

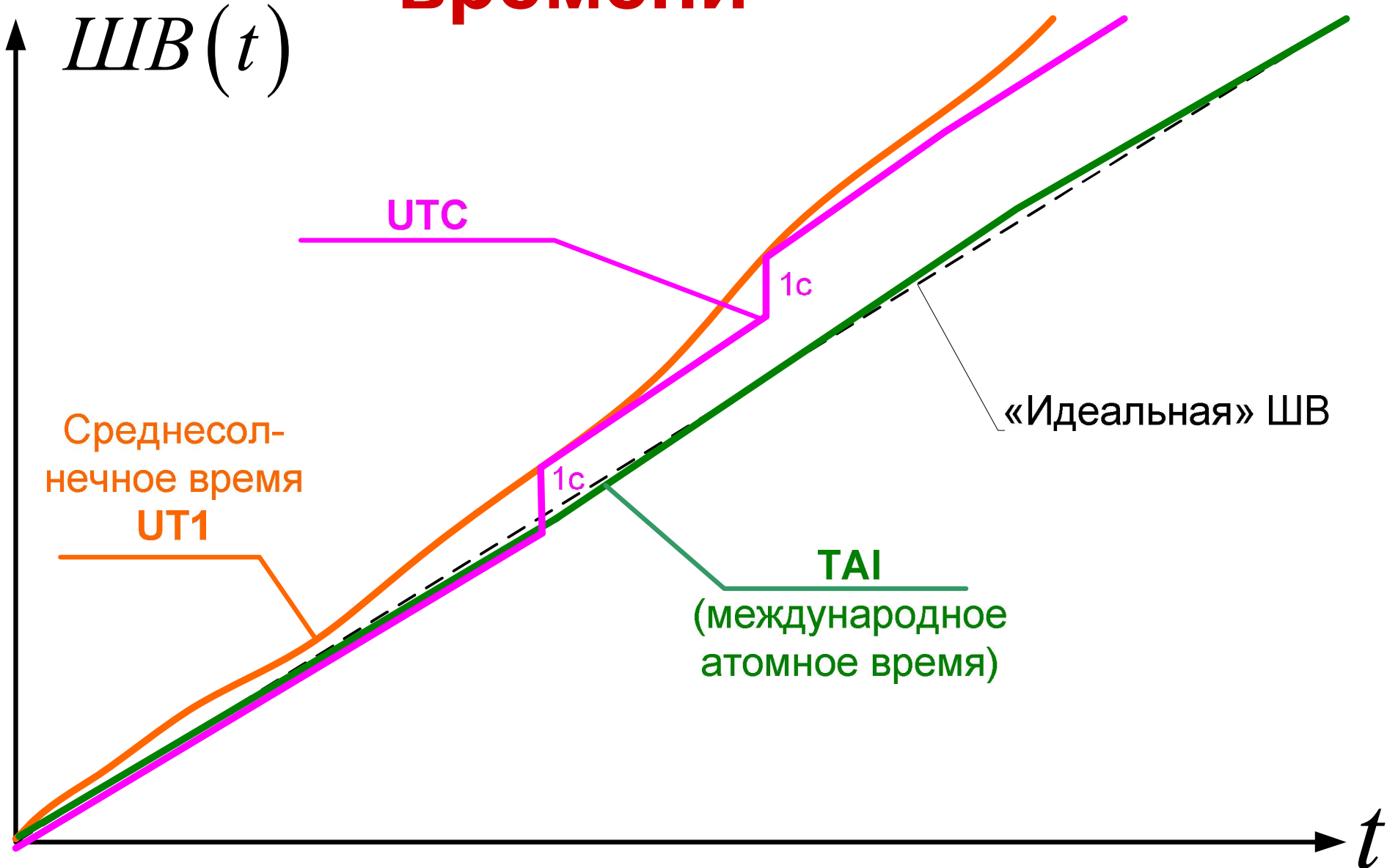


***Основа всех СРНС – передача и
измерение времени***

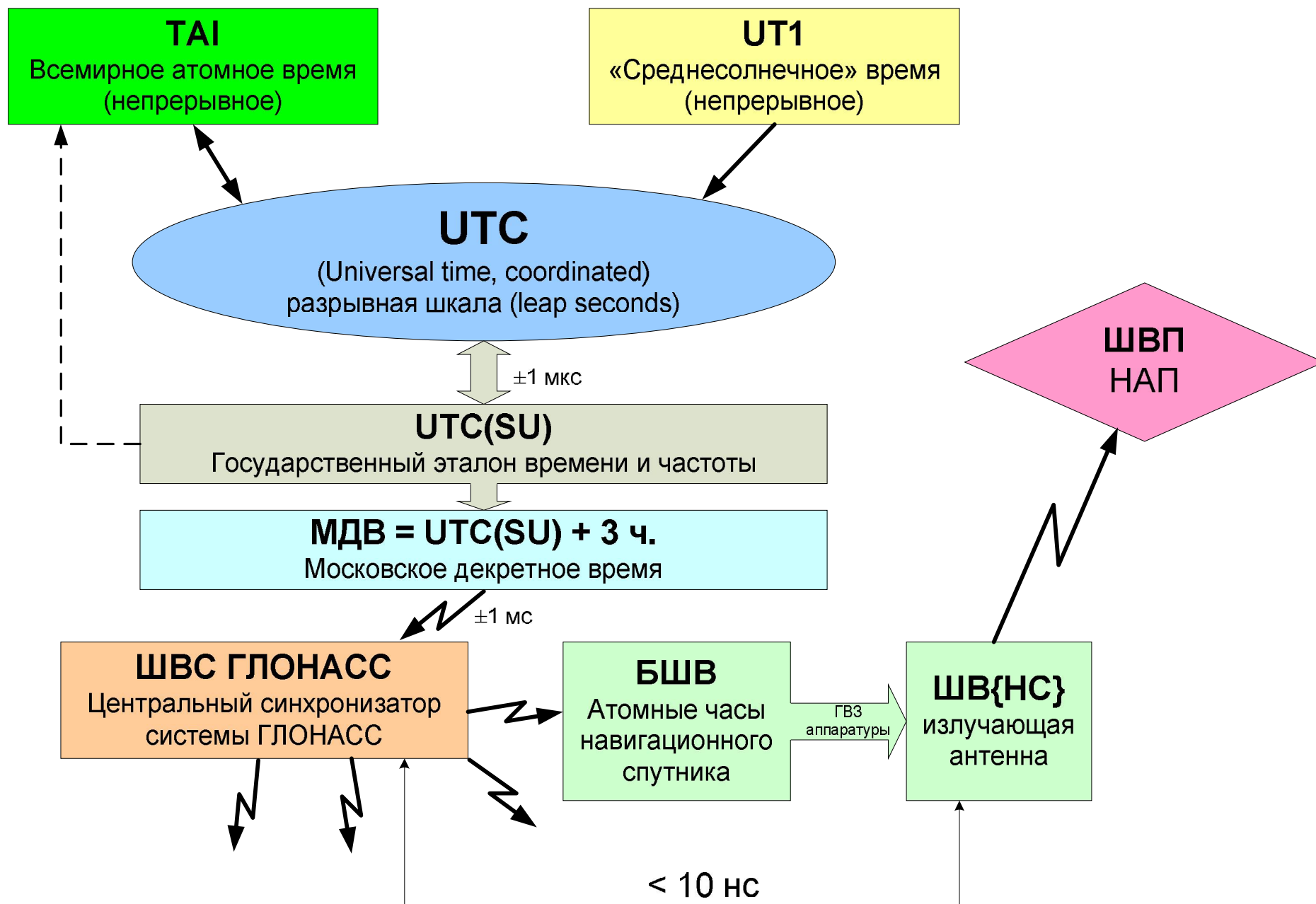
Лекция 2. Шкалы времени и системы координат СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Бэйдоу

- Шкала времени – временная «координатная» система, связанная с конкретными часами.
- Шкала времени системы (ШВС) – шкала времени, связанная с часами радионавигационной системы.
- Шкала времени потребителя (ШВП) – шкала времени, связанная с часами потребителя.
- Бортовая шкала времени (БШВ) – шкала времени, связанная с часами бортового синхронизирующего устройства (БСУ) конкретного НКА
- Шкала времени навигационного сигнала (ШВ{НС}) - шкала времени, связанная с ПСП дальномерного кода сигнала {НС} в фазовом центре антенны, излучающей этот сигнал

Международные шкалы времени



Время в ГЛОНАСС



Время в ГЛОНАСС

ИКД ГЛОНАСС. Общее описание системы.

Редакция 1.0 (<http://www.spacecorp.ru/>)

3 ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

3.1 Навигационно-временные определения в системе ГЛОНАСС осуществляются с использованием следующих шкал времени (ШВ):

- шкала всемирного времени (UT1);
- шкала универсального координированного времени государственного первичного эталона Российской Федерации UTC(SU);
- шкала времени системы (ШВС) ГЛОНАСС;
- шкала московского декретного времени (МДВ);
- бортовая шкала времени (БШВ);
- шкалы времени навигационных сигналов (ШВ{обозначение сигнала});
- шкала времени аппаратуры потребителя (ШВП);
- Международная шкала атомного времени (TAI).

3.2 UT1 – Всемирное время по шкале, в которой за начальный момент последующих суток принята нижняя кульминация Среднего Солнца на начальном меридиане и учтено влияние движения полюсов Земли на положение меридианов. Используется для учета неравномерности вращения Земли.

3.3 UTC(SU) – шкала времени Государственного эталона частоты и времени России, задаваемая государственным первичным эталоном времени и частоты (ГЭВЧ) Российской Федерации. Шкала UTC(SU) является ступенчато равномерной шкалой; она периодически подвергается секундной коррекции на ± 1 с, осуществляемой по решению Международного бюро времени, когда разность (UT1 – UTC) по модулю достигнет величины от 0,75 до 0,9 с.

3.4 МДВ – Московское декретное время ТМДВ формируется как время TUTC(SU) на шкале UTC(SU) плюс 3 часа (10800 с):

$$\text{ТМДВ} = \text{mod}86400[\text{TUTC(SU)} + 10800(03 \text{ ч } 00 \text{ мин } 00 \text{ с})]$$

Параметры моделей движения центра масс НКА и параметры полиномиальных моделей, описывающих расхождение различных шкал времени в системе ГЛОНАСС, определяются в шкале МДВ.

Шкала МДВ корректируется одновременно с плановой коррекцией ± 1 с шкалы UTC(SU) TUTC(SU). Коррекция шкалы UTC(SU) производится, как правило, с периодичностью 1 раз в год (в полтора года), в конце одного из кварталов (в 00 ч 00 мин 00 с): с 31 декабря на 1 января, с 31 марта на 1 апреля, с 30 июня на 1 июля, с 30 сентября на 1 октября по шкале UTC(SU) (в 3 ч 00 мин 00 с по шкале МДВ) и осуществляется одновременно всеми пользователями, воспроизводящими или использующими шкалу UTC(SU).

В навигационном сообщении радиосигналов ГЛОНАСС предусмотрено заблаговременное уведомление потребителей о дате и знаке секундной коррекции.

ИКД ГЛОНАСС. Общее описание системы.

Редакция 1.0 (<http://www.spacecorp.ru/>)

3.5 ШВС ГЛОНАСС – шкала времени системы ГЛОНАСС ТГЛ, это шкала, относительно которой осуществляется синхронизация шкал БШВ НКА и шкал времени навигационных сигналов. ШВС ГЛОНАСС ТГЛ является непрерывной математической шкалой времени, которая формируется на основе сигналов нескольких высокоточных водородных стандартов частоты, входящих в состав центрального синхронизатора (ЦС) системы ГЛОНАСС. Суточная относительная нестабильность (σ) водородных стандартов частоты ЦС составляет 2E–15. ШВС ГЛОНАСС ТГЛ корректируется одновременно с плановой коррекцией ± 1 с шкалы UTC(SU) TUTC(SU) и МДВ ТМДВ (см. 3.2). Вследствие этого, между ШВС ГЛОНАСС и МДВ не существует сдвига на целое число секунд. В будущем возможен переход к использованию непрерывной шкалы ШВС. Для этого, в навигационных сообщениях сигналов ГЛОНАСС с кодовым разделением предусмотрены соответствующие резервы.

3.6 БШВ – бортовая шкала времени. Понятие БШВ используется только для сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением. БШВ j-го НКА ГЛОНАСС с частотным разделением отождествляется с фазой ПСП, модулирующей несущую в диапазоне L1, в фазовом центре антенны, излучающей этот модулированный сигнал. Суточная относительная нестабильность БШВ (σ) составляет не более 1E-13. В навигационных сообщениях всех сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением сообщаются параметры полиномиальной модели, определяющие смещение БШВ относительно ШВС, а так же смещения шкал времени всех сигналов с частотным разделением (за исключением шкалы, задаваемой фазой ПСП диапазона L1) относительно БШВ. В сигналах ГЛОНАСС с кодовым разделением понятие БШВ не используется.

3.7 Шкалы времени навигационных сигналов (ШВ{обозначение сигнала}) с кодовым разделением ГЛОНАСС отождествляются с фазами ПСП этих сигналов в фазовом центре антенны, излучающей эти сигналы. В информационных компонентах навигационных сообщений всех сигналов с кодовым разделением сообщаются индивидуальные параметры полиномиальных моделей, определяющих смещение шкалы времени данного сигнала относительно ШВС, а так же смещение шкалы времени пилотной компоненты данного сигнала относительно ее информационной компоненты.

Точность взаимной синхронизации шкал времени сигналов разных НКА составляет 8 нс (σ).

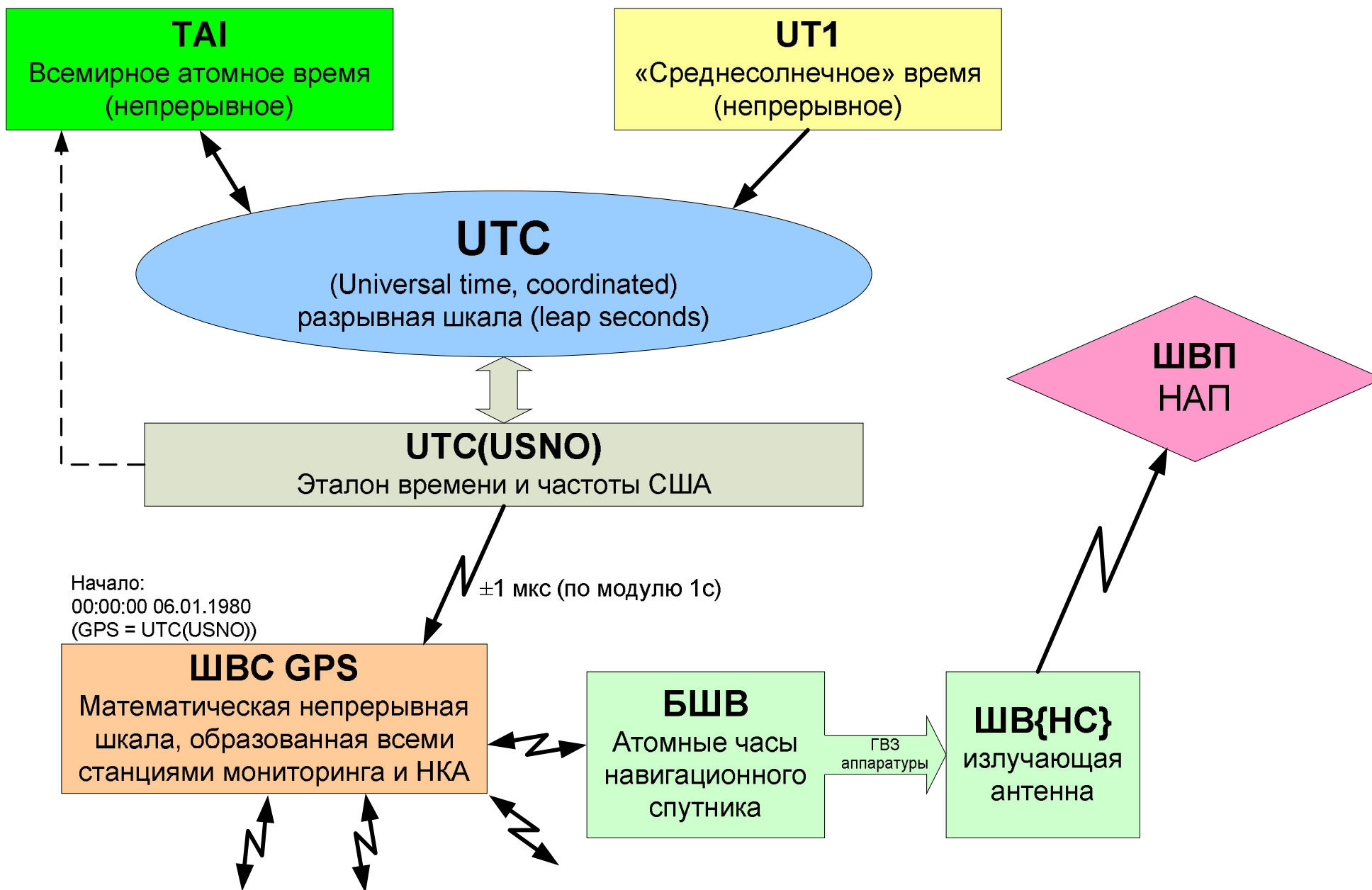
Погрешность сверки шкал времени радиосигналов с ШВС ГЛОНАСС не превышает 10 нс на момент проведения сверки.

При секундных коррекциях ШВС ГЛОНАСС, осуществляемых в моменты плановых коррекций UTC(SU), проводится одновременная коррекция шкал времени сигналов НКА ГЛОНАСС путем изменения оцифровки последовательности секундных импульсов БШВ всех НКА ГЛОНАСС. Общие рекомендации по организации вычислений в АП ГЛОНАСС в момент проведения плановой секундной коррекции UTC(SU) приведены в приложении Д.

3.8 ШВП – Шкала времени аппаратуры потребителя. В зависимости от особенностей построения АП, ШВП может задаваться опорным генератором АП, подвергаться периодической дискретной либо плавной синхронизации, осуществляемой в АП на основе обработки измерений навигационных параметров.

3.9 TAI – Международная шкала атомного времени, равномерная шкала атомного времени, рассчитываемая Международным бюро мер и весов.

Время в GPS



Время в GPS

IS-GPS-200E (<http://www.gps.gov/technical/icwg/>):

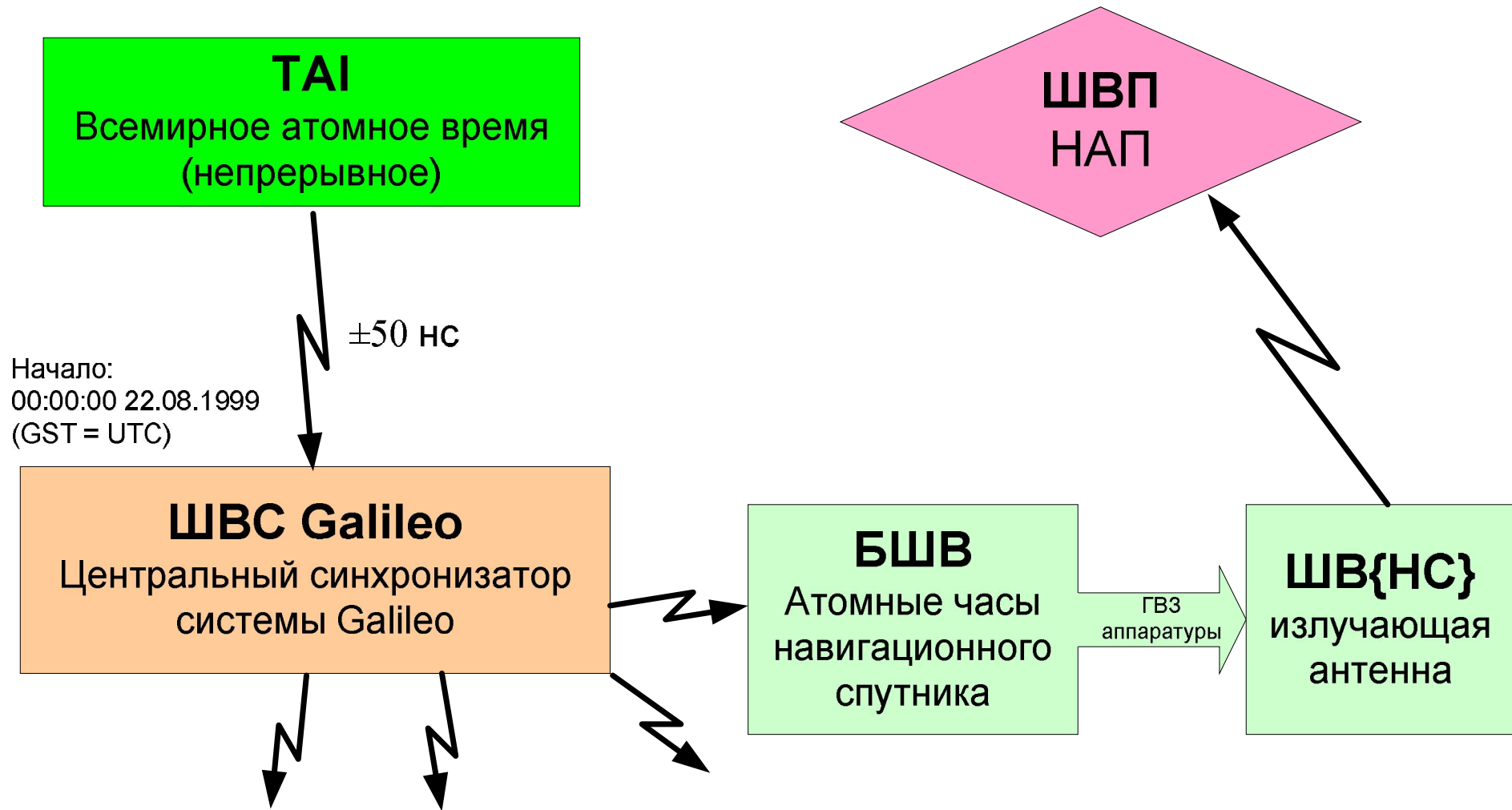
3.3.4 GPS Time and SV Z-Count.

GPS time is established by the Control Segment and is referenced to Coordinated Universal Time (UTC) as maintained by the U.S. Naval Observatory (UTC(USNO)) zero time-point defined as midnight on the night of January 5, 1980/morning of January 6, 1980. The largest unit used in stating GPS time is one week defined as 604,800 seconds. GPS time may differ from UTC because GPS time shall be a continuous time scale, while UTC is corrected periodically with an integer number of leap seconds. There also is an inherent but bounded drift rate between the UTC and GPS time scales. The OCS shall control the GPS time scale to be within one microsecond of UTC (modulo one second).

The NAV data contains the requisite data for relating GPS time to UTC. The accuracy of this data during the transmission interval shall be such that it relates GPS time (maintained by the MCS of the CS) to UTC (USNO) within 90 nanoseconds (one sigma). This data is generated by the CS; therefore, the accuracy of this relationship may degrade if for some reason the CS is unable to upload data to a SV. At this point, it is assumed that alternate sources of UTC are no longer available, and the relative accuracy of the GPS/UTC relationship will be sufficient for users. Range error components (e.g. SV clock and position) contribute to the GPS time transfer error, and under normal operating circumstances (two frequency time transfers from SV(s) whose navigation message indicates a URA of eight meters or less), this corresponds to a 97 nanosecond (one sigma) apparent uncertainty at the SV.

Propagation delay errors and receiver equipment biases unique to the user add to this time transfer uncertainty.

Время в Galileo (GST)



Время в Galileo (GST)

The GST is given as 32-bit binary number composed of two parameters as follows:

- The Week Number is an integer counter that gives the sequential week number from the origin of the Galileo time. This parameter is coded on 12 bits, which covers 4096 weeks (about 78 years). Then the counter is reset to zero to cover additional period modulo 4096.
- The Time of Week is defined as the number of seconds that have occurred since the transition from the previous week. The *TOW* covers an entire week from 0 to 604799 seconds and is reset to zero at the end of each week.

The GST start epoch shall be 00:00 UT on Sunday 22nd August 1999 (midnight between 21st and 22nd August). At the start epoch, GST shall be ahead of UTC by thirteen (13) leap seconds. Since the next leap second was inserted at 01.01.2006, this implies that as of 01.01.2006 GST is ahead of UTC by fourteen (14) leap seconds.

The epoch denoted in the navigation messages by *TOW* and *WN* will be measured relative to the leading edge of the first chip of the first code sequence of the first page symbol. The transmission timing of the navigation message provided through the *TOW* is synchronised to each satellite's version of Galileo System Time (GST).

Время в Бэйдоу (BDT)

1. Шкала времени BDT – непрерывная: секунды координации отсутствуют, как в GPS и Galileo
2. Начало ШВ BDT в 00:00:00 1 января 2006 г. по UTC
3. Отклонение BDT от UTC поддерживается в пределах ± 50 нс (по модулю 1 секунда)

Цитата ИКД:

The BeiDou navigation satellite system Time (BDT) is adopted by the BDS as time reference. BDT adopts the international system of units (SI) second as the base unit, and accumulates continuously without leap seconds. The start epoch of BDT is 00:00:00 on January 1, 2006 of Coordinated Universal Time (UTC). BDT connects with UTC via UTC (NTSC), and the deviation of BDT to UTC is maintained within 50 nanoseconds (modulo 1 second). The leap second information is broadcast in the navigation message.

Формат времени ГЛОНАСС

$N_4 : N_T : t$

N_4 – номер четырехлетнего периода, первый год первого четырехлетия соответствует 1996 году ($N_4=1\dots31$, 5 бит*);

N_T – текущая дата, календарный номер суток внутри четырехлетнего интервала, начиная с 1-го января високосного года ($N_T = 1\dots1461$).

t – количество секунд от начала текущих суток

* Это создает проблемы с неоднозначностью даты с периодом 128 лет

Формат времени GPS

WN : TOW

WN – номер недели начиная с 6 января 1980 г, по модулю 1024 (10 бит)*;

TOW – количество секунд от начала текущей недели

* Это создает проблемы с неоднозначностью даты с периодом ~19,5 лет

Формат времени Galileo

WN : TOW

WN – номер недели начиная с 22 августа 1999 г, по модулю 4096 (12 бит)*;

TOW – количество секунд от начала текущей недели

* Это создает проблемы с неоднозначностью даты с периодом ~78 лет

Формат времени Бэйдоу

WN : SOW

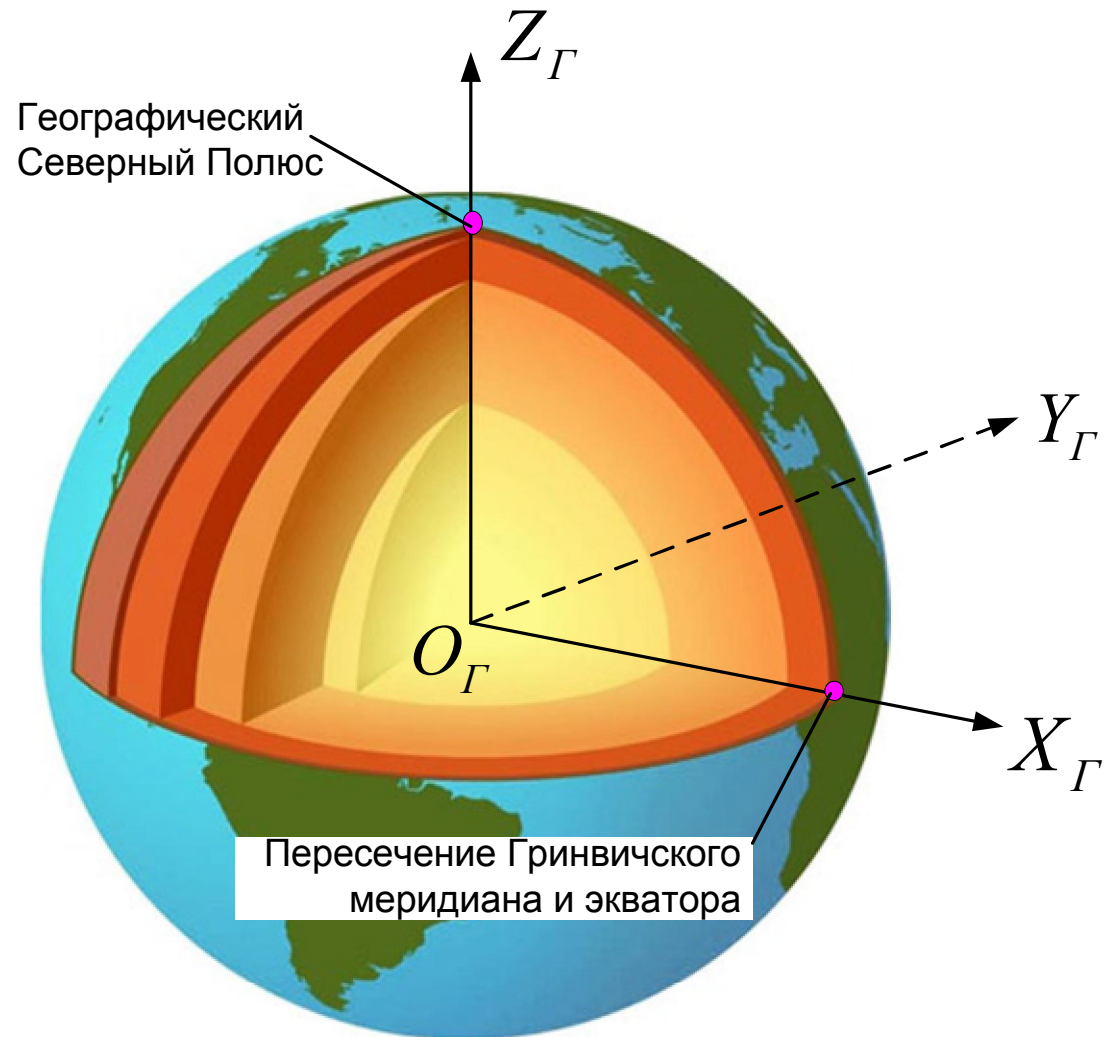
WN – номер недели начиная с 1 января 2006 г, по модулю 8192 (13 бит)*;

SOW – количество секунд от начала текущей недели

* Это создает проблемы с неоднозначностью даты с периодом ~156 лет

Геоцентрическая система координат, связанная с Землей

Определение. Центр ГЦСК совмещен с центром масс Земли, ось OZ направлена по оси вращения Земли в сторону Северного полюса, ось OX лежит в плоскости земного экватора и связана с Гринвичским меридианом, ось OY дополняет систему координат до правой



Геоцентрические системы координат в СРНС

Система	Название
ГЛОНАСС:	ПЗ-90.11
GPS:	WGS-84
Galileo:	GTRF
Бэйдоу:	BDCS

Самое главное:

$\text{ПЗ-90.11} \approx \text{WGS-84} \approx \text{GTRF} \approx \text{BDCS} \approx \text{ITRF}^*$
с точностью 2...3 см!