $+10...+70$ °С.
Опция: рубидиевый, с нестабильностью до $\pm 10.0 \times 10^{-11}$ минус $10...+75$ °С.
- Максимальная ошибка синхронизации часов сервера относительно UTC, при приеме сигнала GPS/ГЛОНАСС или внешнего сигнала 1PPS : ± 30 нс.
- Максимальный уход часов (1PPS, PTP GM) относительно UTC после пропадания сигнала GPS/ГЛОНАСС при постоянной температуре окружающей среды за первые сутки не более:
 - ± 5 мкс (кварцевый генератор);
 - ± 2 мкс (при работе алгоритма компенсации старения кварцевого генератора);
 - ± 2 мкс (рубидиевый генератор)
 - ± 3 нс при работе с водородным мазером VCH-1008С в режиме комбайнера частоты и времени.
- Управление по протоколам HTTPS, SSH, SNMPv2.
- Напряжение питания 1, 2: 100-240 В переменное или 36 – 72 В постоянное (в любой комбинации).
- Потребляемая мощность – не более 40 Вт.
- Средняя наработка на отказ, час, не менее 120 000.
- Срок службы – 20 лет.
- Рабочие условия применения:
 - диапазон температур воздуха, °С, $+5 ...+40$;
 - влажность воздуха при температуре 25С, %, не более, 95.
- Габариты (ШхВхГ) – 440х32х252 мм
- Вес, не более: 4.2 кг.

Соответствие стандартам:

ITU-T G.703, G.704, G.781, G.811, G.811.1, G.812, G.8261, G.8262, G.8264, ITU-T G.8272, G.8273.2, G.8265.1, G.8275.1, G.8275.2

IEEE 1588v2 (PTP), 802.1Q (VLAN), 802.1ad, 802.1p (Priority)

RFC 1059 (NTPv1), RFC 1119 (NTPv2), RFC 1305 (NTPv3), RFC 5905 (NTPv4), RFC 4330 (SNTPv4)

ГОСТ IEC 62368-1-2014, ГОСТ CISPR 32-2015

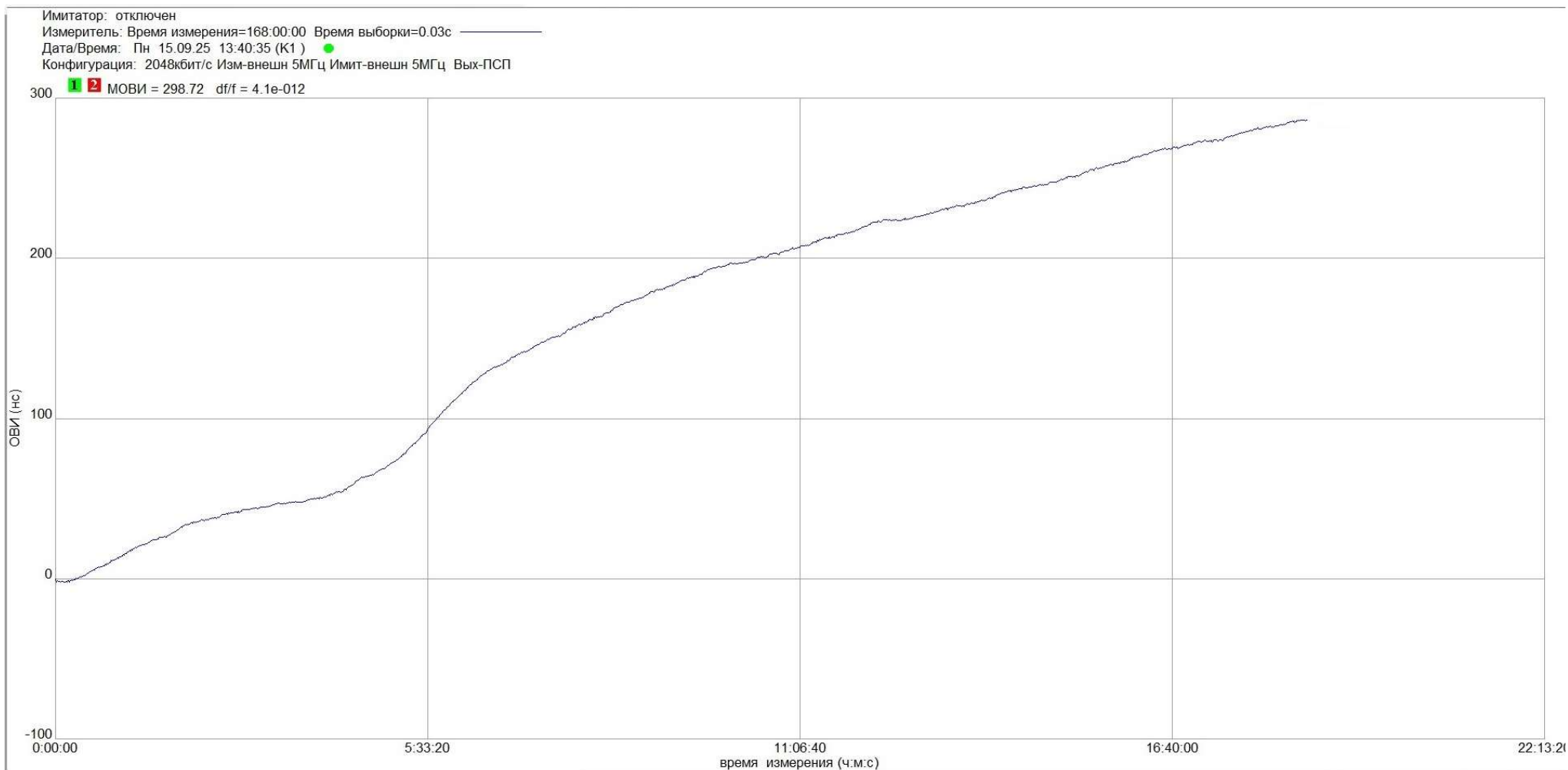


График фазы выходного синхросигнала в режиме удержания с Rb при потере синхронизации от ПЭИ

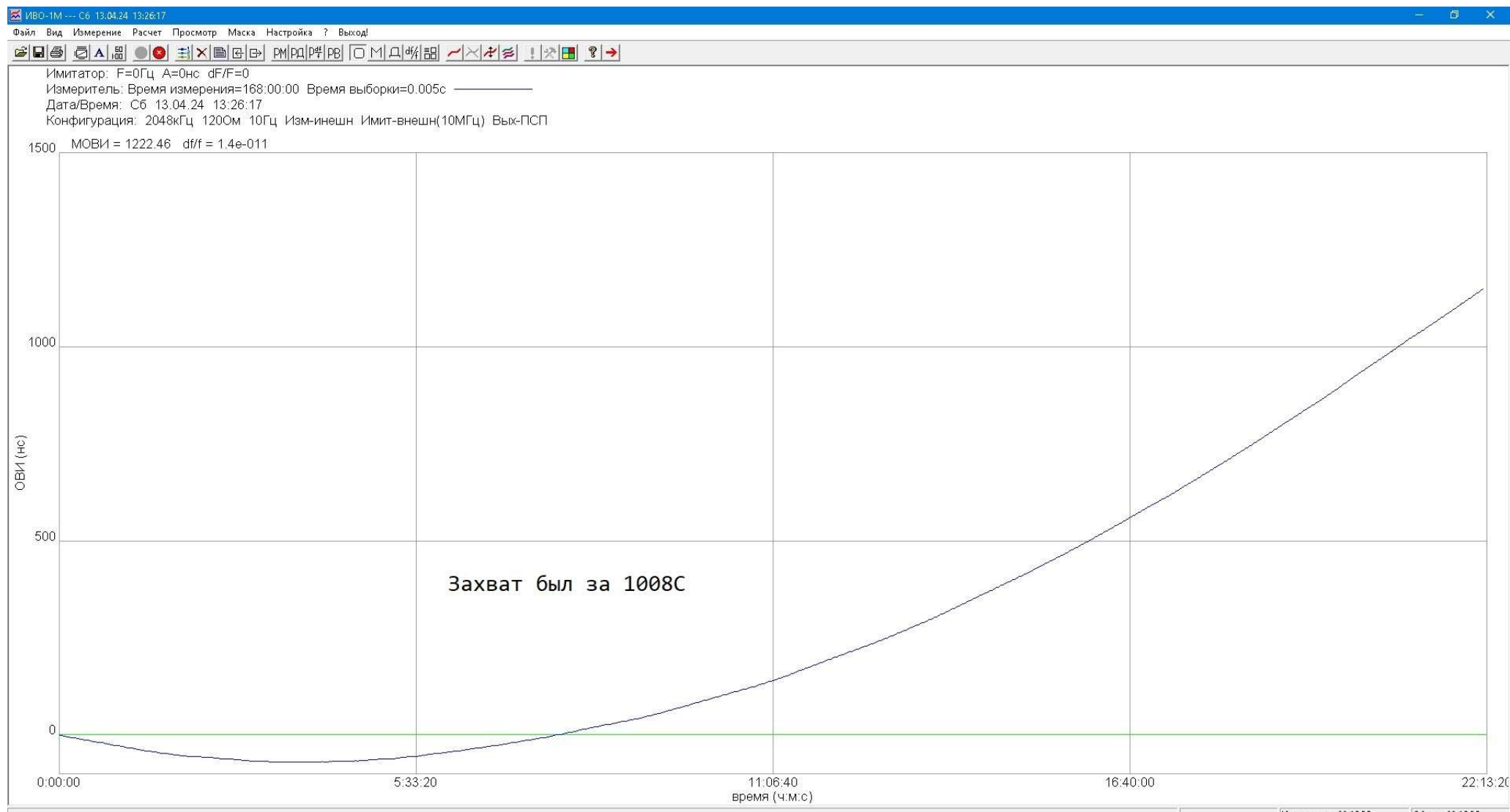


График фазы выходного синхросигнала в режиме удержания с DOСХО



В VCH-505/003 в режиме Holdover (удержания) при соблюдении нижеперечисленных условий применяется программный алгоритм автоматической компенсации старения (дрейфа) внутреннего кварцевого генератора. Расчёт величины компенсации старения внутреннего кварцевого генератора начинается после 7 суток с момента подачи питания и производится непрерывно скользящим окном шириной 3 суток (72 часа) в режиме захвата (Track) блока генератора.

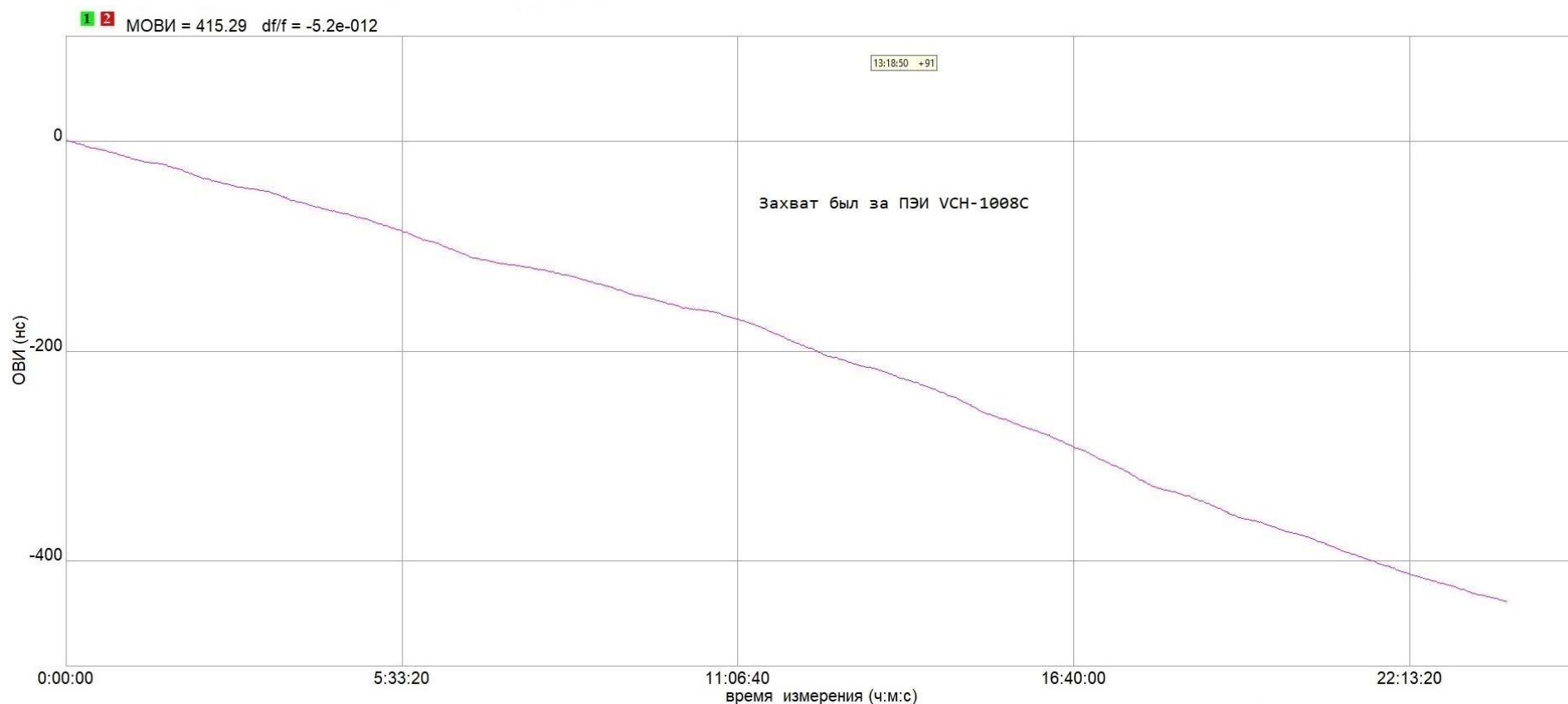


График фазы выходного синхросигнала в режиме
удержания с компенсацией дрейфа DOСХО

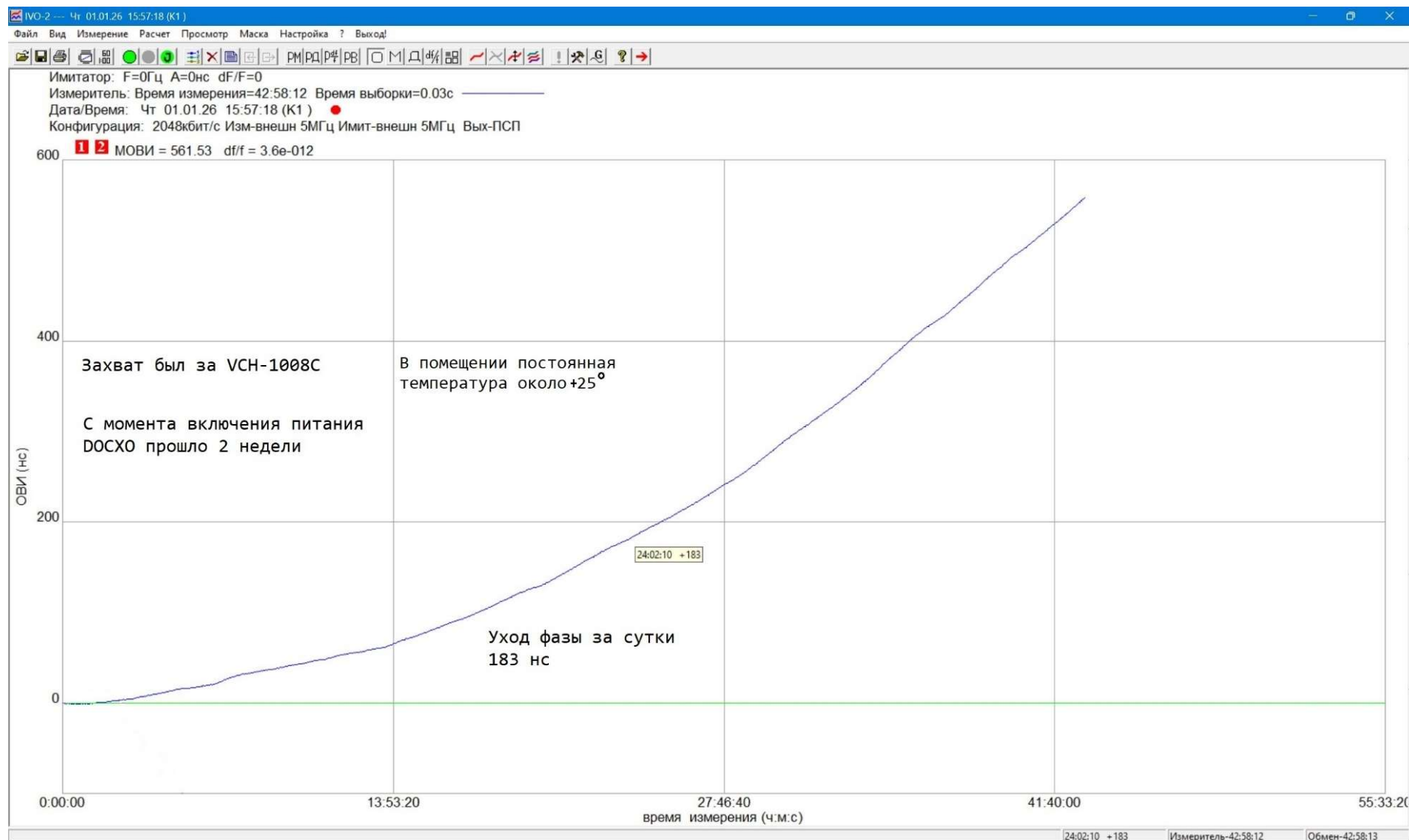


График фазы выходного синхросигнала в режиме
удержания с компенсацией дрейфа DOCXO+



ВРЕМЯ-Ч
РОССИЯ

Продукция АО «Время-Ч» для систем Тактовой Сетевой Синхронизации





❖ Устройство сетевой синхронизации VCH-003

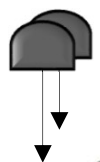
- входы: 1/5/10/2,048 МГц / E1 (x8), антенна ГНСС (x2), 1PPS, PTPv2 slave (x2)
- до 80 выходов 2,048 МГц и 2,048 Мбит/с (E1)
- 4 изолированных порта PTPv2/NTP + SyncE
- NTPv3,4 - 50000 абонентов на порт
- PTP GM – 1024 абонента на порт при 128 пакетах/с
- режим ПЭИВЧ при синхронизация от ГНСС - **PRTC-B**

В качестве источника синхросигнала использует

❖ Первичный эталонный источник – пассивный водородный мазер VCH-1008C

- выходы 1/5/10/100/2,048 МГц, 1PPS
- в режиме хранения соответствует МСЭ-Т **G.811** ($\delta f < 1e-11$)
- в режиме автокоррекции частоты по сигналам ГНСС соответствует уПЭГ (ePRC) МСЭ-Т G.811.1 ($\delta f < 1e-12$)





Антенны ГНСС
(кабель 60-100м)



УСС
VCH-003

ПЭИ
VCH-1008C

- ❖ формирование сигналов частоты и времени для сетей *SDH/PDH*, сетей с коммутацией пакетов
- ❖ нестабильность частоты:
 - $1 \cdot 10^{-12}$ за 1 сек.
 - $2 \cdot 10^{-14}$ за сутки
- ❖ резервируемая архитектура
- ❖ выходные сигналы: 2,048 МГц / E1 (×80), 1PPS (×2), 10 МГц (×2)
- ❖ частотная синхронизация - МСЭ-Т G.811 (PRC)
- ❖ фазово-временная синхронизация - МСЭ-Т G.8272 (PRTC)
- ❖ ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/BeiDou
- ❖ 1024 абонента на порт PTPv2 + SyncE
- ❖ 50000 абонентов на порт NTPv3,4
- ❖ дополнительные опции для улучшения характеристик:
 - функция автокоррекции частоты по ГНСС для ПЭИ VCH-1008C (МСЭ-Т **G.811.1**)
 - двухдиапазонный (Dual band) приёмник ГНСС для VCH-003 (МСЭ-Т **G.8272 (PRTC-B)**)
 - функция комбайнера частоты и времени для VCH-003 (МСЭ-Т **G.811.1/ G.8272.1(ePRTC-A)**)

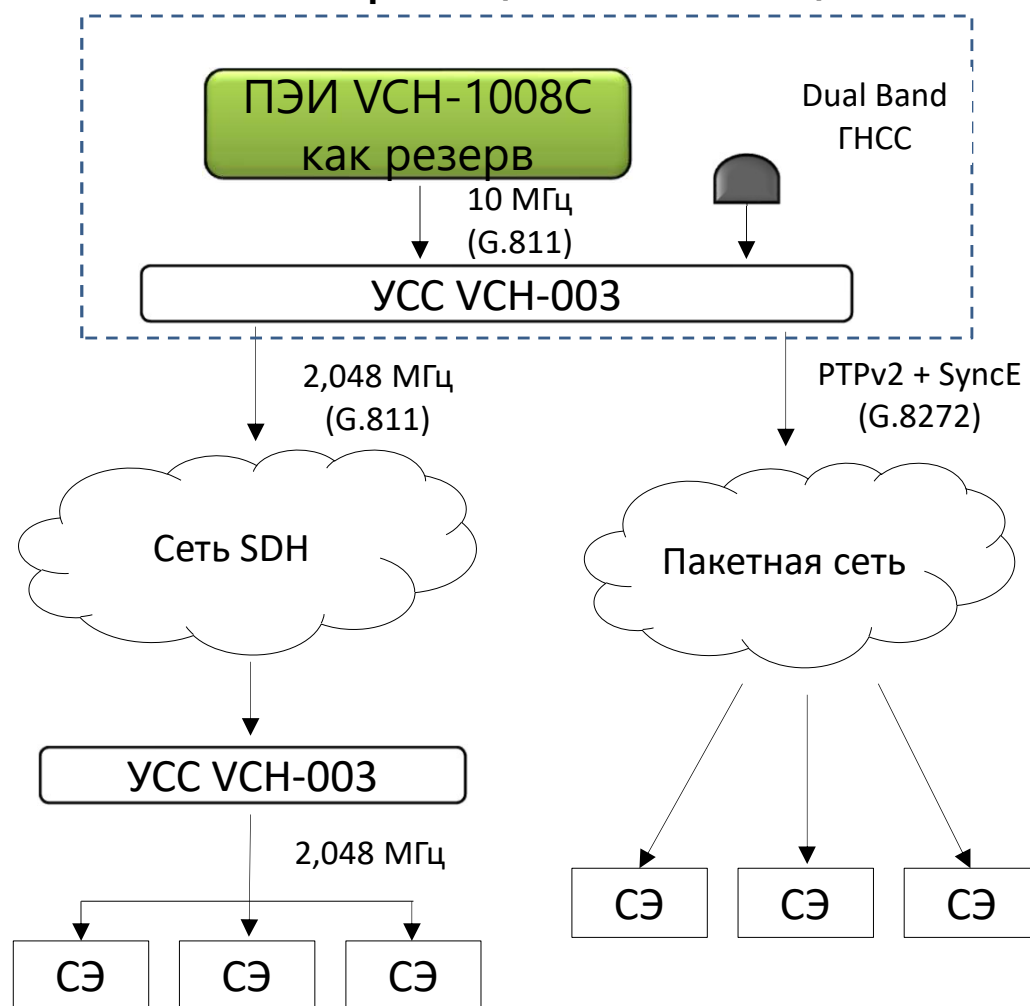


Первичный эталонный источник времени и частоты (ПЭИВЧ)

PRTC-B

Частота (МСЭ-Т G.811)

Фаза/время (МСЭ-Т G.8272)

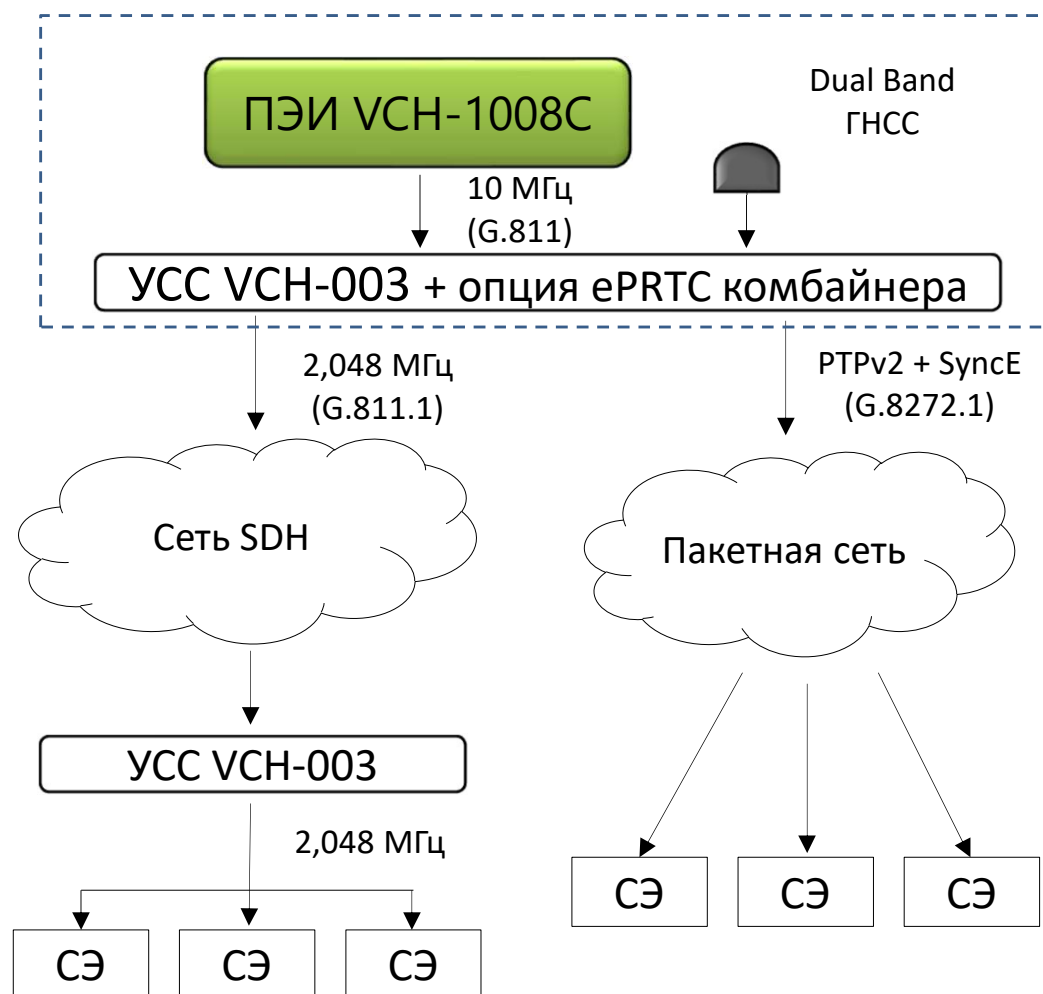




Улучшенный первичный эталонный источник времени и частоты (уПЭИВЧ)

ePRTC-A

Частота (МСЭ-Т G.811.1)
Фаза/время (МСЭ-Т G.8272.1)





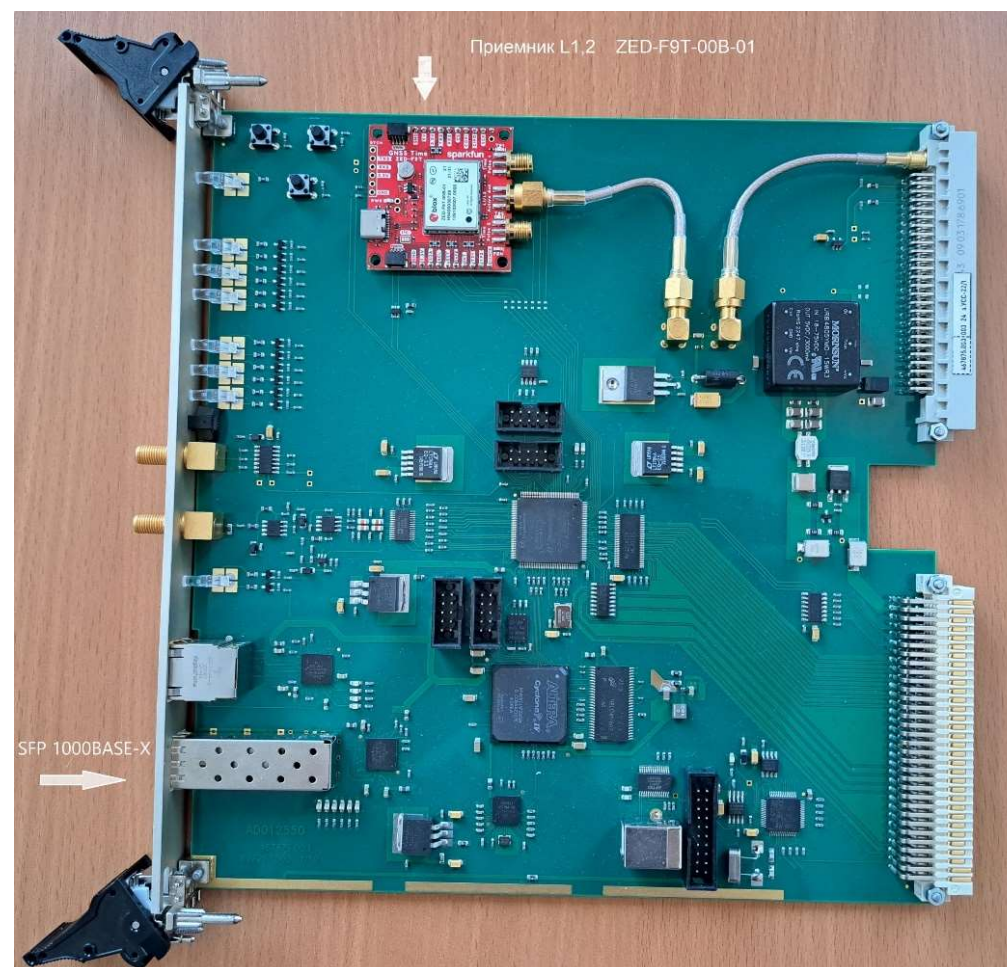
В настоящее время в телеком-оборудовании пакетной синхронизации для работы функционала PTPv2, NTPv3,4 и syncE используются оптические порты. Это связано с тем, что в коммутаторах пакетных сетей большую распространенность получили оптические интерфейсы SFP (1 Гбит/с) и SFP+ (1/10 Гбит/с). Исходя из этого, был разработан блок ГНСС, в котором один из портов - SFP. Новая модификация блока подтвердила свою работоспособность на испытаниях в АО «МТС», а именно функционала NTP, PTP GM, PTP BC, PTP Slave и syncE.

Аппаратная доработка

- ❖ возможность установки разных приемников:
 - NEO-M8N-0-10 (L1)
 - **ZED-F9T-00B-01 (L1,L2)** - двухдиапазонный приёмник с детектированием спуфинга и повышенной точностью 1PPS (режим накопления и фикс координат)
- ❖ вариант с одним SFP (на рис) 1 Гбит/с (1000BASE-X)
- ❖ вариант с двумя SFP 1 Гбит/с (1000BASE-X) + измерение тока АФУ

Программная доработка

- ❖ режим накопления и фиксированных координат
- ❖ автоматический выбор канала для фазовой петли на основе приоритетов и clock class (PTP)
- ❖ режим «граничных часов» PTP BC





Решения для работы с сигналами ГНСС в условиях помех





Проведена работа по интеграции УСС VCH-003 и изделия «Комета-МН16» от компании ВНИИР-Прогресс.

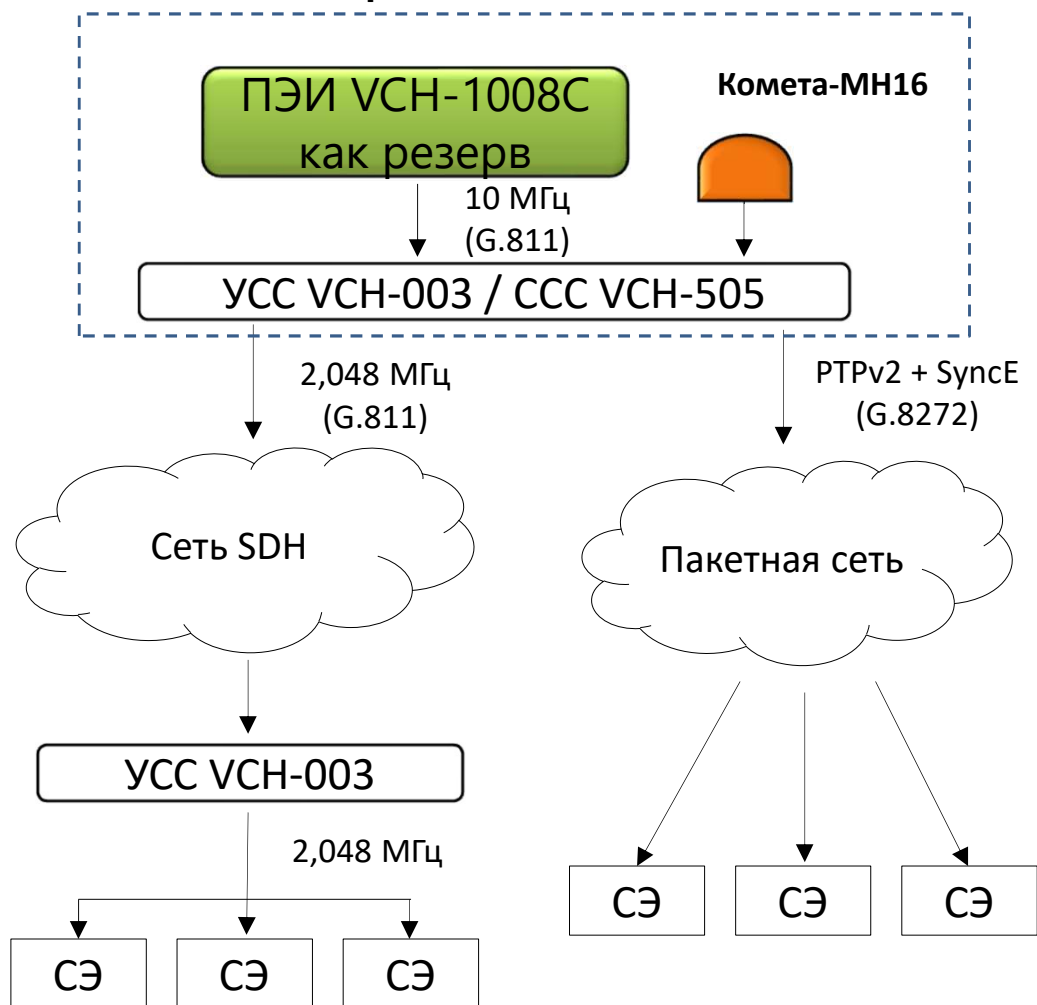
- Установка порогов по мощности помех L1 ГЛОНАСС, L1 GPS/Beidou/Galileo
- Получение ToD&1PPS по RS-485/422 без использования ВЧ-кабеля
- Мониторинг состояния антенны

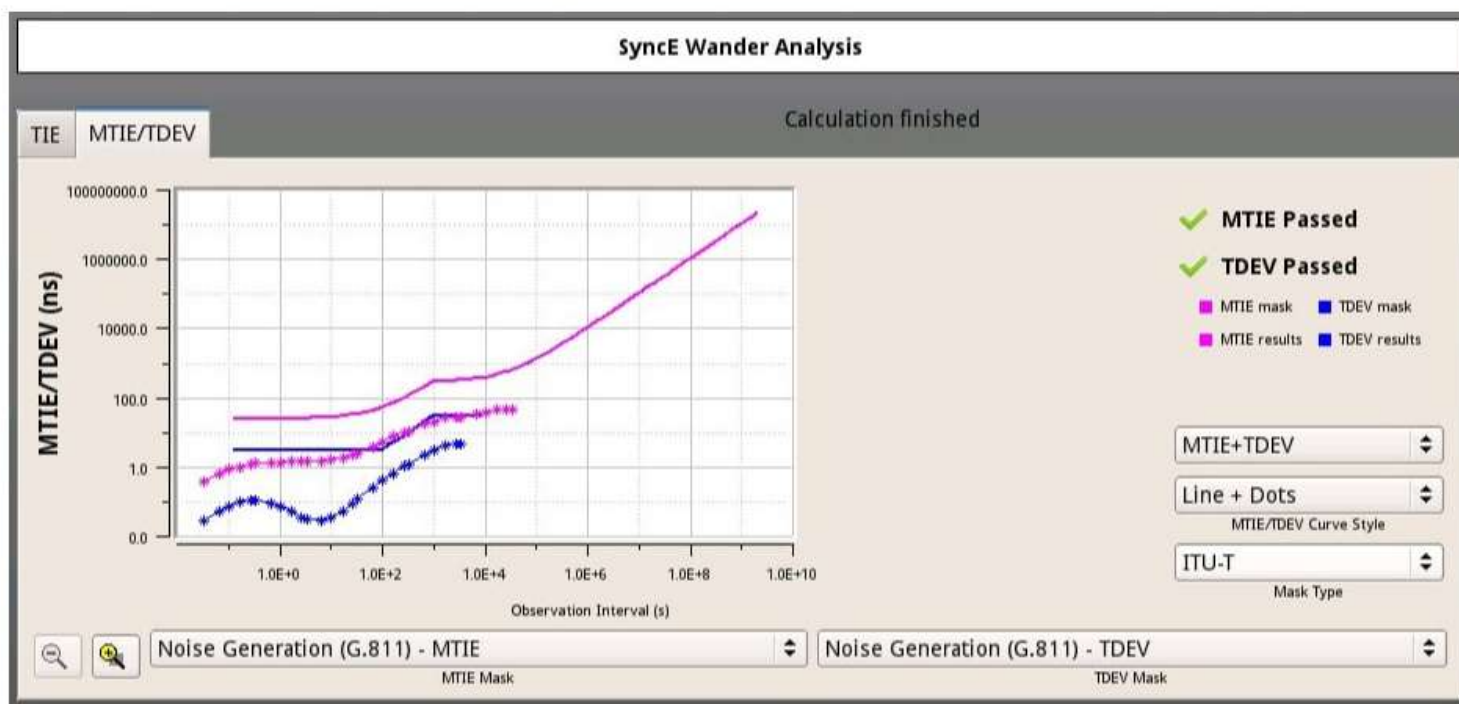
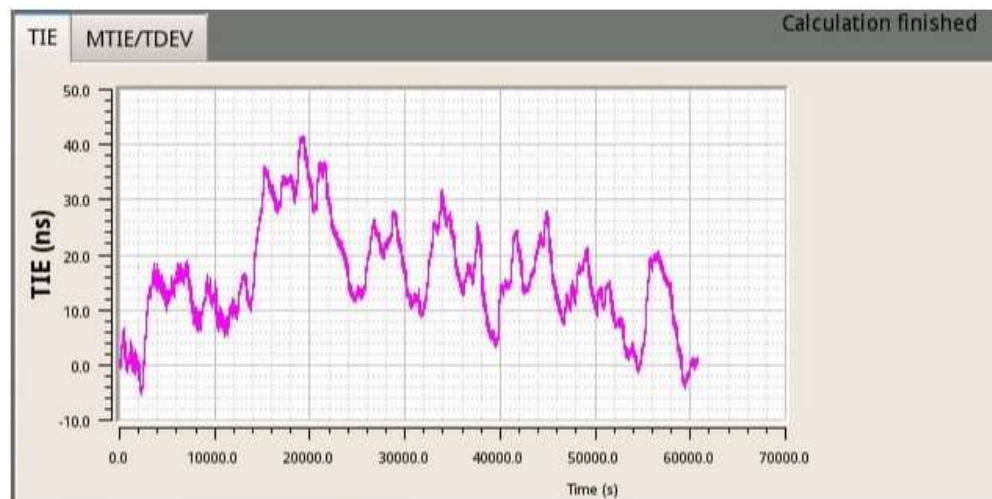
PRTC-A

Частота (МСЭ-Т G.811)

Фаза/время (МСЭ-Т G.8272)

- В режиме захвата за ГНСС обеспечивается соответствие нормам ITU-T G.8272 (PRTC-A)
- Для обеспечения частотной поддержки рекомендуется использовать ПЭИ VCH-1008C





Графики МОВИ и ДВИ с VCH-505 (на основе syncE)
при использовании ZED-F9T (fix point)



Время начала	Время завершения	Слот	Тип блока	Id	Описание	Статус	Канал	Значение	Подтверждено
01.10.2026 16:24:21		A04	Блок GNSS/PTP/NTP	725	GNSS Noise Threshold Exceeded	Низкая	L1 GLONASS		х
01.10.2026 16:26:02		A04	Блок GNSS/PTP/NTP	725	GNSS Noise Threshold Exceeded	Низкая	L1 GPS/BeiDou/Galileo		х
01.10.2026 16:26:02		A06	Блок генератора	403	Удержание	Низкая			х
01.10.2026 16:26:02		A08	Блок генератора	403	Удержание	Низкая			х
17.09.2026 10:00:12		A05	Блок GNSS/PTP/NTP	1	Извлечение блока	Средняя			✓

Блок GNSS/PTP/NTP [A04]

A06

 Опорный генератор

Антенна

 Канал

M

 Режим работы

PRC

 SSM

Захват

Управление

Разрешить использовать данные с антенны ----- Да

Разрешить использовать пороги по мощности помех ----- Да

Порог мощности помех L1 ГЛОНАСС ----- -90 дБмВт

Порог мощности помех L1 GPS/BeiDou/Galileo ----- -90 дБмВт

Данные

Число помех ГЛОНАСС ----- 0

Число помех GPS/BeiDou/Galileo ----- 0

Мощность помех L1 ГЛОНАСС ----- -85 дБмВт

Мощность помех L1 GPS/BeiDou/Galileo ----- -88 дБмВт

Мощность помех L1 ----- -77 дБмВт

Мощность компенсатора L1 ГЛОНАСС ----- -99 дБмВт

Мощность компенсатора L1 GPS/BeiDou/Galileo ----- -100 дБмВт

Диагностика

Полная исправность антенны ----- Да

Помехи отсутствуют ----- Да

Наличие решения ГНСС ----- Да

Активные события

и Кол-1



Время начала	Время завершения	Слот	Тип блока	Id	Описание	Статус	Канал	Значение	Подтверждено
01.10.2026 16:29:12		A06	Блок генератора	410	Подстройка	Внимание			✓
01.10.2026 16:29:12		A08	Блок генератора	410	Подстройка	Внимание			✓
17.09.2026 10:00:12		A05	Блок GNSS/PTP/NTP	1	Извлечение блока	Средняя			✓

Блок GNSS/PTP/NTP [A04]

A06

Опорный генератор

Антенна

Канал

M

Режим работы

PRC

SSM

Захват

Управление

Разрешить использовать данные с антенны Да

Разрешить использовать пороги по мощности помех Да

Порог мощности помех L1 ГЛОНАСС -70 дБмВт

Порог мощности помех L1 GPS/BeiDou/Galileo -70 дБмВт

Данные

Число помех ГЛОНАСС 0

Число помех GPS/BeiDou/Galileo 0

Мощность помех L1 ГЛОНАСС -85 дБмВт

Мощность помех L1 GPS/BeiDou/Galileo -88 дБмВт

Мощность помех L1 -77 дБмВт

Мощность компенсатора L1 ГЛОНАСС -99 дБмВт

Мощность компенсатора L1 GPS/BeiDou/Galileo -100 дБмВт

Диагностика

Полная исправность антенны Да

Помехи отсутствуют Да

Наличие решения ГНСС Да

Активные события

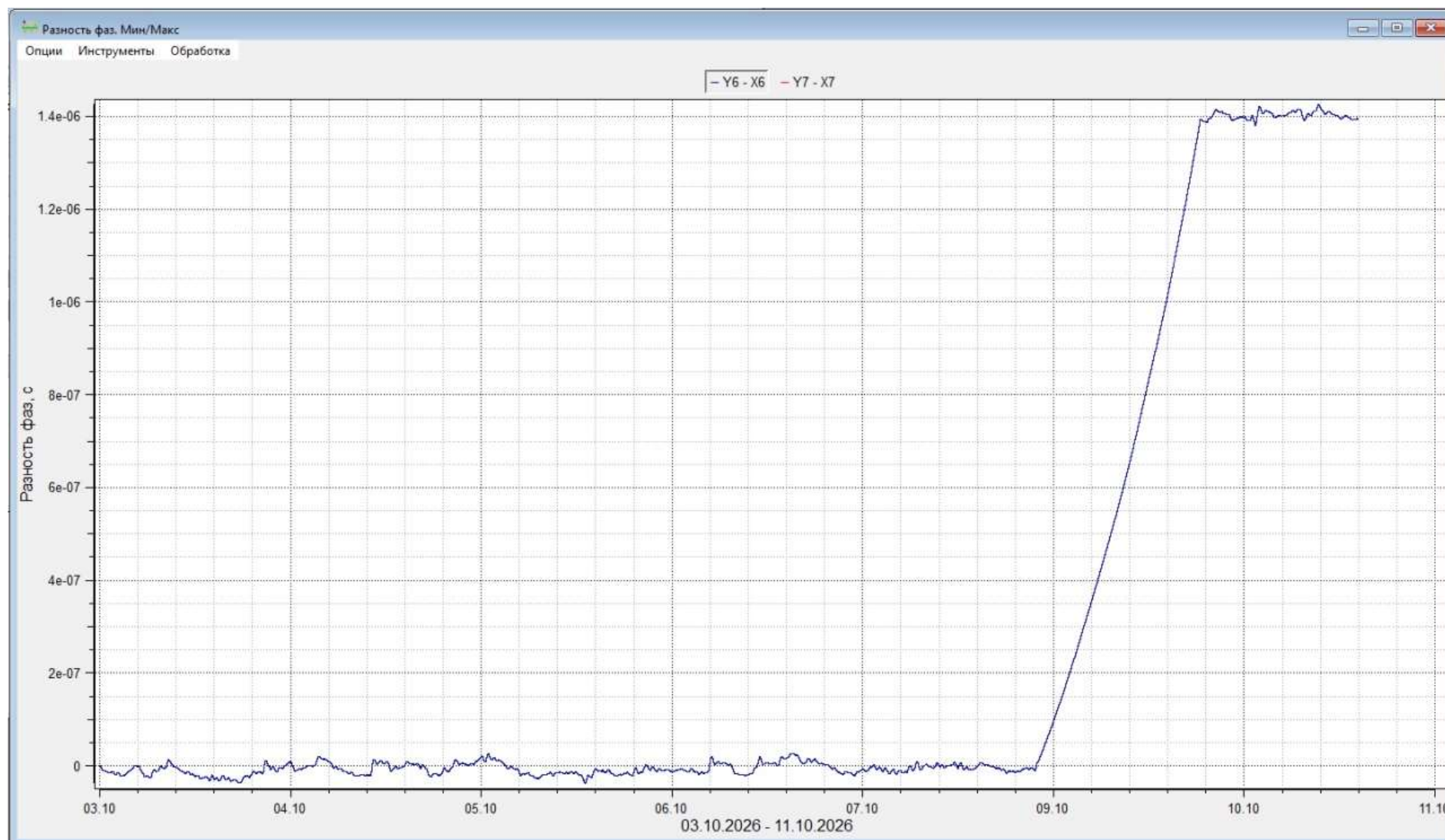


График фазы выходного синхросигнала 2048 кГц VCH-003 с использованием ЦАП Комета-МН16



ВРЕМЯ-Ч
РОССИЯ

Улучшение характеристик УСС VCH-003 и ССС VCH-505 для обеспечения соответствия требованиям стандартов МСЭ-Т G.811.1/G.8272.1





- ❖ высокостабильные спектрально чистые синхросигналы:
 - синусоидальные: 1/5/10/100 МГц, $(1 \pm 0,2)$ В на нагрузке 50 Ом
 - импульсные:
 - 2,048 МГц, $(1,5...2,8)$ В на нагрузке 75 Ом (МСЭ-Т G.703)
 - 1 Гц, длительность импульса $(10 \pm 0,1)$ мкс, TTL уровень на нагрузке 50 Ом
- ❖ в режиме хранения частоты соответствует МСЭ-Т G.811
- ❖ опция автокоррекции частоты по сигналам ГНСС (G.811.1)
- ❖ потребляемая мощность – не более 80 Вт

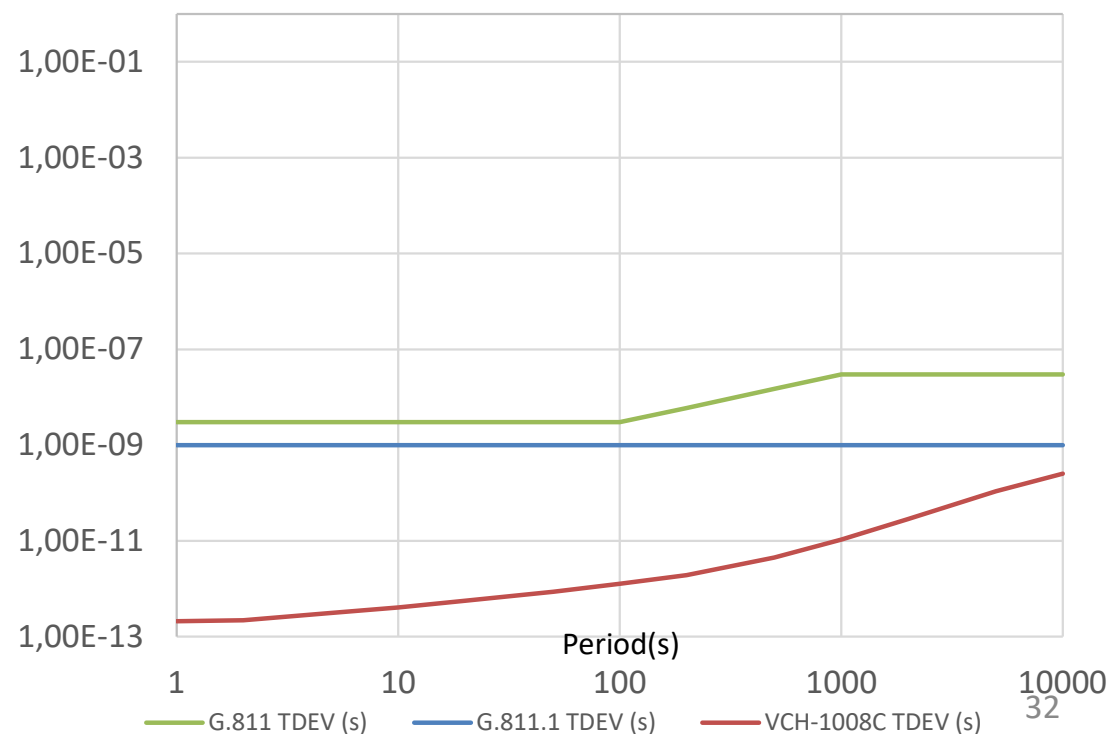


Погрешность по частоте

при выпуске	$\pm 3 \cdot 10^{-13}$
при эксплуатации	$\leq \pm 1 \cdot 10^{-12}$

TDEV(s)

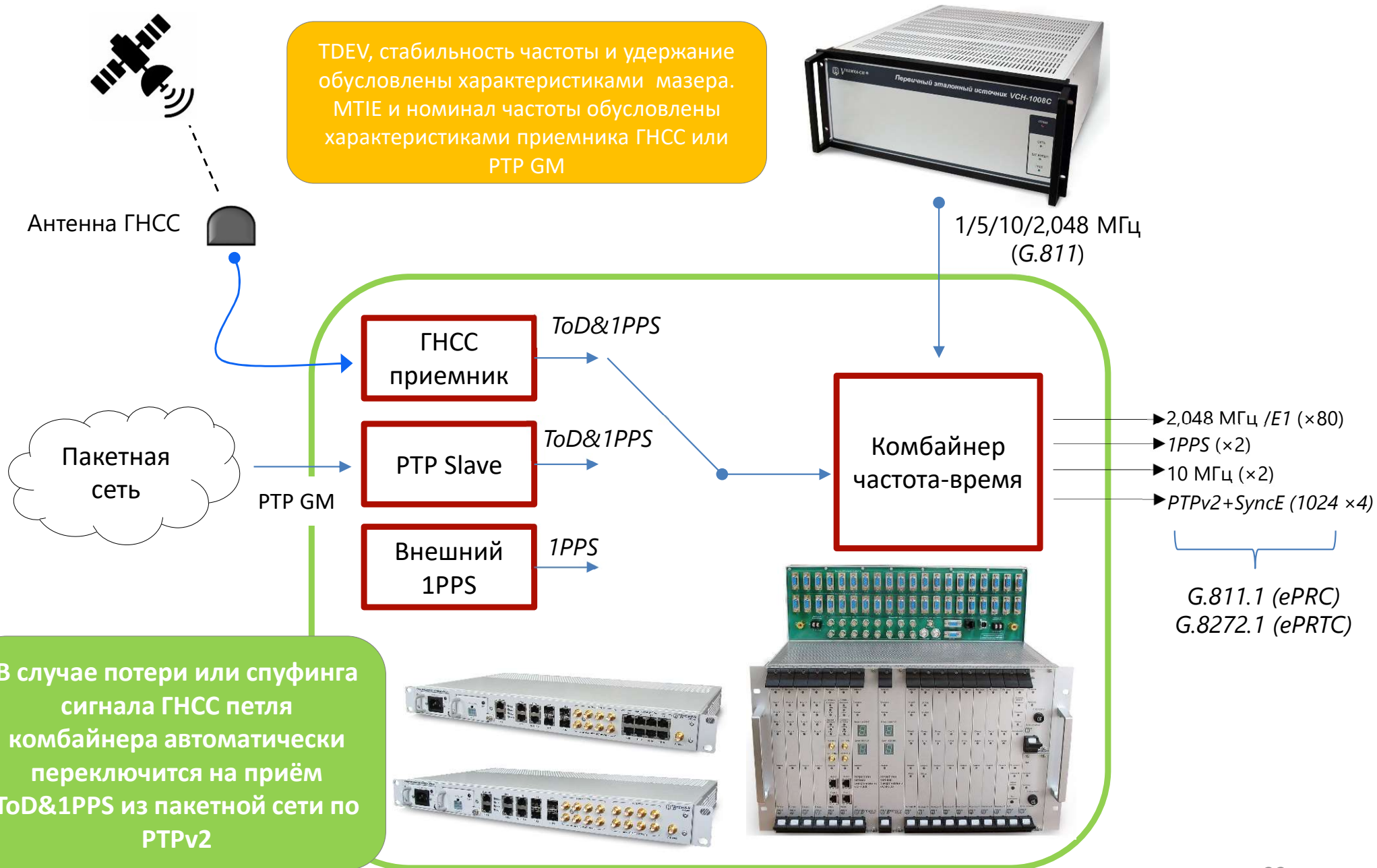
TDEV G.811, 811.1 and VCH-1008C



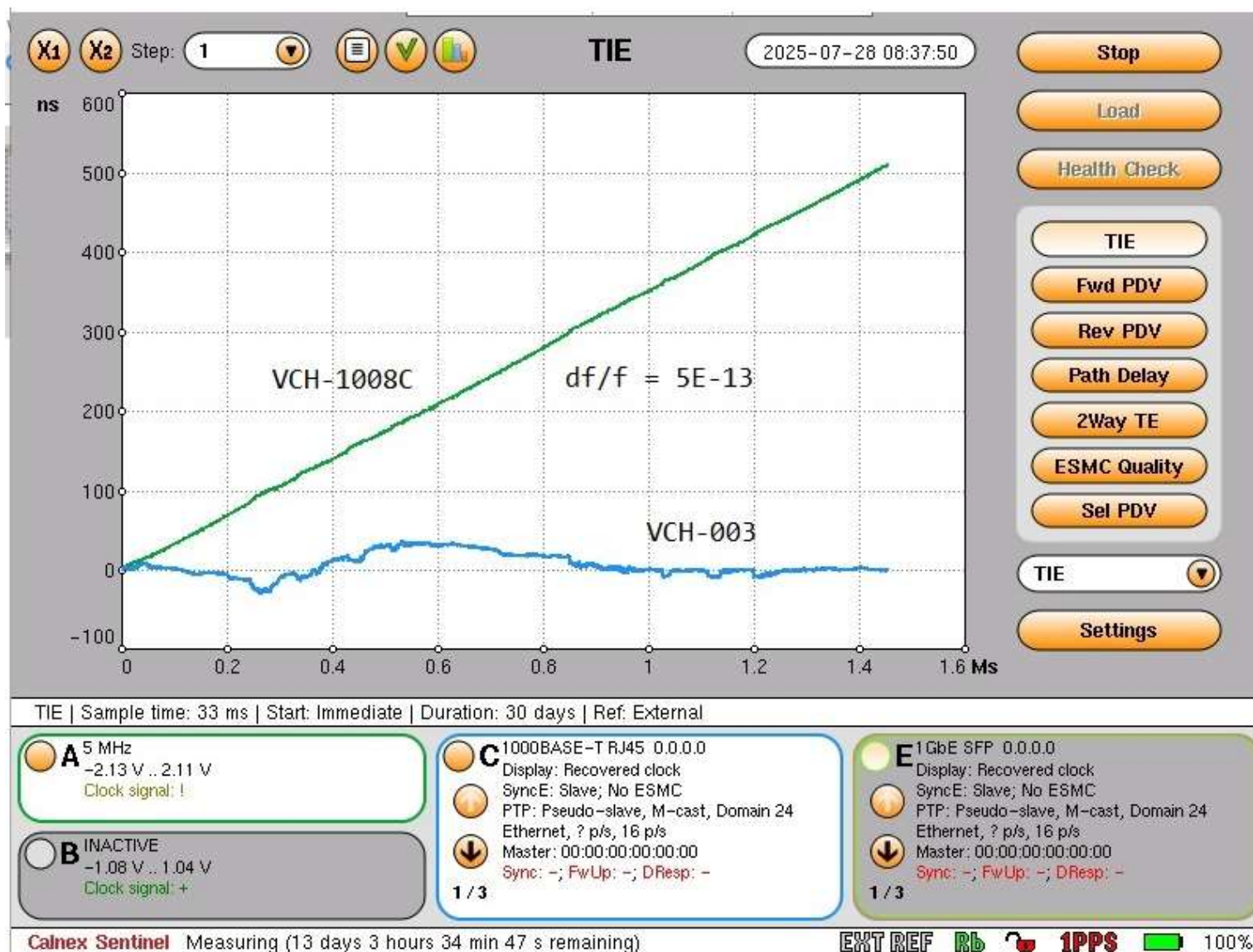


ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/BeiDou

Пассивный водородный мазер ПЭИ VCH-1008C (PRC)



ССС VCH-505 или УСС VCH-003



Подстройка и Захват петли комбайнера частоты (VCH-1008C) и времени UTC (двухдиапазонный приёмник ГНСС)

Table 3 – ePRTC phase/time holdover requirements

	Time t (s)	Time error $\Delta x(t)$ (ns)
ePRTC-A	$0 < t \leq 1,209,600$ (14 days)	$ \Delta x(t) \leq 30 + 5.787037 \times 10^{-5} t$
ePRTC-B	For further study	For further study

NOTE – $t=0$ represents the start of holdover.

- за 14 суток уход фазы не должен превышать ± 100 нс.

Table 3 – ePRTC-A phase/time holdover requirements

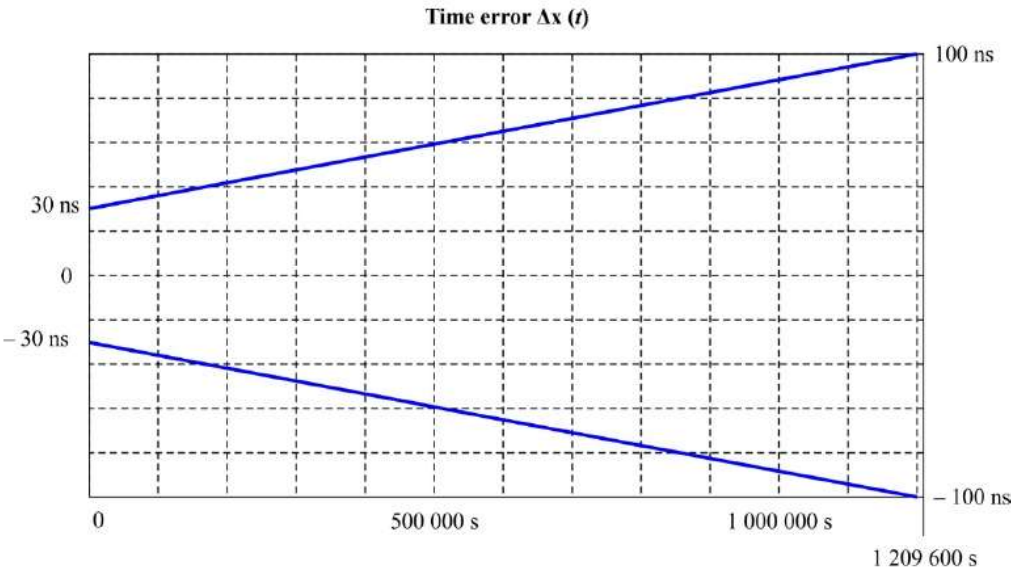
Locked mode duration L (days)	Holdover Time t (s)	Time error $\Delta x(t)$ (ns)
$L < 6$ days	$0 < t \leq 70\,000$	$ \Delta x(t) \leq 30 + 1.000 \times 10^{-3} t$
$6 \text{ days} \leq L \leq 40 \text{ days}$	$0 < t \leq L \cdot 86\,400$ (L days)	$ \Delta x(t) \leq 30 + 70\, t / (L \cdot 86\,400)$
$L > 40$ days	$0 < t \leq 3\,456\,000$ (40 days)	$ \Delta x(t) \leq 30 + 2.025463 \times 10^{-5} t$

NOTE – $t=0$ represents the start of holdover.

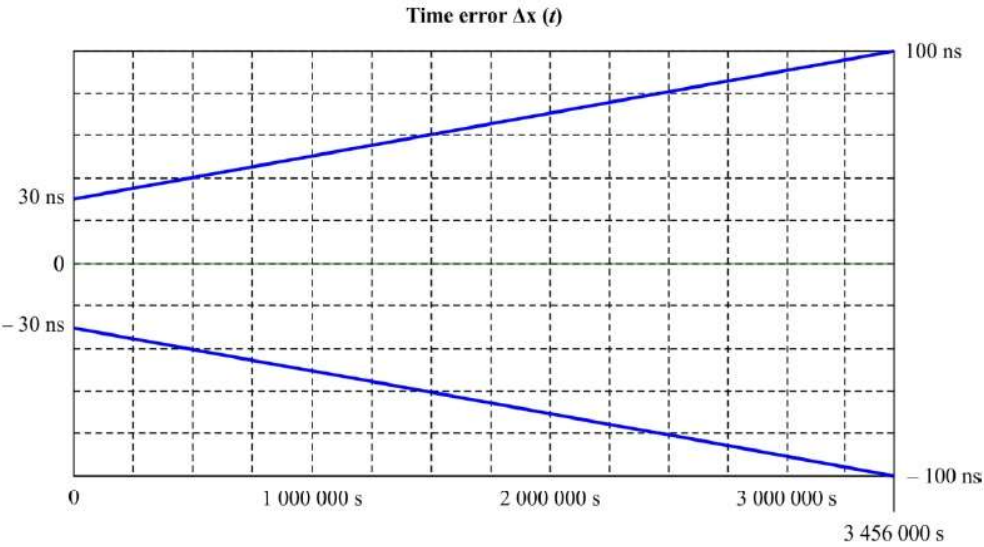
- если захват длился менее 6 суток, за время 70000 сек. уход фазы не должен превышать ± 100 нс.
- если захват длился более 40 суток, то уже за время 40 суток уход фазы не должен превышать ± 100 нс.

Вывод:

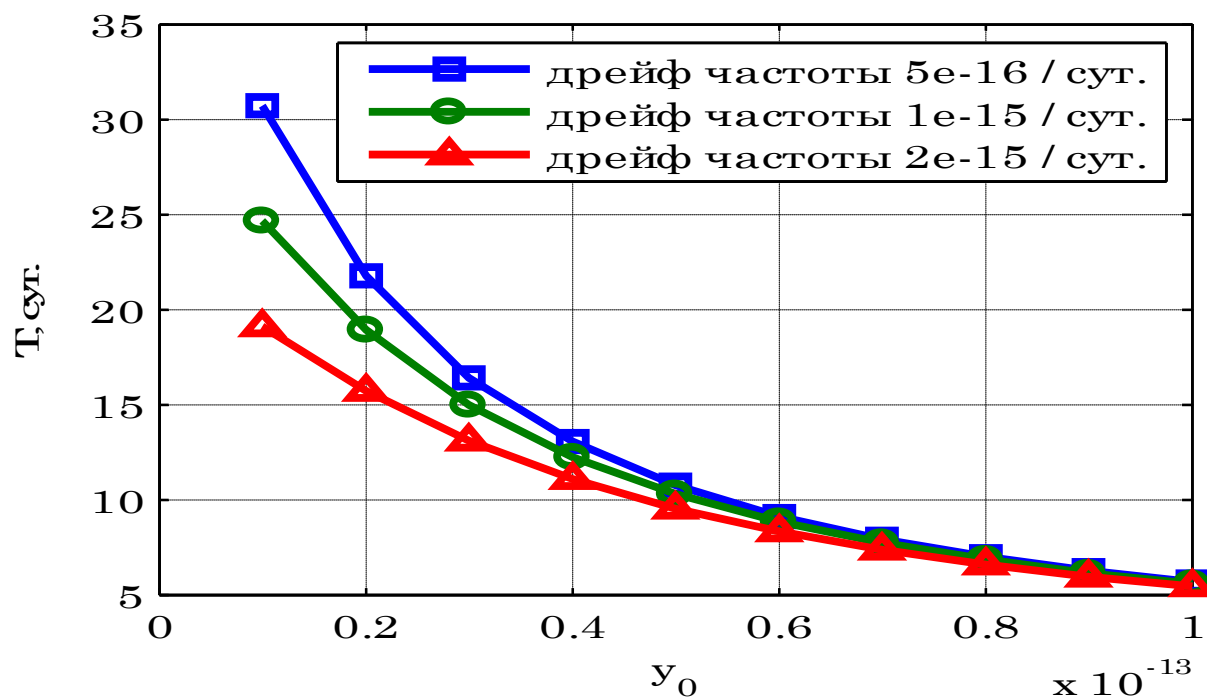
- во время работы VCH-505/003 в режиме комбайнера частоты и времени нужно более точно подстраивать частоту опорного сигнала, т.к. дрейф ПЭИ может достигать 1Е-15 за сутки. Поэтому в VCH-505/003 используется двухдиапазонный приёмник ГНСС.



Маска ОВИ для режима хранения частоты ITU-T G.8272.1 (2016 г.)



Маска ОВИ для режима хранения частоты ITU-T G.8272.1 (2024 г.)



Время хранения шкалы для VCH-1008C в пределах 100 нс
в зависимости от начальной ошибки установки и дрейфа частоты
соответствует редакции G.8272.1 от 2016 г. (14 суток)

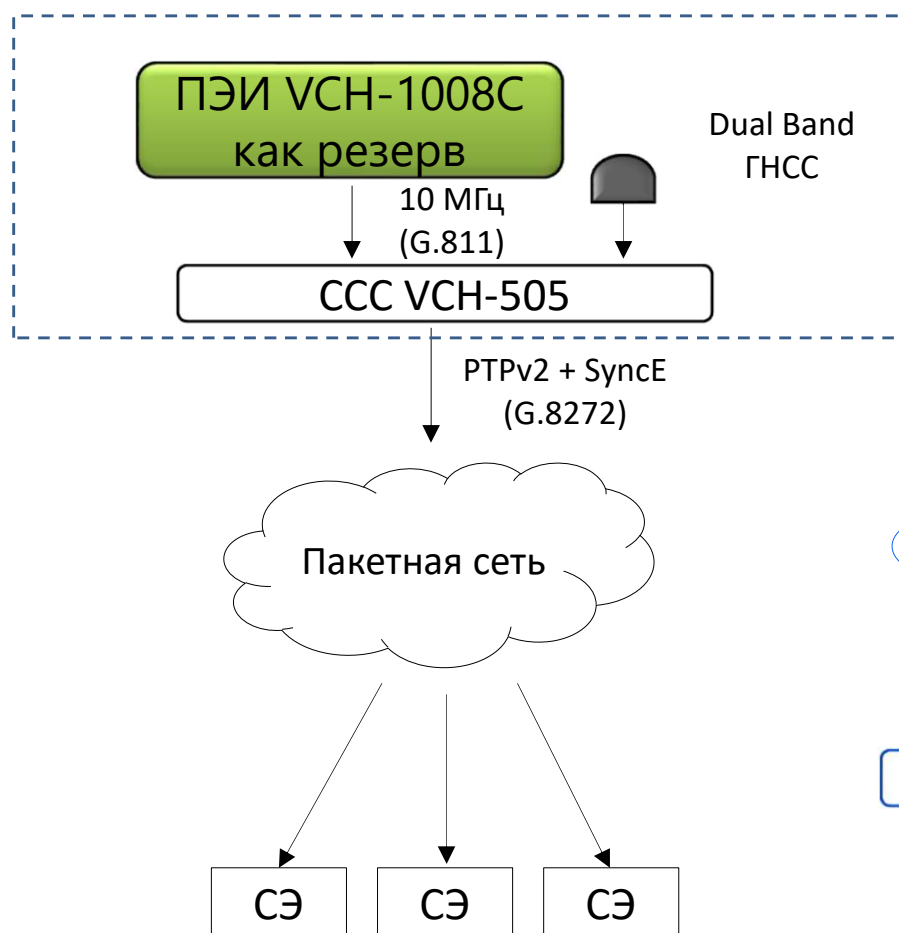


Режим хранения петли комбайнера частоты (VCH-1008C) и времени UTC (двухдиапазонный приёмник ГНСС)



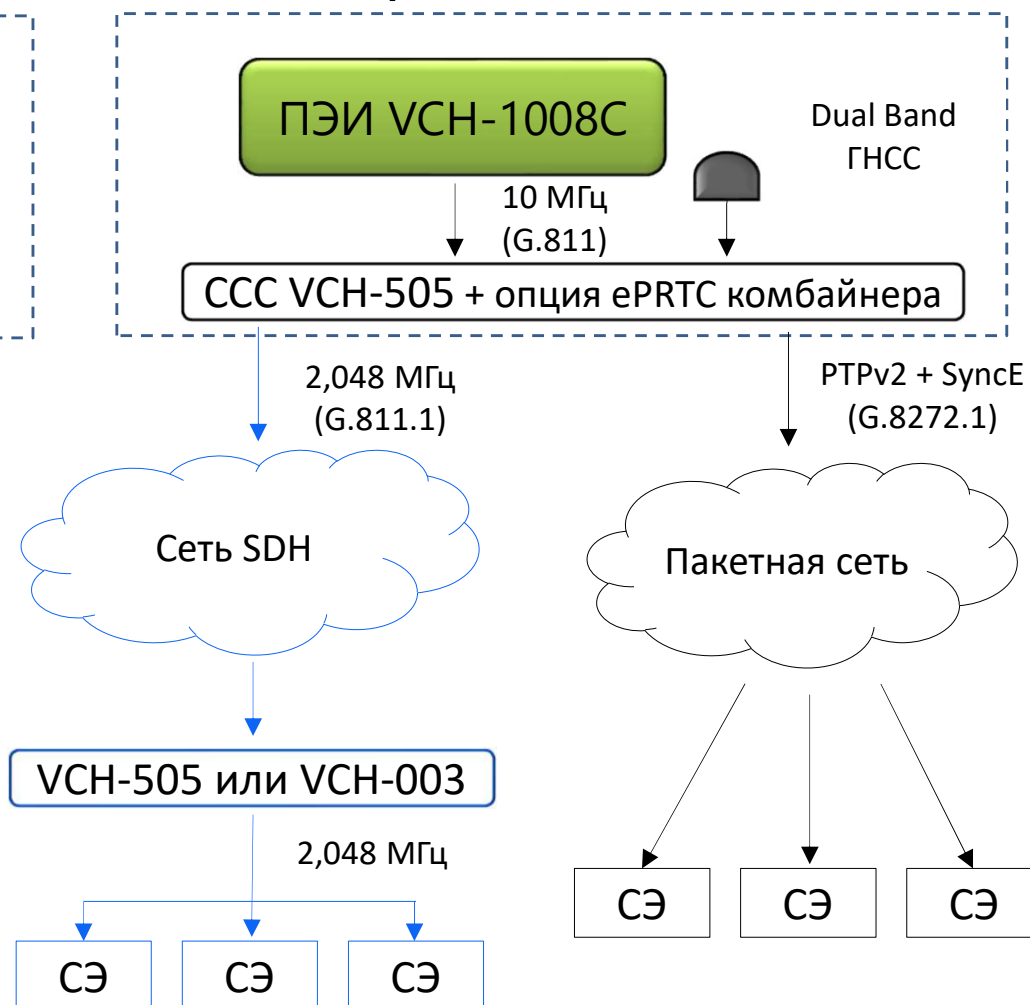
PRTC-B

Частота (МСЭ-Т G.811)
Фаза/время (МСЭ-Т G.8272)



ePRTC-A

Частота (МСЭ-Т G.811.1)
Фаза/время (МСЭ-Т G.8272.1)





ВРЕМЯ-4
РОССИЯ

Спасибо за внимание!