

VIII. Шкалы Времени, формируемые Отделением Времени МБМВ

Информационные потоки Отделения времени МБМВ

МБМВ несет ответственность за формирование международных опорных шкал времени UTC, UTCr и TT для различных приложений:

Шкала Всемирного координированного времени Coordinated Universal Time (UTC) – атомная шкала времени, которая составляет основу для согласованного распространения эталонных частот и сигналов времени в мире;

Быстрая шкала Всемирного координированного времени Rapid UTC (UTCr) – атомная шкала времени, формируемая для целей обеспечения ежедневного доступа к UTC;

Шкала Земного времени Terrestrial Time (TT(BIPM)) - атомная шкала времени, представляющая лучшую опорную систему по времени и частоте.

Основными шкалами времени, формируемыми Отделением времени МБМВ, являются:

- Шкала Международного атомного времени TAI
- Шкала Всемирного координированного времени UTC
- Быстрая шкала Всемирного координированного времени UTCr

Помимо формирования этих шкал, выходными продуктами Отделения времени МБМВ, являются:

- Шкала свободного атомного времени EAL – Echelle Atomique Libre
- Шкала земного времени TT(BIPM) - Time Terrestrial.

Шкала Международного атомного времени TAI

Шкала Международного атомного времени (TAI) является временной опорной координатой, устанавливаемой Международным Бюро Времени (BIPM) на основе показаний атомных часов, работающих в различных учреждениях, в соответствии с определением секунды – единицы времени международной системы единиц.

(Approved by the Comite International des Poids et Mesures in 1970,

Resolution 1 of the 14th CGPM (1971).

В 1988 г. ответственность за ТАИ была передана от Международного бюро времени в МБМВ.

Определение ТАИ было завершено Декларацией Консультативного Комитета по определению секунды на его 9^м заседании в 1980 г.

ТАИ является шкалой координатного времени, определенной в геоцентрической системе (начало координат в центре Земли) с секундой, реализуемой на вращающемся геоиде в качестве единицы времени.

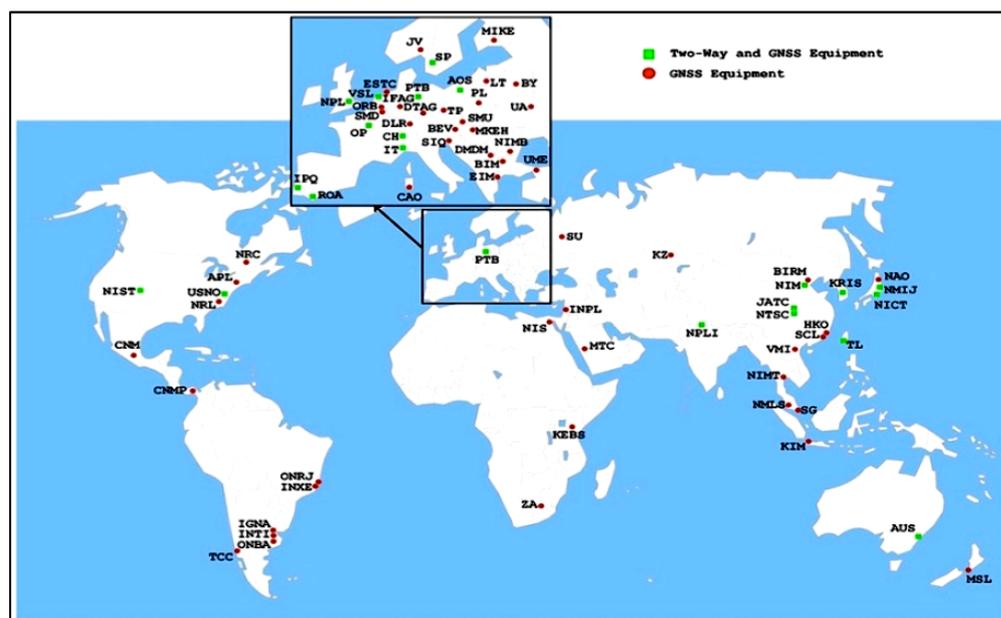


Рис. 71

Практическая шкала времени для всемирного использования содержит две существенные компоненты: реализацию размера единицы времени и непрерывную временную опорную систему.

В качестве опорной системы используется шкала Международного атомного времени (ТАИ), формируемая МБМВ с использованием данных нескольких сотен атомных (квантовых) часов из более 50 лабораторий мира.

Долговременная стабильность ТАИ обеспечивается благоразумным статистическим взвешиванием часов-участников.

Размер единицы времени поддерживается настолько это возможно вблизи от секунды СИ с использованием данных лабораторий, поддерживающих лучшие первичные цезиевые стандарты частоты.

TAI является однородной и стабильной шкалой, которая не содержит скачков времени, связанных с некоторой нерегулярностью вращения Земли.

Для поддержания этой работы МБМВ организует международную сеть каналов сличений для сравнения часов-вкладчиков TAI.

Шкала Международного атомного времени TAI Алгоритм формирования

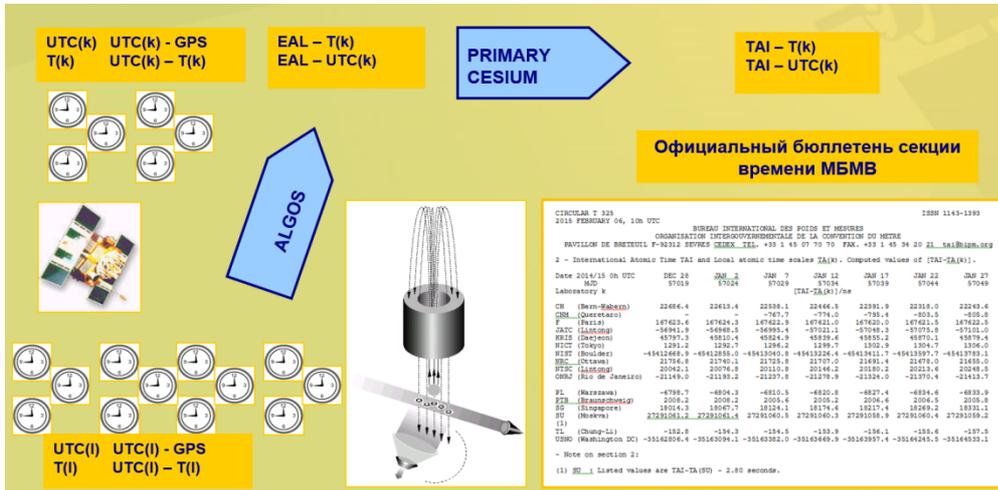


Рис. 72

Алгоритм стабильности ALGOS

Алгоритм стабильности ALGOS, используемый для формирования шкал времени, представляет итерационную процедуру, которая начинается с формирования шкалы свободного атомного времени EAL. Затем из нее выводятся TAI и UTC.

Алгоритм стабильности ALGOS включает в себя две основные составляющие:

- прогнозирование поведения часов;
- определение вклада конкретных часов в итоговый результат – статистический вес часов.

Начиная с сентября 2011 г. модель прогнозирования частоты часов стала включать дрейф частоты часов, который влияет на большинство атомных часов. Дрейф частоты часов оценивается по отношению к Terrestrial Time (TT), формируемому МБМВ, и которое представляет лучшую опорную систему по частоте.

В результате наблюдавшийся дрейф частоты EAL относительно TAI $\sim -1.4 \cdot 10^{-17}$ /сутки был полностью устранён и повышена долговременная стабильность EAL

Также была изменена процедура определения статистического веса. Предпочтение было отдано прогнозируемости. В результате это дало более сбалансированное распределение статистических весов и повысило вклад Н-мазеров в ансамбле.

Ряд следующих рисунков иллюстрирует связь между EAL и TAI начиная с 1977 г.

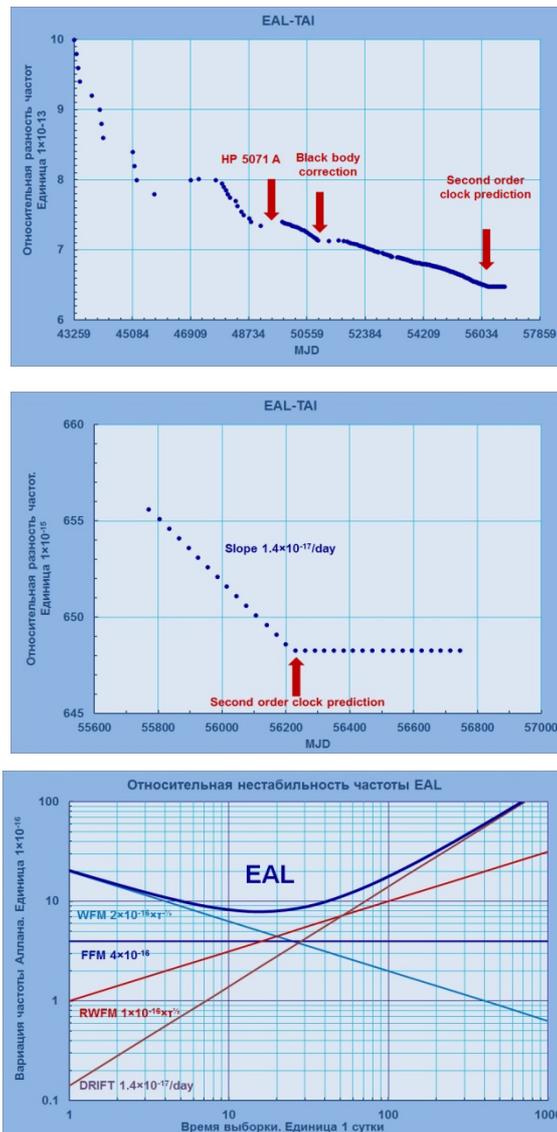


Рис. 73. Нестабильность EAL после сентября 2011 г.



Рис. 74. Нестабильность EAL после сентября 2011 г.



Рис. 75. Накапливаемая EAL неопределенность по времени до и после сентября 2011 г.

Таблица 9

**Первичные цезиевые реперы частоты
и шкалы Международного атомного TAI и земного времени TT**

CIRCULAR T 323

3 - Difference between the normalized frequencies of EAL (free atomic time scale) and TAI.

Interval of validity	$f_{\text{EAL}} - f_{\text{TAI}}$
Steering correction	6.483×10^{-13} (2014 OCT 29 - 2014 NOV 28)
New correction	6.483×10^{-13} (2014 NOV 28 - 2014 DEC 28)
New correction foreseen	6.483×10^{-13} (2014 DEC 28 - 2015 JAN 27)

4 - Duration of the TAI scale interval.

TAI is a realization of coordinate time TT. The following tables give the fractional deviation d of the scale interval of TAI from that of TT (the SI second on the geoid), i.e. the fractional frequency deviation of TAI with the opposite sign: $d = -\gamma_{\text{TAI}}$. In this section, a frequency over a time interval is defined as the ratio of the end-point phase difference to the duration of the interval. Whenever needed, the instability of EAL should be expressed as the quadratic sum of three components with t in days: (1) a white frequency noise of $2.0 \times 10^{-15} / \sqrt{t}$, (2) a flicker frequency noise of 0.4×10^{-15} and (3) a random walk frequency noise $0.3 \times 10^{-16} \times \sqrt{t}$. The relation between EAL and TAI is given in Circular T and the BIPM Annual Report on Time Activities.

In the first table, d is obtained, on the given periods of estimation by comparison of the TAI frequency with that of the given individual Primary and Secondary Frequency Standards (PFS/SFS). In this table: uA is the uncertainty originating in the instability of the standard, uB is the combined uncertainty from systematic effects ul/lab is the uncertainty in the link between the standard and the clock participating to TAI, including the uncertainty due to the dead-time, ul/TAI is the uncertainty in the link to TAI, u is the quadratic sum of all four uncertainty values. Ref(uB) is a reference giving information on the values of uB or is the Circular T where the reference was first given. uB(Ref) is the uB value stated in this reference. Note that all uncertainties may vary over time and that the current uB values are generally not the same as the peer reviewed values given in Ref(uB). See "http://www.bipm.org/jsp/en/TimeFtp.jsp" for previous issues of Circular T and individual Reports of Evaluation of Primary and Secondary Frequency Standards that explain changes in uncertainties.

Продолжение Таблицы 9

CIRCULAR T 323

For the SFS, usrep represents the recommended uncertainty of the secondary representation of the second and Ref(us) provides the reference for the frequency of the transition and its uncertainty usrep, these two fields are not applicable to PFS. All values are expressed in 10**⁻¹⁵ and are valid only for the stated period of estimation.

Standard	Period of Estimation	d	uA	uB	uL/Lab	uL/Tai	u	usrep	Ref(us)	Ref(uB)	uB(Ref)	Note
PTB-CS1	56959	56989	-12.28	6.00	8.00	0.00	0.10	10.00	PFS/NA	T148	8.	(1)
PTB-CS2	56959	56989	-5.07	3.00	12.00	0.00	0.10	12.37	PFS/NA	T148	12.	(1)
IT-CsF2	56954	56964	0.78	1.30	0.17	0.32	0.62	1.49	PFS/NA	T315	0.19	(2)
IT-CsF2	56964	56979	-0.24	1.00	0.17	0.22	0.49	1.15	PFS/NA	T315	0.19	(3)
NPLI-CsF1	56419	56439	-0.27	0.53	2.60	0.13	0.28	2.67	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56514	56529	3.54	0.47	3.01	0.15	0.37	3.07	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56589	56599	0.97	0.90	2.65	0.20	0.53	2.85	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56604	56614	1.35	0.61	2.71	0.19	0.53	2.83	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56644	56654	-0.85	0.74	2.74	0.18	0.53	2.89	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56659	56669	1.02	0.75	2.36	0.18	0.53	2.54	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
NPLI-CsF1	56679	56689	-0.27	0.93	2.36	0.19	0.53	2.60	PFS/NA	[1]	2.5	(4)
SYRTE-F02	56959	56989	1.04	0.20	0.27	0.10	0.23	0.42	PFS/NA	T301	0.23	(5)
SYRTE-F02b	56959	56974	1.17	0.20	0.29	0.11	0.43	0.57	1.3	T301	0.35	(5)
SYRTE-F02b	56979	56989	0.97	0.30	0.29	0.11	0.70	0.82	1.3	T301	0.35	(5)
SU-CsF02	56959	56989	0.53	0.23	0.25	0.11	0.33	0.48	PFS/NA	T315	0.50	(6)

The second table gives the BIPM estimate of d, based on all available PFS and SFS measurements over the period MJD 56599-56989, taking into account their individual uncertainties and characterizing the instability of EAL as noted above. u is the computed standard uncertainty of d

Period of estimation	d	u
56959-56989	0.70x10** ⁻¹⁵	0.27x10** ⁻¹⁵

(2014 OCT 29 - 2014 NOV 28)

Таблица 10

Средства вторичной реализации секунды СИ

ISSN 1143-1393

CIRCULAR T 323
2014 DECEMBER 09, 09h UTC

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE

PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20 21 tai@bipm.org
4 - Duration of the TAI scale interval.

Standard	Period of Estimation	d	uA	uB	uL/Lab	uL/Tai	u	uSrep	Ref(us)	Ref(uB)	uB(Ref)
PTB-CS1	56959 56989	-12.28	6.00	8.00	0.00	0.10	10.00	PFS/NA		T148	8.
PTB-CS2	56959 56989	-5.07	3.00	12.00	0.00	0.10	12.37	PFS/NA		T148	12.
IT-CSF2	56954 56964	0.78	1.30	0.17	0.32	0.62	1.49	PFS/NA		T315	0.19
IT-CSF2	56964 56979	-0.24	1.00	0.17	0.22	0.49	1.15	PFS/NA		T315	0.19
NPLI-Csf1	56419 56439	-0.27	0.53	2.60	0.13	0.28	2.67	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56514 56529	3.54	0.47	3.01	0.15	0.37	3.07	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56589 56599	0.97	0.90	2.65	0.20	0.53	2.85	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56604 56614	1.35	0.61	2.71	0.19	0.53	2.83	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56644 56654	-0.85	0.74	2.74	0.18	0.53	2.89	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56659 56669	1.02	0.75	2.36	0.18	0.53	2.54	PFS/NA	[1]		2.5
NPLI-Csf1	56679 56689	-0.27	0.93	2.36	0.19	0.53	2.60	PFS/NA	[1]		2.5
SYRTE-FO2	56959 56989	1.04	0.20	0.27	0.10	0.23	0.42	PFS/NA		T301	0.23
SYRTE-FORb	56959 56974	1.17	0.20	0.29	0.11	0.43	0.57	1.3	[2]	T301	0.35
SYRTE-FORb	56979 56989	0.97	0.30	0.29	0.11	0.70	0.82	1.3	[2]	T301	0.35
SU-CSFO2	56959 56989	0.53	0.23	0.25	0.11	0.33	0.48	PFS/NA		T315	0.50

Notes:

[2] CIPM Recommendation 1 (CI-2013) : Updates to the list of standard frequencies in Proces-Verbaux des Seances du Comite International des Poids et Mesures, 102nd meeting (2013), 2014, 188 p.

The second table gives the BIPM estimate of d, based on all available PFS and SFS measurements over the period MJD 56959-56989, taking into account their individual uncertainties and characterizing the instability of EAL as noted above. u is the computed standard uncertainty of d

Period of estimation d u
56959-56989 0.70x10**-15 0.27x10**-15 (2014 OCT 29 - 2014 NOV 28) 158

Terrestrial Time (ТТ(ВІРМ)) - является реализацией ТТ, как она определена ІАУ в Резолуции А4 (1991) [6].

Она формируется в отложенном времени, каждый январь, базируясь на взвешенном среднем значении оценок частоты ТАІ по всем первичным и вторичным стандартам частоты. Используется для научных приложений, требующих долговременной стабильности и высокой точности.

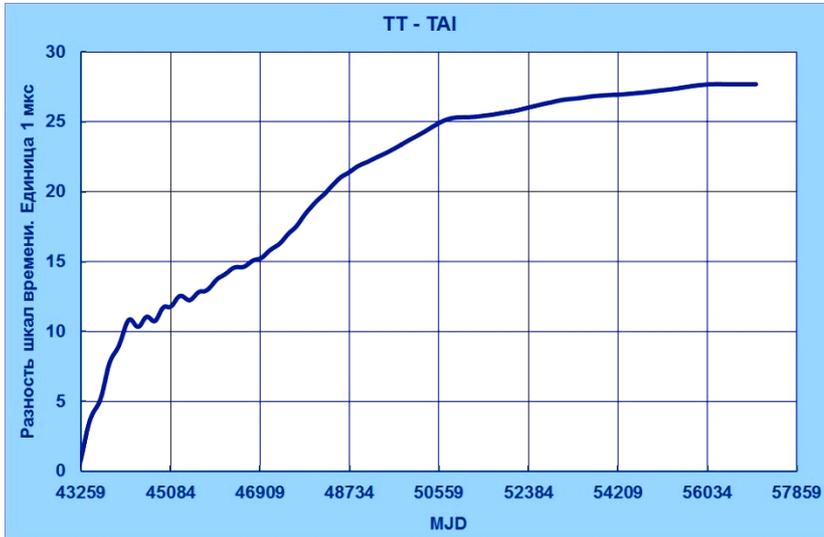


Рис. 76

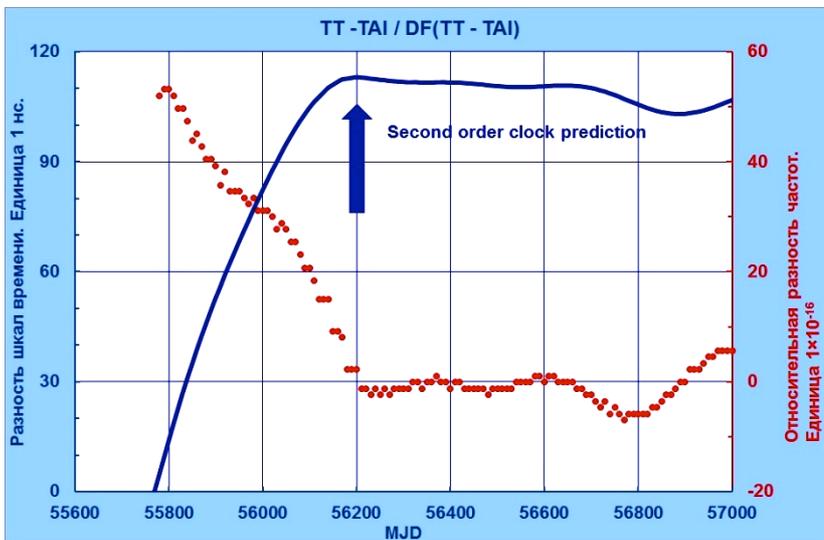


Рис. 77

Средства вторичной реализации секунды СИ

Рекомендация 1 (СI-2013):

О модификации перечня частот стандартов

Международный Комитет по мерам и весам Measures (CIPM),
принимая во внимание, что

- установлен общедоступный список «Рекомендованные величины частот стандартов для применений, включая практическую реализацию метра и вторичное представление секунды»;

- РГ по стандартам частоты Консультативных Комитетов по длине и времени и частоте (FSWG) провела ревизию для включения в список,

рекомендует следующие изменения в списке «Рекомендованные величины частот стандартов для применений, включая практическую реализацию метра и вторичного представления секунды»:

- частота невозмущенного сверхтонкого перехода в основном состоянии ^{87}Rb 6 834 682 610.904 312 Гц с оцениваемой стандартной неопределенностью $1.3 \cdot 10^{-15}$.

Примечание: приведенная величина оцениваемой стандартной неопределенности соответствует доверительному интервалу 68 %. Однако с учётом весьма ограниченного объема данных существует вероятность, что это точно не подтверждено.

Таблица 11

CIRCULAR T 323
ISSN 1143-1393
2014 DECEMBER 09, 09h UTC

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE DE LA CONVENTION DU METRE
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 FAX. +33 1 45 34 20
21 tai@bipm.org

4 - Duration of the TAI scale interval.

Standard uB(Ref)	Period of d	uA	uB	uL/Lab	uL/Tai	u	uSrep	Ref(uS)	Ref(uB)
Estimation									
PTB-CS1	56959 56989	-12.28	6.00	8.00	0.00	0.10	10.00	PFS/NA	T148 8.
PTB-CS2	56959 56989	-5.07	3.00	12.00	0.00	0.10	12.37	PFS/NA	T148 12.
IT-CsF2	56954 56964	0.78	1.30	0.17	0.32	0.62	1.49	PFS/NA	T315 0.19
IT-CsF2	56964 56979	-0.24	1.00	0.17	0.22	0.49	1.15	PFS/NA	T315 0.19
NPLI-CsF1	56419 56439	-0.27	0.53	2.60	0.13	0.28	2.67	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56514 56529	3.54	0.47	3.01	0.15	0.37	3.07	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56589 56599	0.97	0.90	2.65	0.20	0.53	2.85	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56604 56614	1.35	0.61	2.71	0.19	0.53	2.83	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56644 56654	-0.85	0.74	2.74	0.18	0.53	2.89	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56659 56669	1.02	0.75	2.36	0.18	0.53	2.54	PFS/NA	[1] 2.5
NPLI-CsF1	56679 56689	-0.27	0.93	2.36	0.19	0.53	2.60	PFS/NA	[1] 2.5
SYRTE-F02	56959 56989	1.04	0.20	0.27	0.10	0.23	0.42	PFS/NA	T301 0.23
SYRTE-F02b	56959 56974	1.17	0.20	0.29	0.11	0.43	0.57	1.3 [2]	T301 0.35
SYRTE-F02b	56979 56989	0.97	0.30	0.29	0.11	0.70	0.82	1.3 [2]	T301 0.35
SU-CsF02	56959 56989	0.53	0.23	0.25	0.11	0.33	0.48	PFS/NA	T315 0.50

Notes:

[2] CIPM Recommendation 1 (CI-2013) : Updates to the list of standard frequencies in
Proces-Verbaux

des Seances du Comite International des Poids et Mesures, 102nd meeting (2013), 2014,
188 p.

Шкала Всемирного координированного времени UTC

Рекомендация МСЭ-R TF.460-6 (1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002)

Излучение стандартных частот и сигналов времени

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая:

- постоянную необходимость в тесном сотрудничестве между 7-й Исследовательской комиссией радиосвязи (ITU-R Working Party 7A) и Международной морской организацией (ИМО), Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), Генеральной Конференцией мер и весов (СГРМ), Международным Бюро мер и весов (ВІРМ), Международной службой вращения Земли (ІERS) и заинтересованными союзами Международного совета научных союзов (ІCSU);
- желательность поддержания всемирного согласования излучений стандартных частот и сигналов времени;
- необходимость распространения эталонных частот и сигналов времени при согласовании с секундой, как она определена 13-й Генеральной конференцией мер и весов (1967 г.);
- постоянную необходимость обеспечения непосредственного доступа к Всемирному времени (UT) с точностью в одну десятую долю секунды,

рекомендует:

- чтобы все излучения эталонных частот и сигналов времени как можно точнее соответствовали Всемирному координированному времени (UTC) (см. Приложение I);
- чтобы сигналы времени не отклонялись от времени UTC более чем на 1 мс; чтобы эталонные частоты не отклонялись более чем на $1 \cdot 10^{-10}$; и чтобы сигналы времени, излучаемые каждой передающей станцией, имели известное соотношение с фазой несущей;
- чтобы излучения эталонных частот и сигналов времени, а также другие излучения сигналов времени, предназначенные для научных целей (при возможном исключении излучений, предназначенных для специальных систем), содержали информацию о значениях разности времени UT1–UTC и TAI–UTC (см. Приложение I).

Рекомендация МСЭ-R TF.460-6 (1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002)**Излучение стандартных частот и сигналов времени****Шкалы времени*****A. Всемирное время (UT)***

Всемирное время (UT) является общим обозначением шкал времени, основанных на вращении Земли.

В тех случаях, когда допустима неточность в несколько сотых долей секунды, необходимо уточнить форму времени UT, которая должна быть использована:

UT0 – среднее солнечное время начального меридиана, полученное из непосредственных астрономических наблюдений;

UT1 – время UT0, скорректированное с учетом эффекта малых перемещений Земли относительно оси вращения (движение полюса);

UT2 – время UT1, скорректированное с учетом эффекта малых сезонных флуктуаций в скорости вращения Земли.

UT1 используется в данной Рекомендации, поскольку это время точно соответствует угловому положению Земли относительно оси ее суточного вращения.

Краткие определения приведенных выше терминов и связанных с ними понятий имеются в публикациях IERS.

B. Международное атомное время (TAI)

Международная опорная шкала атомного времени (TAI), основанная на секунде (СИ), реализованной на вращающемся геоиде, формируется ВРМ на основе данных часов, полученных от сотрудничающих учреждений. Это время представляется в виде непрерывной шкалы, например, в днях, часах, минутах и секундах с началом отсчета 00h00m00s UT от 1 января 1958 года (Резолюция 1 ГКМВ 14, 1971).

C. Всемирное координированное время (UTC)

Время UTC – шкала времени, поддерживаемая ВРМ совместно с IERS и образующая основу согласованного распространения стандартных частот и сигналов времени. Оно точно соответствует по частоте времени TAI, но отличается от него на целое число секунд.

Шкала UTC подстраивается путем введения или исключения секунд (положительные или отрицательные «скачущие» секунды), с тем чтобы обеспечить приблизительное согласование со временем UT1.

D. DUT1

Величина прогнозируемой разности UT1 – UTC, распространяемой вместе с сигналами времени, обозначается через DUT1; таким образом, $DUT1 \approx UT1 - UTC$. DUT1 можно рассматривать как поправку, которую необходимо добавить к UTC, чтобы получить лучшее приближение к UT1.

Величины DUT1 даются службой IERS кратными 0.1 с.

Применяются следующие операционные правила:

1. Допуски

1.1 Величина DUT1 не должна превышать 0.8 с.

1.2 Отклонение UTC от UT1 не должно превышать ± 0.9 с (см. Примечание 1).

1.3 Девиация (UTC плюс DUT1) от UT1 не должна превышать ± 0.1 с.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. *Разность между максимальной величиной DUT1 и максимальным отклонением UTC от UT1 представляет собой допустимую девиацию (UTC + DUT1) от UT1 и является для службы IERS защитой от непредсказуемых изменений скорости вращения Земли.*

2. «Скачущие» секунды

2.1 Положительная или отрицательная «скачущая» секунда должна быть последней секундой во времени UTC месяца, но первое предпочтение должно быть отдано концу декабря и июня, а второе – концу марта и сентября.

2.2 Положительная «скачущая» секунда начинается в 23h 59m 60 s и заканчивается в 00h 00m 00s с первого дня следующего месяца. В случае отрицательной «скачущей» секунды время 23h 59m 58s в следующую секунду должно смениться временем 00h 00m 00s первого дня следующего месяца.

2.3 Служба IERS должна заблаговременно принять решение и объявить о введении дополнительной секунды. Такое объявление следует сделать по крайней мере за восемь недель до введения секунды.

Датирование событий вблизи «скачущей» секунды

Датирование событий вблизи «скачущей» секунды должно быть осуществлено способом, показанным на следующих рисунках:

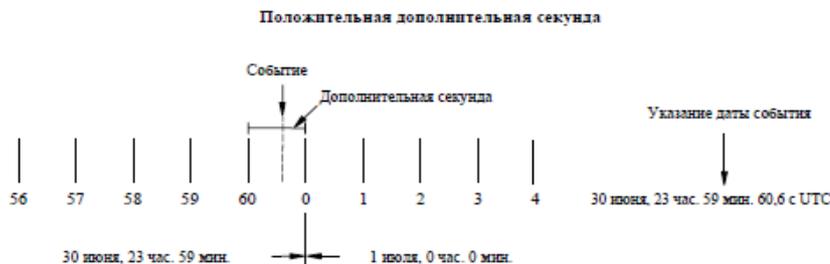


Рис. 78

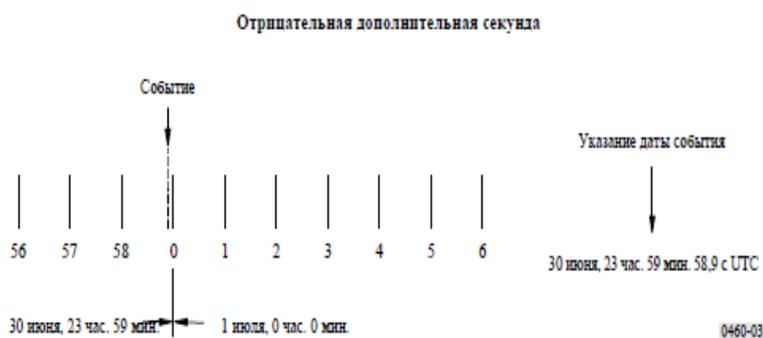


Рис. 79

Резолюция 5 15 ГКМВ (1975)

Всемирное координированное время

15 Генеральная Конференция по мерам и весам (CGPM),
учитывая, что

- система, именуемая «Всемирное координированное время (UTC)», широко используется;
- передаётся сигналами времени большинства радиопередач;
- её широкое распространение делает доступным для пользователей не только эталоны частоты, но и шкалу Международного атомного време-

ни и приближение к шкале Всемирного времени (или, если некто предпочитает, среднему солнечному времени),
 отмечая, что это Всемирное координированное время представляет основу гражданского времени, являющегося законным в большинстве стран, считает, что использование этой системы должно быть решительно под-
 держано.

Шкала Всемирного координированного времени UTC

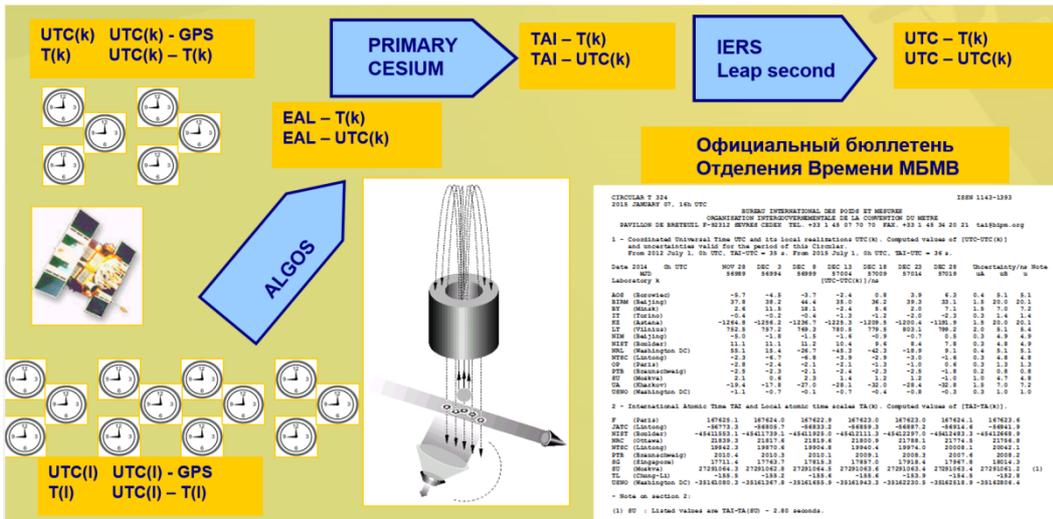


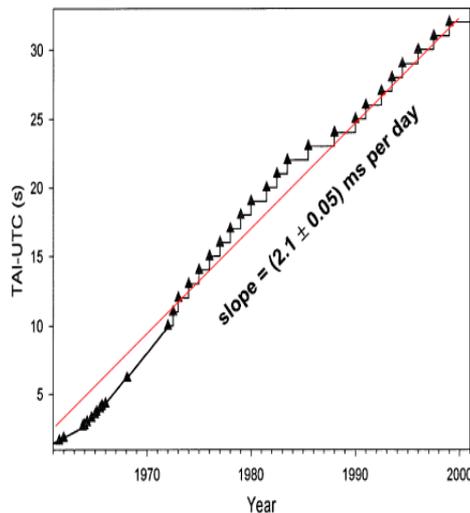
Рис. 80. Методика формирования шкалы Всемирного координированного времени UTC

Шкала Всемирного координированного времени UTC TAI-UTC

Таблица 12

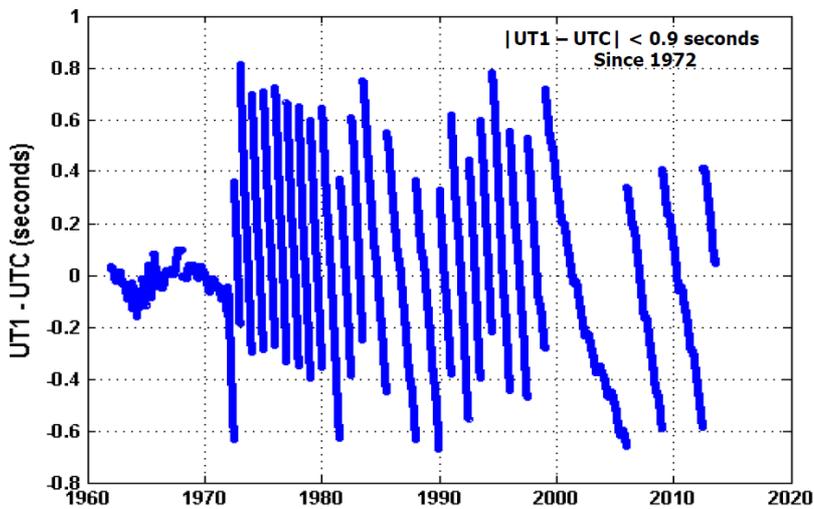
Table 2. Relationship between TAI and UTC, up to 31 December 2014

Limits of validity (at 0 h UTC)	[TAI - UTC] / s
1961 Jan. 1 - 1961 Aug. 1	1.422 8180 + (MJD - 37300) x 0.001 296
1961 Aug. 1 - 1962 Jan. 1	1.372 8180 + "
1962 Jan. 1 - 1963 Nov. 1	1.545 8580 + (MJD - 37695) x 0.001 1232
1963 Nov. 1 - 1964 Jan. 1	1.545 8580 + "
1964 Jan. 1 - 1964 Apr. 1	3.240 1300 + (MJD - 38761) x 0.001 296
1964 Apr. 1 - 1964 Sep. 1	3.340 1300 + "
1964 Sep. 1 - 1965 Jan. 1	3.440 1300 + "
1965 Jan. 1 - 1965 Mar. 1	3.540 1300 + "
1965 Mar. 1 - 1965 Jul. 1	3.640 1300 + "
1965 Jul. 1 - 1965 Sep. 1	3.740 1300 + "
1965 Sep. 1 - 1966 Jan. 1	3.840 1300 + "
1966 Jan. 1 - 1968 Feb. 1	4.313 1700 + (MJD - 39125) x 0.002 592
1968 Feb. 1 - 1972 Jan. 1	4.213 1700 + "
1972 Jan. 1 - 1972 Jul. 1	10 (integral number of seconds)
1972 Jul. 1 - 1973 Jan. 1	11
1973 Jan. 1 - 1974 Jan. 1	12
1974 Jan. 1 - 1975 Jan. 1	13
1975 Jan. 1 - 1976 Jan. 1	14
1976 Jan. 1 - 1977 Jan. 1	15
1977 Jan. 1 - 1978 Jan. 1	16
1978 Jan. 1 - 1979 Jan. 1	17
1979 Jan. 1 - 1980 Jan. 1	18
1980 Jan. 1 - 1981 Jul. 1	19
1981 Jul. 1 - 1982 Jul. 1	20
1982 Jul. 1 - 1983 Jul. 1	21
1983 Jul. 1 - 1985 Jul. 1	22
1985 Jul. 1 - 1988 Jan. 1	23
1988 Jan. 1 - 1990 Jan. 1	24
1990 Jan. 1 - 1991 Jan. 1	25
1991 Jan. 1 - 1992 Jul. 1	26
1992 Jul. 1 - 1993 Jul. 1	27
1993 Jul. 1 - 1994 Jul. 1	28
1994 Jul. 1 - 1996 Jan. 1	29
1996 Jan. 1 - 1997 Jan. 1	30
1997 Jul. 1 - 1999 Jan. 1	31
1999 Jan. 1 - 2006 Jan. 1	32
2006 Jan. 1 - 2009 Jan. 1	33
2009 Jan. 1 - 2012 Jul. 1	34
2012 Jul. 1 -	35



Courtesy Ron Beard
Рис. 81

UT1 - UTC



Courtesy Ron Beard
Рис. 82.

Быстрая шкала Всемирного координированного времени UTCr

UTCr является атомной шкалой времени, которая позволяет лабораториям следить за поведением своих часов с более коротким запаздыванием, чем месячные циркуляры T. Её разность по отношению к окончательной опорной системе UTC менее 2 нс. В среду каждой недели Отделение времени МБМВ публикует официальные решения "Rapid UTC", UTCr.

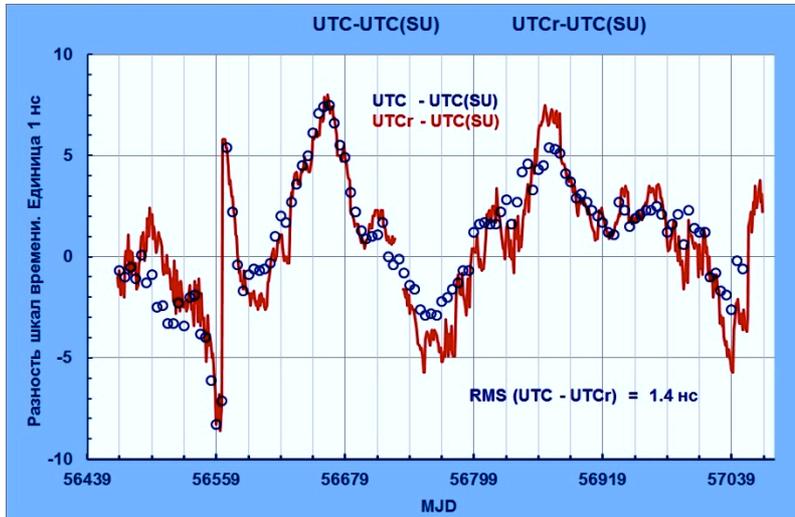


Рис. 83

Ежесуточные величины $[UTCr - UTC(k)]$ вычисляются с использованием данных, представляемых на добровольной основе частью лабораторий-вкладчиков TAI. Официальные публикации UTCr начались с 1 июля 2013 г. после одобрения ККВЧ по результатам пилотного эксперимента.

Официальная прослеживаемость UTC продолжает обеспечиваться только с помощью циркуляров T!

Каналы сличений, используемые Отделением времени МБМВ для формирования шкал атомного времени

Точностные характеристики каналов

МБМВ создана международная сеть каналов сличений для сравнения локальных реализаций шкал времени лабораторий-вкладчиков с UTC, данные которых затем используются при формировании TAI. Эта сеть не избыточна и основана на ГНСС и дуплексных каналах. Данные с двухчастотных, многоканальных ГНСС приемников геодезического типа используются наряду с

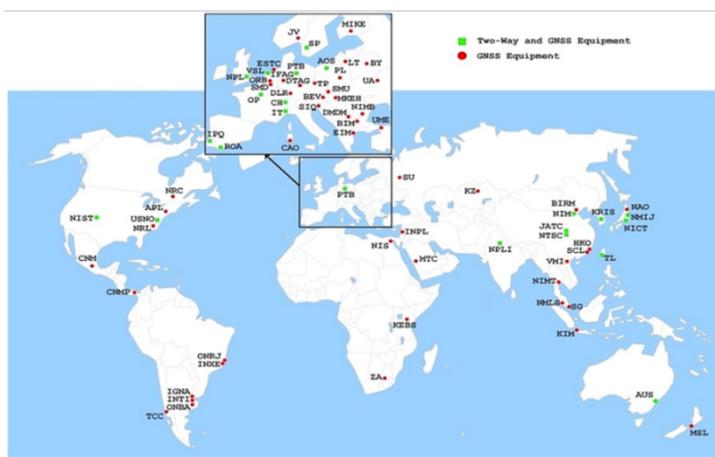


Рис. 85

Таблица 13

(Извлечения из циркуляра Т)

6 -Time links used for the computation of TAI and their uncertainties.

Link	Type	uA/ns	uB/ns	Calibration Type	Calibration Dates
BY /PTB	GPS MC	1.5	7.0	GPS EC/GPS EC	2008 Jun/2006 Sep
NIST/PTB	TWGPPP	0.3	5.0	LC (TWSTFT) /BC (GPS PPP)	2005 May/2009 Aug
NTSC/PTB	TWSTFT	1.0	5.0	BC (GPS MC)	2009 May
OP /PTB	TWGPPP	0.3	1.1	LC (TWSTFT) /BC (GPS PPP)	2008 Sep/2009 Aug
SU /PTB	TWSTFT	0.5	1.1	LC (TWSTFT)	2012 Nov
USNO/PTB	TWSTFT	0.5	1.0	TW EC	2014 Jun

Информационные потоки Отделения времени МБМВ Входящие

Измерительная информация для формирования TAI

Файлы данных измерительной информации для формирования TAI и быстрой UTC_S представляются лабораториями времени и выкладываются на ftp-сервер Отделения времени МБМВ. Доступ к ftp-серверу входной измерительной информации представляется лабораториям-вкладчикам на индивиду-

дуальной основе.

Данные по часам и скачки часов по времени и частоте представляются единым файлом суточным блоком.

Данные по приёмам GPS и GPS+GLONASS представляются суточным блоком.

Данные TWSTFT представляются суточным блоком.

Формат всех данных для представления в Отделение времени МБМВ должен соответствовать требованиям стандарта.

Исходящие

Выходная информация по формированию TAI, UTC и связанной с ними в каталоге /pub/tai/publication/

Файлы выходной информации выкладываются Отделением времени МБМВ на ftp-сервер ftp 62.161.69.5 или ftp2.bipm.org и общедоступны.

- cirt (Циркуляр T, начиная с T100);
- Utclab (Разность UTC-UTC(k), начиная с MJD 50814);
- tailab (Разность TAI-TA(k), начиная с MJD 50814);
- rates (Месячные хода часов относительно TAI, начиная с MJD 50689);
- clkdrifts (Дрейф часов по частоте относительно месячной реализации TT на интервале до 4 месяцев, заканчивающемся на приведенную дату, начиная с MJD 55804);
- weights (относительные веса часов на интервале 1 месяца, заканчивающегося на данную дату, начиная с MJD 51419).

А также масса другой информации, см. /pub/tai/publication/.

Измерительная информация для формирования UTCr

Данные по часам и скачки часов по времени и частоте представляются единым файлом суточным блоком.

Данные по приёмам GPS и GPS+GLONASS представляются суточным блоком.

Данные TWSTFT представляются суточным блоком.

Формат всех данных для представления в Отделение времени МБМВ должен соответствовать требованиям стандарта.

Форматы представляемой информации

Часовые данные:

ftp://62.161.69.5/pub/tai/data/data_format.pdf

Альманах современной метрологии, 2017, № 10

Данные по ГНСС:

ftp://62.161.69.5/pub/tai/data/CGGTTS_format_v1.pdf

ftp://62.161.69.5/pub/tai/data/CGGTTS_format_v2.pdf

Выходная информация по формированию UTCr в каталоге /pub/tai/publication/

utcr (Бюллетени [UTCr-UTC(k)], начиная с MJD 56467);

utcrlab (Разность UTCr-UTC(k), начиная с MJD 56467).

Выходная информация по формированию UTCr в каталоге /pub/tai/publication/

Файлы выходной информации по формированию UTCr выкладываются Отделением времени МБМВ недельными блоками на ftp-сервер <ftp://62.161.69.5> или [ftp2.bipm.org](ftp://ftp2.bipm.org) в каталоге /pub/tai/publication/ не позднее среды 18h UTC, следующей за отчетной недели.

Данные TWSTFT:

ftp://62.161.69.5/pub/tai/data/data_format.pdf (Rec.ITU-R TF.1153-2 RECOMMENDATION ITU-R TF.1153-2. The operational use of two-way satellite time and frequency transfer employing PN codes).

Данные по первичным и вторичным стандартам частоты:

ftp://62.161.69.131/PFS_format.pdf

Данные по первичным и вторичным стандартам частоты:

ftp://62.161.69.131/PFS_format.pdf

Сроки представления информации для формирования ТАИ

Часовые данные, данные по ГНСС, данные по первичным и вторичным стандартам частоты:

не позднее D+4 12h UTC, где D последняя календарная дата отчетного месяца.

Данные TWSTFT: по завершении сеансов связи текущих суток.

Сроки представления информации для формирования UTCr

Часовые данные, данные по ГНСС:

не позднее D+2 12h UTC, где D отчетная дата.

Данные TWSTFT - по завершении сеансов связи текущих суток.

Альманах современной метрологии, 2017, № 10

Будущее UTC

Истоки проблемы

Консультативный Комитет по времени и частоте на своём 14 заседании в апреле 1999 г. рассмотрел вопрос «Будущее скачущей секунды», основным докладчиком по которому был Dr D. McCarthy.

Суть доклада сводилась к тому, что существующее определение шкалы Всемирного координированного времени UTC создает неудобства и проблемы для растущего числа потребителей, которые требуют равномерной непрерывной шкалы времени. Эта шкала времени должна бы стать новой мировой опорной временной системой.

В последовавшей дискуссии в целом была поддержана идея новой непрерывной шкалы времени на основе секунды СИ, но также содержался ряд комментариев по затруднениям реализации идеи. Dr V. Guinot заметил, что ни ККВЧ, ни ее РГ не имеют полномочий на аннулирование «скачущей» секунды. Подводя итог обсуждению, президент ККВЧ Dr S. Leschiutto подчеркнул, что в ККВЧ оформилось консенсуальное мнение о целесообразности отмены «скачущей» секунды и что ККВЧ необходимо привлечь внимание IAU, ITU, URSI и других институтов к этому вопросу путём направления писем от имени Директора МБМВ Dr T. Quinn.

Dr T. Quinn согласился подготовить упомянутое письмо в сотрудничестве с Dr D. McCarthy.

Извлечения из письма Директора ВРМ (1999)

Генеральному Секретарю ИТУ

Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) беспокоит ITU-R, которое ответственно за определение UTC. На CCTF был затронут вопрос, касающийся того факта, что разрывность UTC создает затруднения для согласованности функционирования телекоммуникационных систем.

Шкалы времени, используемые в навигационных спутниках и телекоммуникационных системах, могут привести к множеству независимых временных систем (например GPS Time) в противовес UTC. Трудности также возникают в компьютерных системах и сетях при подстройке скачков по времени или «скачущей» секунды.

Реакцией на это обращение была постановка в ITU-R нового вопроса ITU-R 236/7 «Будущее шкалы UTC»

ITU-R 236/7 «Будущее шкалы UTC»

1. Каковы требования к глобально приемлемым шкалам времени для использования как в навигации и телекоммуникациях, так и для общегражданского применения?
 - Точность, стабильность, секунда СИ.
 - Однородность, общедоступность.
 - Надежность.
 - Пригодность.
 - Гражданская/национальная служба времени.
2. Каковы сегодняшние и будущие требования к лимиту допуска между UTC и UT1?
 - $|\text{UT1} - \text{UTC}| < 0.9 \text{ с.}$
 - Может ли быть согласован больший допуск?
3. Удовлетворяет ли современная процедура «скачущей» секунды запросы потребителей или должна быть разработана новая?
 - Пригодность информации о «скачущей» секунде для потребителей.
 - Возможные альтернативы (использование систем независимого времени).
 - Отношение внутренних системных шкал телекоммуникаций/ГНСС к шкалам времени.

Реализация ITU-R 236/7 «Будущее шкалы UTC»

Анализ разработок системных времен радио и телекоммуникаций демонстрирует потребность правильного и точного «реального времени». «Местное время», определяемое на основе статистических оценок ансамблей стандартов/часов, также будет использоваться в новых системах. Растущие потенциальные возможности CDMA сетей требуют синхронизированного функционирования.

Для изучения запросов потребителей были организованы специальные сессии на технических конференциях: (PTTI, IEEE-IFCS, CGSIC, EFTF). Подготовлены обзоры других потребителей: (URSI, IAU, IERS, U.S. NIST, CRL, U.S. Gov Data Call), ITU-R, обзоры и приглашение (письма членам секции ITU-R) IAU, URSI, CCTF, IAUGG и национальным отделениям, Рабочим группам IAU, комиссии URSI Объединенных Рабочих групп, AAS Рабочей группе. Организован специальный коллоквиум в Турине, IEN. Выявлена необходимость затрат на модификацию программных продуктов управления телескопами.

Рекомендация 3 ССТФ18 (2009) «О слабости существующего определения UTC»

Консультативный Комитет по времени и частоте рекомендует национальным и международным агентствам и значимым научным союзам, имеющим касательство к определению международного времени, безотлагательно обдумать решение о будущем определении UTC с тем, чтобы как можно скорей было достигнуто международное соглашение.

Требования к системному времени

- Традиционное формирование времени - апостериорный процесс. UTC было апостериорной шкалой со временем задержки от 30 до 60 суток. Становятся доступными шкалы МБМВ более «реального времени», например, UTCr.

Электронные системы насыщены генераторами и часами, которые формируют временные и частотные сигналы, которые должны быть коррелированы между системами и странами в «реальном времени».

Опорное время должно быть непрерывным и доступным по требованию – «реальное время».

Конкретные системы адаптированы к собственному «системному времени», например, GPS TIME.

Нарастающее число систем может привести к разнообразию системных шкал.

Едиственное ОБЩЕЕ СИСТЕМНОЕ ВРЕМЯ было бы поддержано большинством систем.

Альтернативные предложения

- Создать новую шкалу времени – возможное наименование Международное Время (TI).

Исключить UTC и заменить на TI.

- Использовать TAI вместо UTC.

TAI является метрологической шкалой времени и не распространяется.

Такой переход приведет к большому скачку по времени.

- Рассмотреть возможность принятия GPS Time в качестве международной шкалы времени.

GPS Time является системной шкалой «реального времени» внутренней шкалой времени. Формируется на основе часов системы, а не глобальных шкал времени.

Ход и скачки шкалы времени могут производиться в соответствии с требованиями системы.

- Увеличить максимальный допуск на DUT1.

Один час будет выглядеть как Daylight Savings Time (летнее время).

- Модифицировать UTC в непрерывную атомную шкалу времени, остановив введение «скачущих» секунд.

Результаты Ассамблеи Радиосвязи и Всемирной Конференции Радиосвязи

Проект ревизованной Рекомендации ITU-R TF460-6 с предложением модифицировать UTC в непрерывную шкалу времени был обсужден на Ассамблее Радиосвязи и направлен на Всемирную Конференцию радиосвязи (WRC-12).

По этому поводу WRC-12 приняла следующую резолюцию.

РЕЗОЛЮЦИЯ 653 (WRC-12):

*Будущее шкалы Всемирного Координированного Времени
Всемирная Конференция по радиосвязи (Женева, 2012),*

учитывая:

а) что процедура поддержания Всемирного Координированного Времени (UTC) описана в Рекомендации ITU-R TF.460-6;

б) что UTC является узаконенной основой для поддержания времени в большинстве стран мира и *de facto* является шкалой времени, используемой в большинстве остальных;

в) что Рекомендация ITU-R TF.460-6 заявляет, что все сигналы эталонных частот и времени должны насколько это возможно соответствовать UTC;

г) что Рекомендация ITU-R TF.460-6 описывает процедуру по случающемуся время от времени вводу «скачущей» секунды в UTC для обеспечения её отличия не более чем на 0.9 секунды от времени, определяемому по вращению Земли (UT1);

д) что случающиеся время от времени вводы «скачущей» секунды в UTC могут создавать затруднения для систем и приложений, зависящих от точного времени,

признавая:

а) что некоторые организации, вовлеченные в космическую деятельность, глобальные навигационные спутниковые системы, метрологию, телекоммуникацию, синхронизацию сетей и распределение электроэнергии, требуют непрерывной шкалы времени;

б) что для определения местного времени суток и ряда других специализированных систем существует необходимость в шкале времени, определяе-

Альманах современной метрологии, 2017, № 10

мой по отношению к вращению Земли, как например, солнечное время на нулевом меридиане, ранее GMT;

в) что изменение опорной шкалы времени может иметь эксплуатационные и экономические последствия,

отмечая:

а) что п. 1.14 определяет UTC как шкалу времени, основанную на секунде (СИ), как она определена в Рекомендации ITU-R TF.460-6;

б) что модификация определения UTC может привести к последующим изменениям в п.п. 1.14, 2.5, 2.6 и некоторых иных положениях,

решила просить WRC-15:

рассмотреть возможность получения непрерывной опорной шкалы времени либо путём модификации UTC, либо иным путем, а также предпринять соответствующие действия, принимающие во внимание результаты исследований ITU-R,

просит ITU-R:

1. Провести необходимое изучение возможности получения непрерывной опорной шкалы времени для передачи её радиокommunikационными системами;

2. Изучить вопросы, касающиеся возможного внедрения непрерывной опорной шкалы времени (включая технические и эксплуатационные факторы),

просит администрации:

принять участие в изучении, представляя соответствующие вклады в ITU-R;

указывает Директору Бюро радиосвязи

довести настоящую Резолюцию до сведения ITU-T;

указывает Генеральному Секретарю

довести настоящую Резолюцию до сведения таких важнейших организаций как:

Международная Морская Организация (ИМО),

Международная Организация Гражданской Авиации (ИКАО),

Генеральная Конференция по Мерам и Весам (СГРМ),

Консультативный Комитет по Времени и Частоте (ССТФ),

Международное Бюро Мер и Весов (ВРМ),

Международная Служба Вращения Земли и Опорных Систем (ИЕРС),

Международный Союз Геодезии и Геофизики (ИУГГ),

Международный Радиосоюз (УРСИ),

Международная Организация по Стандартизации (ИСО),

Международная Метеорологическая Организация (ВМО) и

Международный Астрономический Союз (ИАН).

О Всемирной Конференции радиосвязи 2015

Резолюция СОВЕТА 1343 (C12). О месте, датах и повестке дня Всемирной Конференции радиосвязи (WRC-15).

Совет,
отмечая

что Резолюция 807 Всемирной Конференции радиосвязи (Женева, 2012):

а) решила рекомендовать Совету, что Всемирная Конференция радиосвязи должна состояться в 2015 г. в период времени до четырех недель;

б) рекомендовала её повестку дня и предложила Совету завершить повестку дня, организовать созыв WRC-15 и как можно скорей инициировать консультации со странами-членами;

решила

созвать Всемирную Конференцию радиосвязи (WRC-15) в Женеве (Швейцария) 2-27 ноября 2015 с предшествующей Ассамблеей радиосвязи 26-30 октября 2015, со следующей повесткой дня:

рассмотрение возможности получения непрерывной опорной шкалы времени либо путём модификации Всемирного Координированного времени (UTC), либо иным путем, а также предпринять соответствующие действия, в соответствии с Резолюцией 653 (WRC-15).