

УДК 621.395

## ЕДИНОЕ МОСКОВСКОЕ И ВСЕМИРНОЕ КООРДИНИРОВАННОЕ ВРЕМЯ КАК ОСНОВА ПОДДЕРЖКИ НАЦИОНАЛЬНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

**Г. В. Коновалов**, ведущий научный сотрудник ЦНИИС, к. т. н.; gerkon@zniis.ru

**А. М. Меккель**, заместитель директора по науке ЦНИИС, к. т. н.; mekkel@zniis.ru

*Ключевые слова:* время, шкалы времени, календарные даты, Юлианская дата, модифицированная Юлианская дата, всемирное координированное время, собственное время.

**Время, шкалы времени и базовые периодические процессы.** В прошлом году в № 9 журнала «Электросвязь» была опубликована статья [1], посвященная сравнительному анализу различных шкал времени, а также вопросам их регламентации в рекомендациях Международного союза электросвязи (МСЭ). В отличие от упомянутой публикации в данной статье основной акцент сделан на рассмотрение времени как социального понятия, на сопоставление календаря и шкал времени, на использование шкалы UTC (SU)

в качестве основы распространения сигналов времени с помощью отечественных телекоммуникаций.

Время является одной (одним?) из наиболее непонятных и во многом таинственных категорий, явлений, процессов (тут даже правильное слово подобрать трудно), с которым сталкивается человек. И это несмотря на то, что даже ребенку кажется, будто он прекрасно представляет, что такое время. Время — обыденно. Оно окружает нас всегда и во всем. Невозможно оказаться вне времени.

Как ничто другое, время требует постоянного внимания в повседневной жизни. Никто из нас не носит с собой каждый день измерительную рулетку, термометр или ба-

Шкалы времени		Базовый процесс
Название	Обозначение	
Solar Time — Солнечное время	Sol. T	Суточное вращение Земли относительно Солнца
Mean Solar Time — Среднее солнечное время	MST	
Greenwich Mean Time — Среднее время по Гринвичу	GMT	
Sidereal Time — Звездное (сидерическое) время	Sid. T	Суточное вращение Земли относительно звезд
Proper Sidereal Time — Истинное сидерическое время	P. Sid. T	
Mean Sidereal Time — Среднее сидерическое время	M. Sid. T	
Greenwich Sidereal Time — Сидерическое время по Гринвичу	GST	
Universal Time — Всемирное время	UT	
Coordinated Universal Time — Координированное всемирное время	UTC	Излучение атомом цезия-133 при резонансном переходе между энергетическими уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома с коррекцией по суточному вращению Земли относительно звезд
Ephemeris Time — Эфемеридное время	ET	Годовое движение Земли вокруг Солнца
Time Dynamical Barycentric — Барицентрическое динамическое время	TDB	Движение центра масс Солнца вокруг центра масс всей Солнечной системы (барицентра Солнечной системы).
Time Dynamical Terrestrial — Земное динамическое время	TDT	Излучение атомом цезия-133 при резонансном переходе между энергетическими уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома на поверхности геоида
Time Coordinate Barycentric — Барицентрическое координатное время	TCB	Излучение атомом цезия-133 при резонансном переходе между энергетическими уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома в центре масс солнечной системы
Time Coordinate Geocentric — Геоцентрическое координатное время	TCG	Излучение атомом цезия-133 при резонансном переходе между энергетическими уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома в центре Земли
Time Terrestrial — Земное время	TT	
Time Atomic International — Международное атомное время	TAI	Излучение атомом цезия-133 при резонансном переходе между энергетическими уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома
Pulsar Time — Пульсарное время	PT	Импульсы радиоизлучения пульсаров с регулярными интервалами

рометр. Нас обычно устраивает весьма приблизительное (на уровне органов чувств) представление о значениях параметров окружающей среды, измеряемых этими приборами. А с часами мы практически не расстаемся. Если употребить технический термин, то можно сказать, что человеческому обществу необходимо «хронирование». Мы должны знать время начала спектакля, отхода поезда и т. д. В отличие от других базовых категорий, на которых основана система СИ, время давно уже является социальным понятием.

Несмотря на остающуюся до конца непонятной (причем быть может принципиально) природу времени, человечество уже давно научилось измерять его отрезки практически любой величины с точностью сначала достаточной для бытовых, а затем и для научно-технических нужд.

Рекомендация МСЭ-Р (ITU-R) TF.686-2 [2] определяет термин «время» как строго необратимый континуум упорядоченных событий, а шкалу времени — как систему однозначно упорядоченных событий, для которой время является мерой интервала между двумя событиями или же мерой длительности события. Такое определение времени как некой меры, весьма туманно проясняя суть понятия «время», открывает, однако, путь к численной его оценке.

Достаточно очевидно, что любое измерение любой физической величины основывается на прямом или косвенном сопоставлении ее с неким эталоном. Применительно ко времени (точнее — к отрезкам времени) основой такого эталона должен быть периодический физический процесс. Принципиальным является выбор такого процесса.

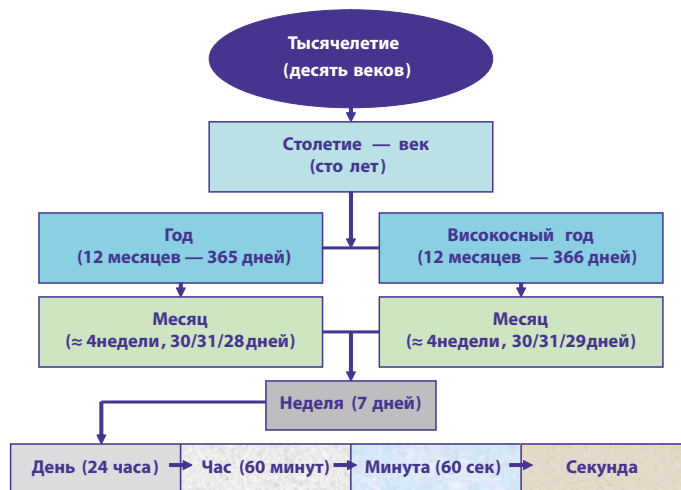
В [1] дан обзор различных шкал времени. Не останавливаясь на их описании и сравнительной оценке, приведем перечень названий основных шкал и соответствующих им периодических процессов (см. таблицу).

Следует отметить интересную особенность: для того чтобы убедиться, что базовый процесс действительно строго периодический, приходится руководствоваться либо теоретическими соображениями (которые всегда в той или иной степени идеализированы), либо измерениями с помощью другого периодического процесса, что напоминает содержание известной песенки «у попа была собака...».

Как уже указывалось выше, человеческому обществу необходимо «хронирование». При всем многообразии шкал времени, часы, созданные на их основе, обязательно должны быть привязаны к такому артефакту цивилизации, как календарь. К сожалению (хотя сожаление здесь неуместно), естественные природные процессы, на которых базируется любой календарь, не являются синхронными.

**Время, календарь и Юлианские даты.** Период суточного вращения Земли вокруг собственной оси (сутки) не кратен годовому периоду вращения Земли вокруг Солнца. Другие, искусственные параметры календаря — недели и месяцы, и вовсе не кратны как друг другу, так и календарному году. Используемую в настоящее время календарную систему можно представить в виде асинхронной календарной иерархии (см. рисунок).

Создаваемый в течение многих столетий и многократно реформируемый современный календарь так и остался вне десятичной системы, которая наряду с двоичной лежит в основе науки и техники. Из этого противоречия человечество вынуждено выходить путем внесения дискретных поправок в шкалу Всемирного координированного времени — UTC (скачущие секунды) и создания специального «десятичного» календаря.



В попытке создать такой календарь система исчисления времени, укоренившаяся еще со времен древних вавилонян, в 16-м веке была дополнена системой так называемых Юлианских дат, представляющей собой десятичную систему счета дней от полудня 1-го января 4713 г. до нашей эры. Впоследствии была проведена модификация Юлианской даты путем введения модифицированной Юлианской даты (MJD), отличающейся от непосредственно Юлианской даты (JD) ровно на 2400000,5 суток. Соответственно, начала традиционных календарных суток и суток согласно MJD совпадают.

Кроме того, достоинством MJD по сравнению с JD является уменьшенное количество знаков до запятой (пять вместо семи), причем необходимости запоминания знака MJD (плюс или минус) до 2130 г. не возникнет, так как в период с 1859 до 2130 г. значения MJD положительны. В связи с отмеченными обстоятельствами в Рек. МСЭ-Р TF.457-2 [3] именно MJD лежит в основе десятичного исчисления времени применительно к научно-техническим потребностям и, в частности, для телекоммуникаций.

Можно полагать, что с более широким распространением систем согласования шкал времени в территориально разнесенных пунктах использование MJD станет не менее привычным, чем индикация времени в формате Time of Day (TOD), согласно повсеместно принятому календарному исчислению времени.

Тем более, что хорошо известны относительно простые формулы пересчета календарных суток в MJD и, наоборот, для пересчета MJD в текущую календарную дату. Например, на одном из сайтов в Интернете (<http://www.m31.spb.ru/astronomy/time/julianday.shtml>) пересчет текущих суток в JD вообще осуществляется автоматически, так что далее для определения MJD остается лишь вычесть 2400000,5 из JD.

В связи с этим производителям отечественных серверов, работающих по протоколам передачи точного времени NTP и RTR, стоит рассмотреть вопрос о целесообразности наглядного отображения времени не только в формате TOD, но и в значениях MJD с необходимым числом знаков после запятой.

Тот факт, что всемирное координированное время UTC является основой глобальных телекоммуникаций, очевиден хотя бы потому, что администрации связи практически во всех странах мира руководствуются рекомендациями МСЭ, а в них именно UTC рекомендовано в качестве мирового унифицированного времени. Действительно, Всемирное координированное время — это, согласно Рек.

TF.460-6 [4], шкала времени, формирующая базу координированного распространения стандартных частот и сигналов времени. Она установлена Международным бюро мер и весов (BIPM) и Международной службой вращения Земли (IERS) и рекомендована для широкого использования, в том числе в телекоммуникациях (TF.486-2 [5], TF.535-2 [6] и TF.1552 [7]). Шкала UTC по сути является атомной шкалой, которая по точности соответствует ТАИ, но отличается от нее на целое число секунд. Шкала UTC — ступенчато-непрерывная, а не непрерывная как ТАИ.

**Всемирное координированное время UTC, UTC (SU) и часовые пояса.** Международная атомная шкала времени ТАИ установлена и поддерживается BIPM на основе данных наблюдения определенного множества атомных часов, сведения о ходе которых поступают из разных стран. В формировании шкалы ТАИ принимают участие несколько десятков институтов и лабораторий разных стран, имеющих более 200 атомных стандартов частоты. Показания атомных часов сравниваются между собой с учетом релятивистских поправок и объединяются по специально разработанному алгоритму, позволяющему уменьшить ошибки при включении новых или удалении из обработки старых часов.

В соответствии с Рек. TF.458-3 [8] и TF.536-2 [9] введено понятие независимого местного атомного времени ТА ( $k$ ), которое вычисляется  $k$ -й лабораторией или обсерваторией по своим атомным часам. Каждый атомный стандарт частоты определяет собственную шкалу атомного времени.

Аналогично в соответствии с теми же Рек. TF.458-3 и TF.536-2 введено понятие времени UTC ( $k$ ), где под  $k$  подразумевается обозначение той или иной лаборатории или обсерватории. Это дает возможность странам, имеющим собственные высокоточные атомные стандарты (эталон) частоты и развитые телекоммуникационные сети для распространения сигналов времени, пользоваться собственной шкалой UTC ( $k$ ).

Российская Федерация, обладая этими возможностями, использует собственную шкалу времени UTC (SU). Это обстоятельство закреплено Федеральным законом «О связи», по которому в нашей стране в качестве единого принято единое Московское время, определенным образом привязанное к UTC. Шкалы UTC и UTC (SU) имеют небольшие расхождения, обусловленные тем, что частота государственного эталона времени и частоты UTC (ГЭВЧ) России хотя и близка, но все же не совпадает в точности с частотой UTC, формируемой на основе регламентированных наблюдений за атомными часами многих эталонов в разных странах мира.

Это расхождение не превышает нескольких десятков наносекунд, и пока такое расхождение не создает сколь либо существенных затруднений практически во всех научных и технических областях, включая и международные телекоммуникации. Что касается ГЭВЧ России, то это — бывший ГЭВЧ СССР, чем и объясняется аббревиатура UTC

(SU) в названии шкалы времени, формируемой этим эталоном.

**В заключение** коснемся актуального сегодня вопроса о пересмотре часовых поясов России, поднятом в ежегодном послании президента Федеральному собранию Российской Федерации. В этом послании Д. А. Медведев заявил о необходимости рассмотрения возможности сокращения количества часовых поясов в России, а также целесообразности в будущем переходов на летнее и зимнее время.

«Нужно рассмотреть возможность сокращения количества часовых поясов. Конечно, нужно просчитать все последствия такого решения», — заявил он. По словам президента, «это касается и целесообразности переходов на летнее и зимнее время». Д. А. Медведев добавил, что в последнем случае также надо сравнить выгоды от экономии и очевидные неудобства.

«Мы привыкли гордиться их (часовых поясов) количеством, потому что это казалось нам яркой иллюстрацией величия нашей родины. Действительно, это так. Но задумывались ли мы когда-нибудь серьезно о том, насколько столь дробное деление позволяет эффективно управлять страной, не приводит ли к использованию слишком дорогих технологий?». Д. А. Медведев отметил также, что «примеры других стран (США и Китая) показывают, что можно обходиться и меньшей разницей во времени».

Заявление президента и принятое сравнительно недавно постановление правительства по изменению часовых поясов, с одной стороны, оживило ведущуюся дискуссию по этому вопросу (в частности, в сети Интернет и в том числе на блоге президента), а с другой — в очередной раз привлекло внимание к обеспечению единства времени на территории нашей страны и поддержанию Единого (Московского) времени на всех объектах отрасли связи и массовых коммуникаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Г.В., Меккель А.М. Шкалы времени и их регламентация в рекомендациях МСЭ//Электросвязь. — 2009. — № 9.
2. ITU-R Recommendation TF.686-2 (02/02). Glossary and definitions of time and frequency terms.
3. ITU-R Recommendation TF.457-2 (10/97). Use of the modified Julian date by the standard-frequency and time-signal services.
4. ITU-R Recommendation TF.460-6 (02/02). Standard-frequency and time-signal emissions.
5. ITU-R Recommendation TF.486-2. (02/98). Use of UTC frequency as reference in standard frequency and time signal emissions.
6. ITU-R Recommendation TF.535-2 (02/98). Use of the term UTC.
7. ITU-R Recommendation TF.1552 (02/02). Time scales for use by standard-frequency and time-signal services.
8. ITU-R Recommendation TF.458-3 (02/98). International comparisons of atomic time scales.
9. ITU-R Recommendation TF.536-2 (05/03). Time-scale notations.

Получено 13.04.10