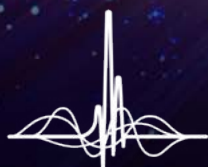


# Будущее всемирного координированного времени



**Знакомьтесь с новым //  
// Будьте в курсе**

A futuristic digital interface with various icons connected by glowing lines. The icons include a Wi-Fi symbol, a globe, a target, a lightbulb, a document, a person silhouette, and a search icon. The background is dark blue with glowing lines and a grid pattern.

## **Новости МСЭ**

**Ваш портал в мир цифровых новостей и мнений**

# Время в современном мире

Дорин Богдан-Мартин,  
Генеральный секретарь МСЭ

Время играет важнейшую роль в нашей жизни на Земле. Наши общества издавна зависят от него.

Пожалуй, время – это один из наиболее важных ресурсов, которыми мы располагаем. Без хронометрии невозможно было бы определить конкретные дни и месяцы, дни рождения и юбилеи, точное время полудня или полуночи. И даже если мы редко задумываемся о том, почему время так важно, без установления времени мы бы просто пропали. Хронометрия позволяет нам поддерживать синхронность и организованность.

Сложная сеть хронометрических систем позволяет нам в повседневной жизни управлять временем в нашем постоянно меняющемся мире. Время отображается повсюду: на экранах компьютеров, смартфонов, телевизоров и во всевозможных других приложениях и системах. От надежного учета времени зависят самые разные структуры: от технологических компаний и спутниковых навигационных систем до вещательных организаций и астрономических служб.

В последние годы некоторые эксперты пытаются внести изменения во всемирное координированное время (UTC), ставя под сомнение необходимость корректировки с применением дополнительных секунд. В современном цифровом мире стремление к точной и признаваемой всеми хронометрии заставляет нас задуматься о том, как согласовать неравномерное вращение Земли со стабильной шкалой атомного времени и нужно ли это делать.

Мнения авторов данного выпуска журнала Новости МСЭ, несомненно, станут полезным источником информации для продолжающейся дискуссии на эту тему в преддверии Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-23), которая состоится в ноябре – декабре.

Радиосвязь играет ключевую роль в деятельности Международного союза электросвязи (МСЭ) по обеспечению устойчивой цифровой трансформации и достижению реальной возможности установления соединений для всех. Давайте же работать сообща для обеспечения того, чтобы в будущем хронометрия работала на благо всего человечества.



“Хронометрия позволяет нам поддерживать синхронность и организованность.”

Дорин Богдан-Мартин

# Будущее всемирного координированного времени

## Редакционная статья

### 3 Время в современном мире

Дорин Богдан-Мартин, Генеральный секретарь МСЭ

## Введение

### 6 Будущее хронометрии

Марио Маневич, директор Бюро радиосвязи МСЭ

### 9 Будущее начинается сегодня

Мартин Милтон, директор ВРМ

## Обзор

### 12 Прогресс в области передачи сигналов времени и стандартных частот

Жозеф Ашкар, Председатель Рабочей группы 7А Сектора радиосвязи МСЭ

### 15 Всемирное координированное время: общее представление

Патриция Тавелла, директор Департамента времени ВРМ

### 19 Используемые в настоящее время шкалы времени

Вадим Ноздрин, советник исследовательских комиссий, 7 я Исследовательская комиссия МСЭ-R (Научные службы)

## Цифровые сети

### 24 Синхронизация и влияние разрывов в UTC

Стефано Руффини, Докладчик по Вопросу 13/15, 15-я Исследовательская комиссия МСЭ-T, и Сильвана Родригес, старший ведущий системный инженер, Huawei

### 28 Влияние UTC на индустрию 4.0

Томаш Видомски, соучредитель, Elproma

### 31 Временная синхронизация в центрах обработки данных

Олег Облеухов, инженер-технолог, Meta, и Ахмад Бягови, научный сотрудник, Meta

### 35 Программа Национального центра измерения времени Соединенного Королевства

Хелен Марголис, руководитель Научного отдела по вопросам времени и частоты, Национальная физическая лаборатория, Соединенное Королевство

ITU News  
MAGAZINE

No. 2  
2023



Фото на обложке: Adobe Stock  
(Image element from NASA)

ISSN 1020-4148  
itunews.itu.int  
6 выпусков в год  
Авторское право: © МСЭ 2023

Главный редактор:  
Нейл Макдональд  
Помощник редактора:  
Анджела Смит  
Редактор по цифровым коммуникациям:  
Кристина Ванольи

Редакция/Информация о  
размещении рекламы:  
Тел.: +41 22 730 5723/5683  
Эл. почта: itunews@itu.int

Почтовый адрес:  
International Telecommunication Union  
Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20 (Switzerland)

Правовая оговорка:  
Выраженные в настоящей публикации мнения являются мнениями авторов, и МСЭ за них ответственности не несет. Используемые в настоящей публикации обозначения и представление материала, включая карты, не отражают какого бы то ни было мнения МСЭ в отношении правового статуса любой страны, территории, города или района либо в отношении делимитации их границ. Упоминание конкретных компаний или определенных продуктов не означает, что МСЭ их поддерживает или рекомендует, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые не упоминаются.

Все фотографии МСЭ,  
если не указано другое

## Навигационные системы

### 38 Навигационная спутниковая система BeiDou и дополнительная секунда UTC

Юйтин Линь, старший инженер Пекинского центра спутниковой навигации; Юаньси Ян, научный сотрудник Государственной ведущей лаборатории геоинформационной инженерии и Бицзяо Сунь, инженер Государственной ведущей лаборатории геоинформационной инженерии, Китай

## Наука

### 41 Практические последствия для астрономии

Деннис Маккарти, представитель Международного астрономического союза в Консультативном комитете по времени и частоте и IERS

### 44 Передача размера единицы времени: историческая справка

Кристиан Бизуар, астроном, Парижская обсерватория (SYRTE) и Центр ориентации Земли IERS

### 47 Синхронизация электроэнергетических сетей

Джефф Дагл, главный инженер-электрик Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории (PNNL)

### 51 UTC: прошлое, настоящее и будущее

Андреас Баух, старший научный сотрудник, PTB (национальный метрологический институт) и Карстен Буквиц, старший советник по спектру, BNetzA (Федеральное сетевое агентство), Германия

### 54 Хронометрия и необходимость обеспечения астрономического соответствия

Преподобный Пол Габор, заместитель директора Ватиканской обсерватории, США

## ВКР-23: обратный отсчет

### 57 ВКР-23: обратный отсчет





Adobe Stock

## Будущее хронометрии

Марио Маневич,  
директор Бюро радиосвязи МСЭ

Время вне зависимости от того, как его измеряют, имеет важнейшее значение для всей нашей повседневной деятельности и для упорядоченного функционирования наших обществ. Определение времени всегда было и остается предметом особого внимания ученых всего мира. После многолетнего использования вращения Земли в качестве основы для установления продолжительности дня и определения шкал времени принятие в 1971 году всемирного координированного времени (UTC) ознаменовало собой прорыв в определении времени.

По прошествии чуть более полувека я рад представить вам специальный выпуск журнала Новости МСЭ, посвященный будущему использованию и применению UTC. Этот выпуск, подготовленный Международным союзом электросвязи (МСЭ) и Международным бюро мер и весов (Bureau international des poids et mesures - BIPM), содержит статьи и рассуждения о будущем различных способов регистрации времени.

МСЭ играет центральную роль в определении и распространении сигналов времени UTC, что осуществляется в основном силами Рабочей группы (РГ) 7А Сектора радиосвязи МСЭ (МСЭ-R), которой поручено заниматься вопросами научных служб, связанных с передачей сигналов времени и стандартных частот.



“  
Время вне зависимости от того, как его измеряют, имеет важнейшее значение для всей нашей повседневной деятельности и для упорядоченного функционирования наших обществ.”

Марио Маневич

Сфера деятельности РГ 7А включает вопросы распространения, приема и обмена стандартных частот и сигналов времени, а также координации этих служб на всемирной основе. Одним из основных продуктов деятельности РГ 7А является Рекомендация МСЭ-R TF.460-6 Излучение стандартных частот и сигналов времени. Включенная посредством ссылки в Регламент радиосвязи МСЭ, она содержит официальное определение UTC.

## Универсальная эталонная шкала времени

В настоящее время UTC используется для решения широкого круга различных задач – от определения времени в минутах, необходимого населению для соблюдения расписания, до синхронизации времени на уровне наносекунд, что необходимо для применений с наиболее жесткими требованиями, таких как навигация с помощью глобальных навигационных спутниковых систем, например Глобальной системы определения местоположения (GPS), ГЛОНАСС, а в последнее время также европейской системы Galileo и китайской BeiDou.

Вопрос о необходимости введения единой универсальной эталонной шкалы времени поднимался большинством сообществ пользователей, международных организаций и экспертов в области определения времени. Главная задача заключается в том, чтобы сделать UTC непрерывной шкалой времени, а не ступенчатой шкалой атомного времени, какой она является сейчас. Существует консенсус в отношении того, что альтернативные шкалы времени и системное время не должны использоваться в качестве эталонных источников времени, а практика применения UTC должна быть адаптирована к потребностям пользователей в XXI веке.

Преимуществом такого изменения станет появление непрерывной шкалы времени, которая может использоваться во всех современных системах электронной навигации и компьютеризированных системах. Это избавит от необходимости применять специальные системные интервалы времени, используемые для того, чтобы избежать непредсказуемых корректировок UTC с шагом в одну секунду.

## Как выглядит будущее?

Для того чтобы отвечать требованиям наибольшего числа применений, будущая эталонная шкала времени должна быть:

- реализована на международном уровне;
- общепризнана; и
- непрерывна (по крайней мере, в течение длительного времени).

Кроме того, важно обеспечить общепризнанную связь будущей эталонной шкалы времени с вращением Земли, а также создать условия для того, чтобы ее смещение относительно всемирного времени (UT1) было хорошо известно и широко распространялось. Будущая эталонная шкала времени могла бы сохранить преимущества традиционного UTC и в то же время отвечать данным требованиям. Она могла бы быть получена путем сохранения существующего UTC, определенного Генеральной конференцией по мерам и весам в 2022 году, при ослаблении ограничения на расхождение между UT1 и UTC.



*Вопрос о необходимости введения единой универсальной эталонной шкалы времени поднимался большинством сообществ пользователей, международных организаций и экспертов в области определения времени. ”*



## Приемлемый переходный период

При изменении любой эталонной шкалы времени возникают вопросы о совместимости с прежними или ранее вводившимися системами и устройствами. С учетом значимости вопроса для многих аспектов работы критических инфраструктур стран, необходимы четкие меры для обеспечения обратной совместимости, если будет принято решение о будущей эталонной шкале времени.

Для того чтобы предоставить традиционным системам достаточный период времени для адаптации к изменению UTC, ряд пользователей, в том числе астрономическая служба, морская навигационная служба, морская подвижная служба, воздушная служба и служба радиоопределения, а также фиксированная, подвижная и радиовещательная службы, попросили предоставить переходный период для обновления своих систем. В случае ГЛОНАСС период времени между принятием решения и его реализацией должен составить не менее 15 лет.

В любом случае переходный период должен быть достаточно длительным, с тем чтобы обеспечить возможность продолжения работы существующего пользовательского оборудования без ущерба для качества обслуживания. При переходе на непрерывную шкалу времени Рекомендация [МСЭ-R TF.460-6](#) будет обновлена.

## Исследования МСЭ будут рассматриваться на ВКР-23

На предстоящей [Всемирной конференции радиосвязи](#) (ВКР-23) в Дубае, Объединенные Арабские Эмираты, в соответствии с принятой ранее Резолюцией 655 (ВКР-15) будут рассматриваться результаты исследований МСЭ-R о влиянии изменения шкал времени. Дополнительная информация по этой теме содержится в Отчете [МСЭ-R TF. 2511-0](#) Содержание и структура сигналов времени, подлежащих распространению системами радиосвязи, и различные аспекты текущих и возможных будущих эталонных шкал времени, включая их воздействие и применения в радиосвязи.

## Обмен опытом и мнениями

Я благодарен ВРМ и авторам настоящего выпуска журнала Новости МСЭ, поделившимся своим опытом и мнениями. Их знания, собранные вместе, образуют классический ресурс и источник материалов по науке хронометрии, которые обогатят и расширят информационную базу проводимых в настоящее время дискуссий о будущем времени и о необходимости отмены дополнительной секунды.



*На предстоящей ВКР-23 в Дубае, Объединенные Арабские Эмираты, в соответствии с принятой ранее Резолюцией 655 (ВКР-15) будут рассматриваться результаты исследований МСЭ-R о влиянии изменения шкал времени*



*Я очень благодарен ВРМ и авторам настоящего выпуска журнала Новости МСЭ, поделившимся своим опытом и мнениями.*





Adobe Stock

## Будущее начинается сегодня

Мартин Милтон, директор ВІРМ

На протяжении тысячелетий соглашения, касающиеся хронометрии, играют важнейшую роль в прогрессе человечества. По мере развития человечества и изменения образа жизни людей все чаще и все сильнее ощущается потребность в совершенствовании шкалы времени.

В 2021 году Международное бюро мер и весов (Bureau international des poids et mesures - ВІРМ) провело опрос среди своих пользователей и заинтересованных сторон о влиянии скачков секунд всемирного координированного времени (UTC) на текущие применения хронометрии. Собранные данные показывают, что только действительно непрерывное UTC - измеряемое точно и не сопряженное с частыми корректировками - может удовлетворять потребности пользователей в XXI веке.

Мы постоянно меняемся. Тем не менее, будучи организацией, ответственной за международное время, мы должны действовать осторожно и обдуманно. Поэтому, продвигаясь в решении данного вопроса, мы должны учитывать тот факт, что практически для всех символической основой времени по-прежнему являются реально ощущаемые ежедневные астрономические циклы.

В связи с этим мы должны учитывать то влияние, которое любое решение об изменении UTC окажет на астрономию, а также на любые виды общественной деятельности, опирающиеся на связь людей с циклическими природными процессами Земли.



“ По мере развития человечества и изменения образа жизни людей все чаще и все сильнее ощущается потребность в совершенствовании шкалы времени. ”

Мартин Милтон



## Недавнее решение о будущем UTC

В заседании Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ), состоявшемся в ноябре 2022 года, приняли участие 64 государства – члена ВРМ. Они одобрили резолюцию Об использовании и будущем развитии UTC, в которой предлагается к 2035 году ввести увеличенное значение допустимого расхождения между UTC и временем, рассчитываемым на основе угла вращения Земли.

В свете этого решения ВРМ надеется на сотрудничество с представителями отраслей и организациями и, конечно, с Международным союзом электросвязи (МСЭ) в реализации и распространении обновленного стандарта времени, адаптированного к потребностям современного общества.

## Переломный момент

Как видно из приведенного ниже графика, в истории UTC действительно наступил переломный момент.

За последние 50 лет разница между временем, определяемым вращением Земли, и атомным временем значительно увеличилась. Эта тенденция, которая усиливается вследствие замедления вращения Земли, обусловила необходимость эпизодического введения дополнительных секунд.

Вместе с тем последние данные указывают и на обратную тенденцию, что дает основания полагать, что в период до 2035 года нам может впервые в истории потребоваться введение отрицательной дополнительной секунды в приложения, основанные на использовании времени UTC.

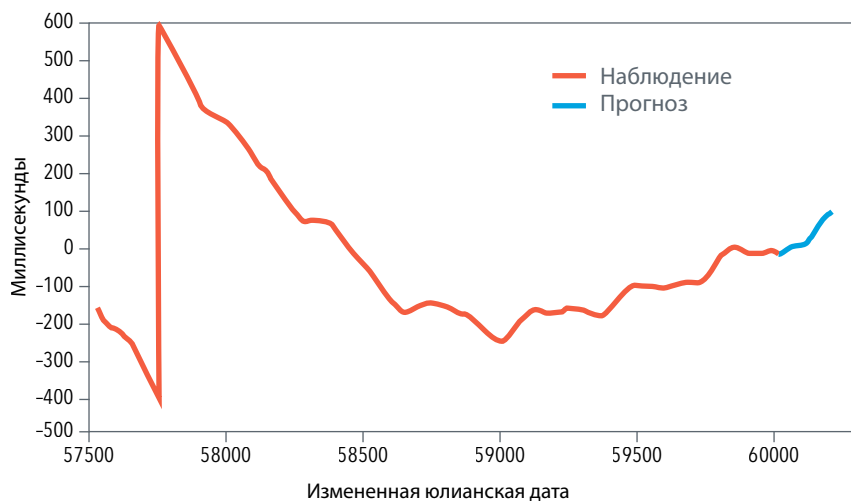
Сейчас, когда я пишу эту статью, космические агентства всего мира начинают обсуждать необходимость введения системы непрерывного отсчета времени для Луны. Таким образом, когда-нибудь непрерывное UTC сможет стать системой отсчета времени как для Земли, так и для других космических объектов.



*Когда-нибудь непрерывное UTC сможет стать системой отсчета времени как для Земли, так и для других космических объектов.*



## UT1 - UTC



Источник: EOC

### Дополнительная секунда уходит в прошлое?

Подобные вопросы, касающиеся глобальной хронометрии, поднимались и десять лет назад, в одном из выпусков журнала Новости МСЭ, вышедшем в 2013 году. Вот как сформулировал это в предисловии к тому выпуску Франсуа Ранси, являвшийся в то время директором Бюро радиосвязи МСЭ: Новые времена – дополнительная секунда уходит в прошлое?

Сейчас, 10 лет спустя, это вполне может произойти.



**Выпуск журнала  
Новости МСЭ,  
опубликованный в  
2013 году  
под заголовком  
Будущее времени,**

можно скачать по [ссылке](#)



Adobe Stock

## Прогресс в области передачи сигналов времени и стандартных частот

Жозеф Ашкар, Председатель Рабочей группы 7А Сектора радиосвязи МСЭ

Рабочая группа 7А Сектора радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) – одного из трех секторов Международного союза электросвязи – занимается вопросами научных служб, связанных с передачей сигналов времени и стандартных частот.

В 2015 году после 15 лет обсуждений в рамках Рабочей группы 7А на Всемирной конференции радиосвязи была принята Резолюция 655 (ВКР-15) Определение шкалы времени и распространение сигналов времени с использованием систем радиосвязи. Впервые этот вопрос был поднят в связи с тем, что периодическое введение дополнительных секунд во всемирное координированное время (UTC) стало приводить к возникновению серьезных эксплуатационных трудностей для многих навигационных, промышленных, финансовых систем и систем электросвязи.



“Будущая эталонная шкала времени должна быть реализована на международном уровне, общепризнана и непрерывна.”

Жозеф Ашкар

В [Рекомендации МСЭ-R TF.460](#), работа над которой была начата в 1970 году Международным консультативным комитетом по радио (МККР), первоначально поднимался вопрос о необходимости распространять стандартные частоты и сигналы времени при согласовании с секундой, как она была определена в 1967 году на Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ).

В этой Рекомендации указано, что все излучения стандартных частот и сигналов времени должны как можно точнее соответствовать UTC. В ней также описана процедура периодического введения дополнительных секунд в UTC.

## Руководящие указания по хронометрии и распространению

В период после 2016 года Рабочая группа 7А в тесном сотрудничестве с другими соответствующими организациями, а также с Сектором стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-T) активизировала исследования по данному вопросу, результаты которых представлены в отчете [МСЭ-R TF.2511](#).

Этот Отчет, подготовленный в соответствии с Резолюцией 655, предназначен для информирования администраций Государств - Членов МСЭ и Членов Секторов, а также компаний электросвязи, поставщиков услуг интернета, космических агентств, авиационных, морских и метеорологических организаций, университетов и органов власти стран, не являющихся членами МСЭ, о нормативных, технических и практических аспектах хронометрии и распространения стандартных частот и сигналов времени.

Будущая эталонная шкала времени должна быть реализована на международном уровне, общепризнана и непрерывна. Этого можно достичь путем сохранения UTC и ослабления ограничения на расхождение между UTC и всемирным временем, основанным на вращении Земли (обозначаемым UT1).

Исследования Рабочей группы 7А показывают, что определение того, как международная эталонная шкала времени соотносится с другими источниками времени, включая UT1, находится в ведении Международного бюро мер и весов (Bureau international des poids et mesures - [BIPM](#)), действующего в сотрудничестве с Консультативным комитетом по времени и частоте (ССТФ), Международным комитетом мер и весов (МКМВ) и ГКМВ. Однако вопросы излучения и распространения стандартных частот и сигналов времени, в том числе в отношении расхождения шкал времени, находятся в ведении МСЭ-R.

В то время как некоторые группы пользователей хотели бы, чтобы дополнительные секунды прекратили свое существование как можно скорее, другие надеются сначала обновить свои системы и процессы, что побудило их обратиться с просьбой о введении 15-летнего переходного периода между принятием решения и его реализацией.

## Отчет об исследовании МСЭ

В Отчете TF.2511 рассматриваются следующие темы:

- ▶ Базовая информация о UTC
- ▶ Значение UTC
- ▶ Роль организаций
- ▶ Влияние дополнительных секунд
- ▶ Текущие и будущие шкалы времени
- ▶ Распространение сигналов времени

Скачать [Отчет](#).



*В то время как некоторые группы пользователей хотели бы, чтобы дополнительные секунды прекратили свое существование как можно скорее, другие надеются сначала обновить свои системы и процессы.*

## РгПодготовка к ВКР-23

Директор Бюро радиосвязи МСЭ доложит о результатах исследования, проведенного Рабочей группой 7А, на предстоящей Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-23) в Дубае в конце 2023 года. Существующее определение UTC было принято в Резолюции 2 ГКМВ в 2018 году, после чего в 2020 году был подписан Меморандум о взаимопонимании между ВРМ и МСЭ, в котором были обозначены рамки взаимного сотрудничества. Таким образом, как подчеркивается в записке Рабочей группы на имя Директора, установление UTC не является задачей, связанной с регулированием спектра.

В ноябре 2022 года на ГКМВ, по сути, было принято решение о введении непрерывной эталонной шкалы времени в поддержку отмены дополнительной секунды. Остальные направления работы, такие как сотрудничество МСЭ с международными организациями и подготовка обновлений к Рекомендации МСЭ-R TF.460, находятся в ведении соответствующих рабочих групп МСЭ-R.

В рамках текущей подготовки к ВКР 23 Бюро радиосвязи МСЭ провело специальную сессию с участием ВРМ по Резолюции 655 (ВКР-15) в штаб-квартире МСЭ в Женеве, Швейцария. Цель этой сессии, которая состоялась во время проведения 2 го межрегионального семинара-практикума МСЭ по подготовке к ВКР-23, заключалась в том, чтобы узнать взгляды региональных организаций по данному вопросу, а также обменяться мнениями о текущей ситуации в каждом регионе, что позволит всем регионам сообща двигаться вперед и в большей степени отвечать ожиданиям пользователей.

Различные проведенные исследования (наряду с обсуждениями в рамках предстоящей сессии Подготовительного собрания к конференции (ПСК23-2) и в Рабочей группе 7А) подготовят почву для пересмотра Резолюции 655 на ВКР 23.

В конечном итоге цель заключается в удовлетворении потребностей пользователей по мере приближения к середине XXI века.



*В ноябре 2022 года на ГКМВ было принято решение о введении непрерывной эталонной шкалы времени. ”*

### Резолюции Генеральной конференции по мерам и весам

Решение о введении непрерывной эталонной шкалы времени было принято в ноябре 2022 года.

[Скачать](#)  
(См. резолюцию 4, стр. 23)



Adobe Stock

# Всемирное координированное время: общее представление

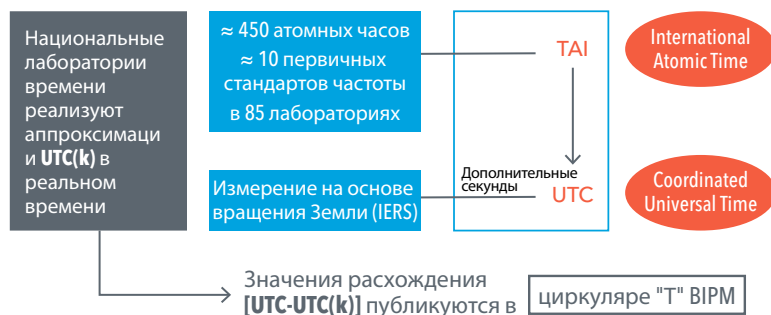
Патриция Тавелла, директор Департамента времени ВРМ

Всемирное координированное время (UTC) – это всемирная эталонная шкала времени, которая рассчитывается Международным бюро мер и весов (ВРМ) – международной организацией, занимающейся вопросами, касающимися метрологии и эталонов.



“ UTC базируется на значениях приблизительно 450 атомных часов, работа которых поддерживается в 85 национальных лабораториях времени в разных частях света. ”

Патриция Тавелла



Источник: ВРМ

UTC базируется на значениях приблизительно 450 атомных часов, работа которых поддерживается в 85 национальных лабораториях времени в разных частях света. Эти часы предоставляют BIPM данные регулярных измерений, а также местные аппроксимации UTC в реальном времени, известные как UTC(k), для национального использования (см. рисунок).

Единица шкалы - секунда - и эталонная шкала времени UTC определяются и внедряются под эгидой Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ), в работе которой участвуют представители 64 государств-членов и 36 ассоциированных государств и стран.

Международная служба вращения Земли и систем отсчета (IERS) определяет и публикует разницу между UTC и временем, рассчитываемым на основе угла вращения Земли, которое обозначается как UT1. Каждый раз, когда эта разница приближается к 0,9 секунды, объявляется о введении новой дополнительной секунды, которая используется во всех лабораториях времени.

UTC и разница UT1-UTC передаются несколькими службами времени и частоты, которые регулируются Сектором радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) - одним из трех секторов Международного союза электросвязи.

### Как BIPM рассчитывает UTC

Для получения международного атомного времени (TAI) BIPM сначала рассчитывает средневзвешенное значение показаний всех специально выделенных атомных часов. Алгоритм расчета TAI является сложным и включает в себя оценку, прогноз и валидацию для каждого типа часов.

Аналогичным образом, измерения в целях сопоставления часов на расстоянии базируются либо на глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС), либо на других методах, таких как двусторонняя спутниковая передача сигналов времени и частоты или передача с помощью оптического волокна. Все эти методы требуют проведения обработки сигналов для компенсации задержки, вызванной, например, ионосферой, гравитационным полем или движением спутников.

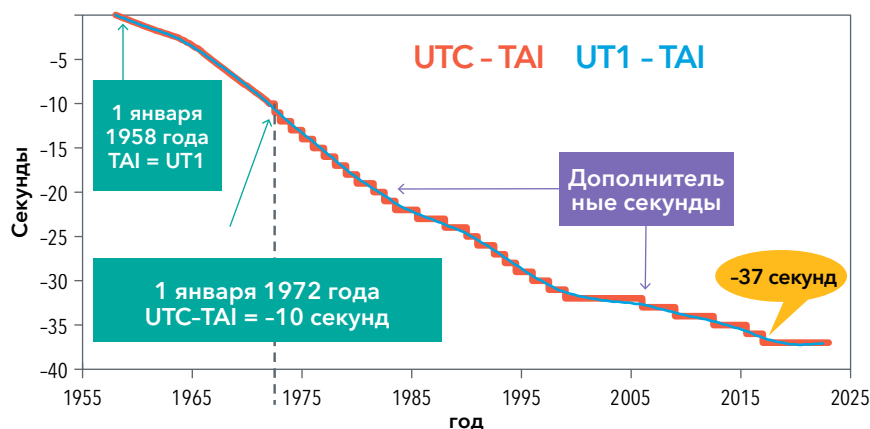
В конечном итоге UTC получается из TAI путем добавления или удаления при необходимости дополнительной секунды при сохранении неизменной продолжительности атомной секунды.

### Согласованность UTC с неравномерным вращением Земли

В 1970-х годах, в начале эры атомных часов, было решено поддерживать согласованность UTC с неравномерным вращением Земли, поскольку UTC допускало возможность оценивать время UT1, рассчитываемое на основе угла вращения Земли, с допустимым отклонением в 0,9 секунды. Это было необходимо главным образом для навигационных систем, основанных на небесных наблюдениях. В самом начале UTC корректировалось с очень маленьким шагом по времени и частоте. Начиная с 1972 года стали использоваться целочисленные значения дополнительных секунд (см. рисунок).

“ В контексте управления сложными системами применение дополнительной секунды на всех спутниковых часах в один и тот же момент времени сопряжено с рисками. ”





Источник: BIPM

## Технологические компании, которые используют альтернативы дополнительной секунде

При использовании дополнительной секунды последовательность секунд выглядит так, как показано ниже. Вводимая дополнительная секунда обозначается как 23:59:60, то есть как время, не предусмотренное в большинстве современных цифровых систем.

Это противоречие привело к широкому распространению особых методов, которые все чаще используются в качестве альтернативы дополнительной секунде.

Например, Google размазывает дополнительную секунду по предыдущим 24 часам, Facebook — по последующим 18 часам, Microsoft — по предыдущим двум секундам, а Alibaba — по интервалу в 24 часа, на середину которого и приходится дополнительная секунда.

## Риски, с которыми сопряжено использование дополнительных секунд

В контексте управления сложными системами применение дополнительной секунды на всех спутниковых часах в один и тот же момент времени сопряжено с рисками. Именно поэтому в большинстве глобальных навигационных спутниковых систем (за исключением ГЛОНАСС) было принято решение изначально синхронизировать свои часы и шкалу времени с UTC, не добавляя никаких дополнительных секунд.

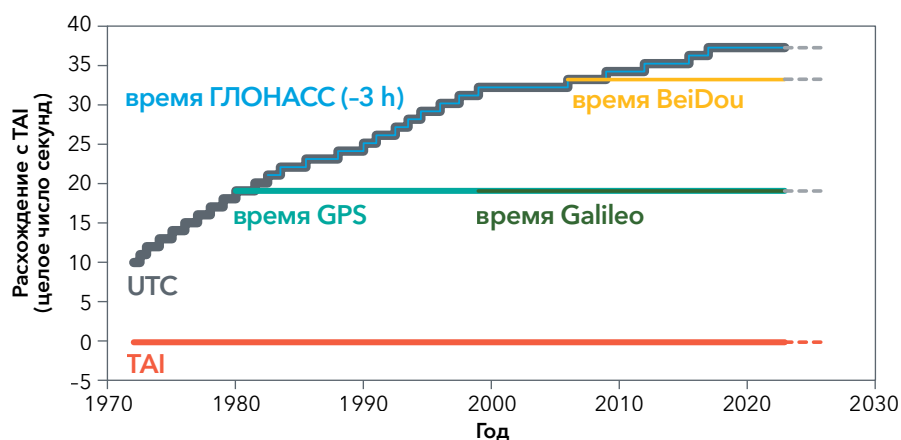
Вследствие этого на сегодняшний день время GPS опережает UTC на 18 секунд. То же самое относится и ко времени Galileo, а время BeiDou опережает UTC на четыре секунды (см. рисунок).

Такая ситуация приводит к путанице для пользователей в тот день, когда вводится дополнительная секунда. Кроме того, в связи с этим возникают опасения по поводу риска возникновения аномалий, которые могут подорвать надежность важнейших объектов национальной инфраструктуры.

На этом рисунке показано расхождение UTC и UT1 относительно Международного атомного времени (TAI) с начала отсчета атомного времени. TAI и UTC были согласованы с UT1 в 1958 году.

UTC = Всемирное координированное время  
 UT1 = Всемирное время 1  
 TAI = Международное атомное время

23:59:59  
 23:59:60  
 00:00:00



Источник: ВРМ

## Поддержание согласованности UTC с вращением Земли

На 27 м заседании Генеральной конференции по мерам и весам, состоявшемся в ноябре 2022 года, было принято решение сохранить существующий порядок поддержания согласованности UTC с вращением Земли. Вместе с тем это решение предусматривает использование более широкого диапазона допустимых отклонений, чем 0,9 секунды, и, соответственно, введение более значительных корректировок, потребность в которых, однако, будет возникать реже, в целях обеспечения непрерывного использования UTC в течение по меньшей мере следующих 100 лет.

В настоящее время ВРМ совместно с МСЭ-R и другими организациями ведет работу по разработке нового порядка, который, как ожидается, вступит в силу в 2035 году. Он будет предусматривать установление нового значения допустимого расхождения UT1-UTC в целях обеспечения того, чтобы UTC продолжало эффективно и действенно использоваться в работе текущих и будущих приложений измерения времени.

На этом рисунке показано расхождение между UTC, внутренними шкалами времени глобальных навигационных спутниковых систем и TAI.

“ В настоящее время ВРМ совместно с МСЭ-R и другими организациями ведет работу по разработке нового порядка, который, как ожидается, вступит в силу в 2035 году. ”



Adobe Stock

## Используемые в настоящее время шкалы времени

Вадим Ноздрин, советник исследовательских комиссий,  
7-я Исследовательская комиссия МСЭ-R (Научные службы)

Поскольку любое событие может быть определено тремя пространственными и одной временной координатами, время должно быть нормативно определено и всемирно синхронизировано с высокой точностью. Шкала времени – это, по сути, упорядоченный набор отметок шкалы с соответствующей нумерацией.

В настоящее время в той или иной степени используются четыре шкалы времени:

- UT1** – всемирное время - UT1;
- ET** – эфемеридное время - ET;
- TAI** – международное атомное время - TAI;
- UTC** – всемирное координированное время - UTC.



“  
Время должно  
быть нормативно  
определено  
и всемирно  
синхронизировано  
с высокой  
точностью.”

Вадим Ноздрин



Всемирное время, или **UT1**, определяется на основе наблюдения за вращением Земли. Оно пропорционально углу поворота Земли вокруг своей оси. Коэффициент пропорциональности выбирается таким образом, чтобы 24 часа UT1 были близки к средней продолжительности суток, а фаза определяется таким образом, чтобы ноль часов UT1 соответствовал средней полночи на линии меридиана в Гринвиче, Соединенное Королевство.

Под секундой UT1 понимается  $1/86400$  средних солнечных суток. До 1960 года она была равна одной секунде в Международной системе единиц (СИ).

До 1972 года UT1, которое рассчитывается и поддерживается Международной службой вращения Земли и систем отсчета (IERS, ранее – Международная служба вращения Земли), было общепринятой во всем мире эталонной шкалой времени.

Однако астрономы доказали, что тропический год (под которым понимается промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра Солнца через точку весеннего равноденствия) позволяет получить более стабильные временные интервалы, нежели сутки. Иными словами, использование орбитального движения Земли вокруг Солнца обеспечивает более точное хранение времени, чем использование суточного вращения Земли.

Эфемеридное время, или **ЕТ**, определяется на основе значения средней долготы Солнца. Оно было установлено таким образом, чтобы UT1 и ЕТ приблизительно совпадали в 1900 году.

Секунда ЕТ была определена как  $1/31556925,9747$  тропического года 31 декабря 1899 года (или в 12 часов ЕТ 0 января 1900 года, согласно техническому определению ВРМ). Это значение секунды использовалось в качестве единицы СИ с 1960 по 1967 год.

“  
Всемирное  
время, или UT1,  
определяется на  
основе наблюдения  
за вращением  
Земли.”



В отличие от двух рассмотренных выше шкал времени, международное атомное время, или **TAI**, определяется на основе временного интервала, определяемого физическим явлением. Этот стандарт времени координируется Международным бюро времени (Bureau international de l'heure - BИH) на основе показаний атомных часов, работающих в национальных лабораториях в разных частях мира.

С 1967 года единицей времени СИ является атомная секунда. Она определяется как время, равное 9 192 637 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133.

Начало отсчета времени TAI было официально согласовано таким образом, чтобы оно совпало с UT1 1 января 1958 года. С тех пор атомное время определяется Секцией времени Международного бюро мер и весов (Bureau international des poids et mesures - BIPM), которая собирает и обрабатывает показания около 450 атомных часов, расположенных в 85 странах.

Однако вскоре возникла идея объединить различные шкалы времени в целях повышения точности. Это привело к тому, что в 1972 году был принят новый, координированный глобальный стандарт времени.

Всемирное координированное время, или **UTC**, определяется следующей системой уравнений:

$$\text{UTC}(t) - \text{TAI}(t) = n \text{ сек.}$$

(где  $n$  - целое число, в настоящее время  $n=34$  сек.)

$$|\text{UTC}(t) - \text{UT1}(t)| < 0.9 \text{ сек.}$$

Тем не менее колебания скорости вращения Земли приводят к расхождению между UT1 и TAI. В таких случаях IERS может принимать решение о регулировке секунды в соответствии с прогнозируемым расхождением между шкалами времени. Соответственно, в конце месяца добавляются (или, возможно, вычитаются) дополнительные секунды.



*Начало отсчета времени TAI было официально согласовано таким образом, чтобы оно совпало с UT1 1 января 1958 года.*



## Устранение расхождений

Хотя ВРМ рассчитывает и распространяет стандартную шкалу времени UTC, пользователи по всему миру имеют доступ к локальным значениям UTC, определяемым национальными лабораториями (UTC(k)), которых в мире насчитывается около 85; они координируются как с UTC, так и друг с другом.

Местные лаборатории, представленные UTC(k), распространяют эталонный стандарт на своих территориях за счет различных средств. К числу таких средств относятся: вещание в рамках ССЧСВ (службы стандартных частот и сигналов времени) и СССЧСВ (спутниковой службы стандартных частот и сигналов времени); радиовещательной спутниковой службы, фиксированной спутниковой службы, радионавигационной спутниковой службы, метеорологической спутниковой службы, а также по наземным сетям через оптический или коаксиальный кабель.

Международный союз электросвязи (МСЭ) играет ведущую роль в формировании и глобальном распространении стандартных частот и сигналов точного времени. В соответствии с рекомендациями Сектора радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) все излучения стандартных частот и сигналов времени должны соответствовать UTC.

Согласно требованиям ВРМ, максимальное расхождение между UTC и UTC(k) должно находиться в пределах  $\pm 1$  миллисекунды. Для целей радиосвязи МСЭ-R рекомендует соблюдать более строгое ограничение, составляющее  $\pm 100$  наносекунд.



*В соответствии с рекомендациями МСЭ-R все излучения стандартных частот и сигналов времени должны соответствовать UTC.*



# Шкалы времени

## Всемирное время

Всемирное время (UT) – это общее обозначение шкал времени, основанных на вращении Земли.

В случае применений, требующих точной хронометрии, в которых не допускаются расхождения даже в несколько сотых долей секунды, должны использоваться конкретные виды UT:

**UT0** среднее солнечное время нулевого меридиана, полученное из непосредственных астрономических наблюдений; observation.

**UT1** время UT0, скорректированное с учетом эффекта малых перемещений Земли относительно оси вращения (полярное колебание). UT1 непосредственно отражает угловое положение Земли в пределах суточного вращения и представляет собой форму, рекомендованную МСЭ для целей радиосвязи (Рек. МСЭ-R TF.460);

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

С определениями этих терминов и связанных с ними понятий можно ознакомиться в публикациях IERS (Париж, Франция).

## Международное атомное время

**TAI** Международная эталонная шкала атомного времени (TAI), в основе которой лежит секунда (СИ), реализованная на вращающемся геоиде, формируется BIPM на основе показаний часов, поступающих от сотрудничающих учреждений. Это время представляется в виде непрерывной шкалы, например в днях, часах, минутах и секундах при отсчете от 1 января 1958 года (принято ГКМВ в 1971 году).

## Всемирное координированное время

**UTC** шкала времени, поддерживаемая BIPM совместно с IERS, которая служит основой для координированного распространения стандартных частот и сигналов времени. Хотя по скорости эта шкала в точности соответствует TAI, они различаются на целое число секунд.

Шкала UTC корректируется посредством добавления или исключения секунд (положительные или отрицательные дополнительные секунды), с тем чтобы обеспечить приблизительное согласование с UT1.



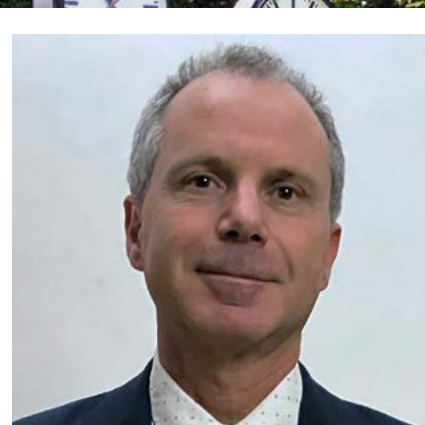
Adobe Stock

## Синхронизация и влияние разрывов в UTC

Стефано Руффини, Докладчик по Вопросу 13/15, 15-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т, и Сильвана Родригес, старший ведущий системный инженер, Huawei

Точная синхронизация имеет решающее значение для обеспечения эффективной работы сетей электросвязи.

В современных сетях 5G синхронизация важна как никогда, и она будет играть еще более важную роль в будущих сетях подвижной связи, в которых новые технологии радиосвязи и новые архитектуры сетей будут содействовать реализации сценариев использования, сопряженных со все большими требованиями, например в рамках чувствительных ко времени сетей для автоматизированных транспортных средств или управления роботами на умных заводах.



Стефано Руффини



Сильвана Родригес



## Временная синхронизация

Эталоны временной синхронизации в электросвязи иногда подразумевают использование непрерывных шкал времени, а не шкал времени, в которых используются дополнительные секунды.

В состав Сектора стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – одного из трех секторов Международного союза электросвязи – входит группа экспертов по показателям синхронизации сетей и распределения сигналов времени (рассматривающая Вопрос 13 15-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т).

Приложения, рассматриваемые в рамках Вопроса 13/15, по большей части требуют применения непрерывной шкалы времени. Соответствующие требования к характеристикам, по сути, основываются на непрерывном идеальном эталонном сигнале хронометрирования (например, в показателях, определенных в Рекомендациях МСЭ-Т G.810 и G.8260).

## Типы синхронизации

В электросвязи применяются различные типы синхронизации:

- **Частотная синхронизация** – значимые события происходят на одной и той же частоте.
- **Фазовая синхронизация** – значимые события происходят в один и тот же момент времени.
- **Временная синхронизация** – значимые события происходят в один и тот же момент времени и относятся к одной и той же шкале времени и эпохе.

Частотная синхронизация обычно осуществляется по всемирному координированному времени (UTC), также известному как международная эталонная шкала времени. Например, в примечании в Рекомендации МСЭ-Т G.810 говорится:

*Эталонная частота для сетевой синхронизации – это частота, на которой генерируется шкала времени UTC.*

## Непрерывная шкала времени для частотной синхронизации

Использование непрерывной шкалы времени важно для применений, в которых используется частотная синхронизация, поскольку скачки фазы могут оказывать негативное влияние на эффективность функционирования.

Это также относится и к временной синхронизации. Собственно говоря, требования, обсуждаемые в настоящее время в рамках Вопроса 13/15, в основном взяты из спецификаций 3GPP (Проекта партнерства третьего поколения), в которых содержится явное требование, касающееся использования непрерывной шкалы времени.



*Точная синхронизация имеет решающее значение для обеспечения эффективной работы сетей электросвязи.*

Стефано Руффини и Сильвана Родригес

**G.810:** Определения и терминология для сетей синхронизации  
**G.8260:** Определения и терминология для синхронизации в пакетных сетях



*Использование непрерывной шкалы времени важно для применений, в которых используется частотная синхронизация, поскольку скачки фазы могут оказывать негативное влияние на эффективность функционирования.*



Одним из примеров может служить спецификация [TS 38.401](#), в которой говорится следующее:

*... непрерывное время без дополнительных секунд, которое может быть проверено на соответствие общему эталону времени для всех gNBs в синхронизированной зоне одноадресной передачи TDD. В случае если зона одноадресной передачи TDD не изолирована, общий эталон времени должен быть проверен на соответствие Всемирному координированному времени (UTC).*

### Риск возникновения помех при использовании несинхронизированных базовых станций

Time division duplex (TDD) signals can be transmitted in uplink or downlink according to a specific timeslot allocation. This requires UTC traceability to coordinate the transmission of the start of radio frames between adjacent base stations, thereby preventing interference or, in the worst case, service stoppage.

Station-to-base interference can occur if base stations are not properly synchronized, and the time synchronization error exceeds some predefined limits. (See the two figures below for an example related to downlink and uplink switching.)

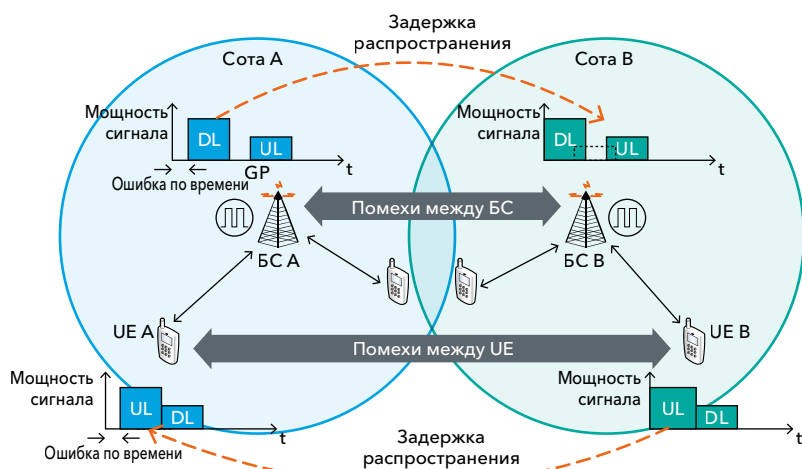
В Дополнении VI (Аспекты временной синхронизации в системах подвижной связи на базе TDD) Рекомендации МСЭ G.8271 отмечается:

*С учетом требований 3GPP, касающихся непрерывной шкалы времени, при фактической реализации в этом случае может использоваться содержание распределенной информации о UTC, на которую не влияют дополнительные секунды, например время GPS в случае, если эталон передается сигналом GPS.*

gNB = узел В 5G (NR)  
TDD = дуплексный режим с временным разделением

“Шкала времени GPS получила широкое распространение в применениях электросвязи как единственная шкала времени без дополнительных секунд, доступная во всем мире.”

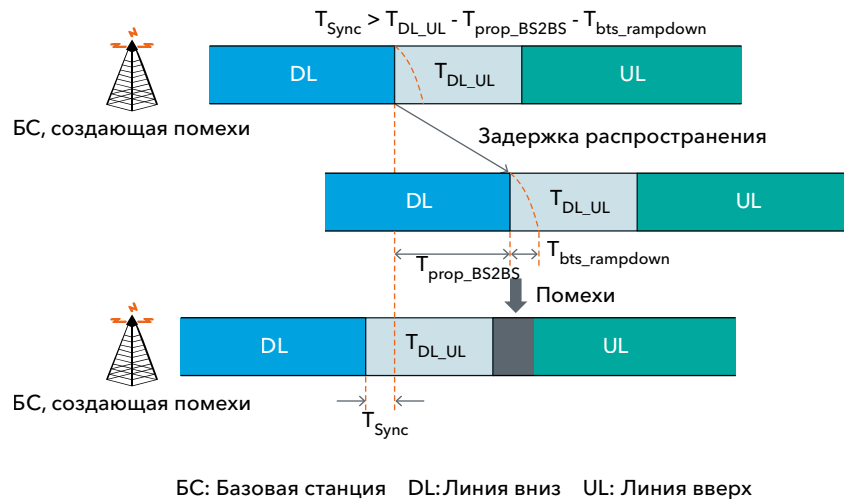
### Обзор схем помех в системах мультиплексирования с временным разделением каналов



БС: Базовая станция DL: Линия вниз GP: Глобальное позиционирование  
UE: Оборудование пользователя UL: Линия вверх

Источник: Дополнение 6, рис. VI.5/G.8271

Взаимные помехи, создаваемые базовыми станциями в точке переключения между линией вниз и линией вверх



Источник: Дополнение 6, рис. V1.5/G.8271

### Время GPS без дополнительных секунд

Шкала времени Глобальной системы определения местоположения (GPS) получила широкое распространение в приложениях электросвязи как единственная шкала времени без дополнительных секунд, доступная во всем мире.

Современные решения GPS позволяют избегать сбоев в работе часов благодаря использованию шкал времени и информации, не предусматривающих введение дополнительных секунд. Например, шкала времени протокола точного времени (PTP) основана на международном атомном времени (TAI) или времени GPS.

Для применений, требующих стандартной информации о времени суток (например, для зарядки, сигнальных меток времени и т. д.), может также потребоваться восстановление времени UTC. В таких приложениях должны быть предусмотрены решения для таких случайных, внезапных скачков времени.

### UTC без дополнительных секунд

Для электросвязи могут оказаться полезными меры по определению непрерывного UTC без введения дополнительных секунд либо такого UTC, в котором периодические корректировки будут осуществляться через достаточно длительные периоды времени во избежание воздействия на нормальное функционирование сети.

“Для электросвязи могут оказаться полезными меры по определению непрерывного UTC без введения дополнительных секунд.”



# Влияние UTC на индустрию 4.0

Томаш Видомски, соучредитель, Elproma

Глобальная экономика зависит от глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), которая обеспечивает эталон всемирного координированного времени (UTC) для важнейшей современной инфраструктуры во всем мире.

“Глобальная экономика зависит от ГНСС, которая обеспечивает эталон UTC для важнейшей современной инфраструктуры во всем мире.”

Томаш Видомски

## Глобальная цепочка поставок



Источник: ITFS 2020

Сюда относятся распределенные умные сети, сети электросвязи 5G, системы управления дорожным движением и автономные транспортные средства. Все это обеспечивает поддержку функционирования радиовещательных служб, финансовых рынков и умных городов, а также систем индустрии 4.0, перенесенных в облако.

## Проблемы индустрии 4.0, связанные с дополнительными секундами

Прерывистый характер UTC, из-за которого периодически возникает потребность в добавлении дополнительной секунды, оказывает воздействие на все страны и все сегменты экономики. Это создает особую проблему для стабильности и кибербезопасности индустрии 4.0 – современных отраслей промышленности и услуг, в основе которых лежит архитектура распределенных систем.

Проблемы, связанные с дополнительной секундой, существуют уже много лет. Однако стремительно растущая автоматизация и тесная взаимозависимость всех систем индустрии 4.0 привели к необходимости незамедлительного прекращения использования дополнительных секунд в будущем.

Ситуация усугубляется отсутствием стандартов в обслуживании дополнительных секунд, вялым диалогом между сообществом специалистов в области информационных технологий (ИТ) и сообществом специалистов в области метрологии времени, разнообразием реализаций приемников ГНСС и различием подходов к предоставлению услуг с помощью глобальных навигационных спутниковых систем, таких как Глобальная система определения местоположения (GPS), Galileo, Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) и BeiDou, а также региональных систем, таких как Индийская региональная навигационная спутниковая система (IRNSS).

## Сценарии сбоев

К числу проблем, возникающих при добавлении дополнительных секунд к UTC, могут относиться следующие:

- 1. Расхождение показателей времени** в распределенных системах, в которых достоверность данных определяется разницей между временными метками для удаленного датчика и локального принимающего сервера централизованного управления. Это может приводить к обработке неверных данных (неверно рассчитанной задержке) и, как следствие, к ненадлежащему диагностическому техническому обслуживанию в рамках индустрии 4.0. Подобные риски будут возрастать с расширением внедрения чувствительных ко времени сетей (TSN), координированных по времени вычислений (TCC), а также (в будущем) сетей с малой задержкой.
- 2. Отказы микропрограммного/программного обеспечения** для интернета вещей (IoT) и ИТ-устройств на базе операционных систем Windows, Linux или Unix. Микропрограммное обеспечение каждого датчика или устройства, производимого в настоящее время, основано на одной из этих систем. Внезапные сдвиги времени, обусловленные дополнительной секундой, несут опасность для стабильности ядра операционной системы. Они приводят к нарушениям низкоуровневой хронологии событий, которая определяет управление многозадачностью и низкоуровневыми системными процессами. Несоответствие хронологии может привести к панике ядра – компьютерной ошибке, после которой операционная система не может быстро и легко восстановиться.



*Тесная взаимозависимость всех систем индустрии 4.0 привела к необходимости незамедлительного прекращения использования дополнительных секунд в будущем.*



При таких сценариях дополнительная секунда UTC может вызвать масштабный эффект домино, который приведет к отключениям в энергосистемах и электросвязи, а также к сбоям в работе железных дорог, управлении воздушным движением и автоматизации процессов в рамках индустрии 4.0. Если не будет введен запрет на использование дополнительной секунды, рано или поздно такие сбои произойдут.

## Риски для индустрии

Сегодня мы сталкиваемся с вероятностью того, что в будущем дополнительная секунда UTC впервые в истории станет отрицательной. В производственных условиях индустрии 4.0 это будет опасным экспериментом.

Хотя дополнительная секунда UTC является основным фактором риска, это не единственный риск для индустрии 4.0. С момента выпуска в 1990-х годах первого коммерческого приемника GPS было введено в эксплуатацию несколько сотен миллионов коммерческих приемников ГНСС, которые используются в качестве эталонов UTC. Однако UTC, рассчитанное одним из приемников, будет на доли секунды отличаться от UTC другого приемника вследствие различий во внутренних алгоритмах и в зависимости от используемой в данный момент группировки ГНСС.

Точность синхронизации UTC также зависит от погодных условий, качества установки антенн, помех и кибербезопасности, включая глушение/спуфинг ГНСС. Риск также может быть обусловлен возникновением внутренних ошибок ГНСС (например, [продлившийся 13,5 микросекунды \( \$\mu\text{s}\$ \) сбой GPS в январе 2016 года после вывода из эксплуатации спутника SVN23](#)) или переполнений, таких как перенос номера недели GPS, происходящий каждые 19,7 лет.

Другие группировки ГНСС также несовершенны.

## Синхронизация в интересах кибербезопасности

Очевидно, что нам необходима смена парадигмы безопасности, начиная с признания синхронизации точного времени важной частью обеспечения кибербезопасности индустрии 4.0.

Хорошим примером может служить указ Президента США № 13905 Укрепление национальной устойчивости с помощью ответственного использования услуг позиционирования, навигации и синхронизации, изданный в феврале 2020 года. Этот указ положил начало формированию новых коммерческих спутниковых группировок на низкой околоземной орбите (LEO). Но важнее всего то, что он также способствовал внедрению протоколов синхронизации компьютерных сетей, таких как сетевой протокол времени (NTP) и протокол точного времени (PTP) IEEE1588, которые передают UTC от национальных метрологических учреждений.

Если сетевой протокол времени изначально был разработан в расчете на использование UTC, то протокол точного времени может работать с любой шкалой времени, в том числе с эквивалентом согласованного международного атомного времени (TAI).



*Нам необходима смена парадигмы безопасности, начиная с признания синхронизации точного времени важной частью обеспечения кибербезопасности индустрии 4.0.*



Adobe Stock

## Временная синхронизация в центрах обработки данных

Олег Облеухов, инженер-технолог, Meta, и Ахмад Бягови, научный сотрудник, Meta

Временная синхронизация чрезвычайно важна практически для всех программных приложений в центрах обработки данных. Время используется для соотнесения и упорядочивания одновременных событий на миллионах серверов.

В сфере безопасности надежная хронометрия необходима для определения срока действия кеша и необходимости его аннулирования, проверки действительности сертификатов с коротким сроком действия и обнаружения вторжений. Временная синхронизация помогает инженерам соотносить записи в журналах, где часто используется всемирное координированное время (UTC).

Поскольку пропускная способность транзакций постоянно увеличивается, разница во времени даже в пару миллисекунд может приводить к серьезным проблемам. Поэтому важнейшее значение имеет то, каким образом время достигает центра обработки данных и распространяется по нему.



Олег Облеухов



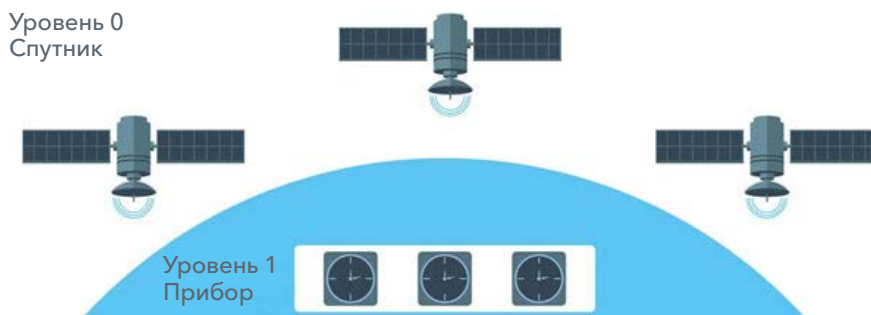
Ахмад Бягови



## Глобальные навигационные спутниковые системы

Существуют различные способы передачи точного времени в центры обработки данных. Во многих случаях этот процесс начинается с приема сигнала радиочастотного вещания от группировок глобальных национальных спутниковых систем (ГНСС), таких как GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, с помощью специальных устройств, называемых приборами времени.

### Взаимодействие между спутниками ГНСС и приборами времени



Источник: Олег Облеухов и Ахмад Бягови, Meta

Вследствие неравномерности вращения Земли расхождение между монотонно увеличивающимся международным атомным временем (TAI) и UTC постоянно колеблется и в какой-то момент достигает предельного значения в  $\pm 500$  миллисекунд. В таком случае Международная служба вращения Земли и систем отсчета (IERS) издает распоряжение о добавлении к UTC или удалении из UTC одной дополнительной секунды.

Ситуация осложняется тем, что в каждой спутниковой группировке используется свое собственное оперативное время и свои собственные дополнительные этапы перевода в UTC. Например, время GPS характеризуется постоянным 19 секундным смещением по сравнению с TAI, в то время как время ГЛОНАСС базируется на UTC.

Такие сложности зачастую затрудняют функционирование приборов времени и, как и в случае с любыми другими нестационарными системами, периодически приводят к проблемам.

### Прибор времени с открытым исходным кодом

В рамках проекта Meta Open Compute Project (OCP) мы начали деятельность по направлению работы [Time Appliances Project](#) в целях разработки прибора времени с открытым исходным кодом. Мы хотели избавить отрасль от проприетарных решений, обеспечить прозрачность и существенно снизить стоимость прибора времени.



Временная синхронизация чрезвычайно важна практически для всех программных приложений в центрах обработки данных. ”

Олег Облеухов и  
Ахмад Бягови



Не пора ли оставить дополнительную секунду в прошлом?

Прочитайте [статью](#).



При реализации программного обеспечения для прибора времени с открытым исходным кодом нам пришлось разработать сложную логику работы с различными спутниковыми группировками и индикаторами дополнительной секунды для получения TAI. Мы опубликовали [статью](#) с подробным описанием нашего подхода, целей и процесса создания нашего прибора времени.

После синхронизации прибора времени он готов передавать время по сети с коммутацией пакетов.

### Сетевой протокол времени

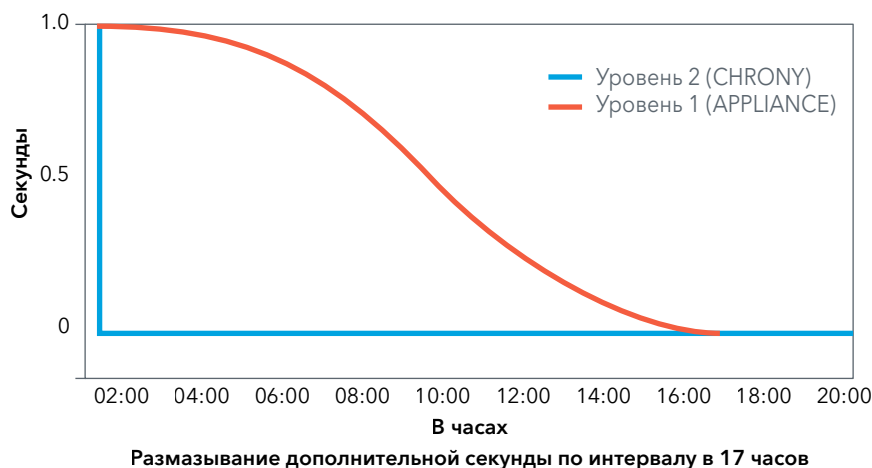
Сетевой протокол времени (NTP) является одним из наиболее распространенных видов временной синхронизации в центрах обработки данных. Это очень надежная, проверенная временем технология. NTP используется в большинстве серверов и устройств конечных пользователей во всем мире для обеспечения актуальных данных о времени.

В Meta используется [современный NTP с низким уровнем дрожания](#), который мы постоянно проверяем с помощью высокоточной и чрезвычайно надежной синхронизирующей аппаратуры. NTP может гарантированно повысить уровень синхронизации до сотен микросекунд с окном неопределенности менее 100 миллисекунд.

В связи с этим существуют два варианта обработки события, связанного с введением дополнительной секунды: скачкообразное изменение времени или размазывание скачка.

Как известно, [скачкообразное изменение времени вызывает проблемы](#), поэтому в большинстве случаев предпочтительным вариантом является размазывание (метод распределения, или размазывания времени по интервалу в несколько часов в целях учета дополнительной секунды). Наше оборудование позволяет измерять эффект от размазывания дополнительной секунды с точностью до нескольких наносекунд (см. рисунок).

### Смещение относительно истинного времени



Источник: Олег Облеухов и Ахмад Бягови, Meta

### Некоторые компоненты, необходимые для создания прибора времени

ОСР-сервер Tioga Pass



Карта NVIDIA Mellanox ConnectX-6 Dx



Карта времени Facebook



Источник: Олег Облеухов и Ахмад Бягови, Meta

По результатам этих измерений мы узнали, что размеры корректировок могут достигать десятков микросекунд в секунду, то есть быть достаточно большими, чтобы вывести из строя программное обеспечение, если не использовать монотонные часы. Это создает дополнительную нагрузку для наших инженерных групп и зачастую приводит к проблемам в различных частях инфраструктуры.

Подобная нагрузка ощущается в рамках **всей цифровой индустрии**. С учетом этих проблем мы не имеем позитивных ожиданий в отношении первой в истории отрицательной дополнительной секунды.

## Протокол точного времени

Несмотря на то что сетевой протокол времени на сегодняшний день подходит для большинства пользовательских приложений, мы считаем, что его все труднее или даже невозможно использовать в распределенных системах хранения данных, в которых приложения с высокими требованиями требуют гораздо более жестких гарантий.

Именно поэтому такие компании, как Meta, **внедряют** дополнительные решения в области синхронизации, такие как протокол точного времени, сокращая окно неопределенности до наносекунд.

При таком уровне точности безопасно размазать дополнительную секунду становится просто невозможно. Поэтому протокол точного времени в большинстве случаев используется с TAI. Когда требуется преобразование в UTC, его приходится выполнять отдельно для каждого клиента, что приводит к ухудшению окна неопределенности на несколько порядков.

## Время пришло

Мы поддерживаем решение Международного бюро мер и весов (BIPM) об отказе от практики использования дополнительной секунды к 2035 году.

Фиксированное UTC будет медленно расходиться с наблюдаемым солнечным временем, однако это позволит повысить стабильность критически важных систем. Введение дополнительного часа или коррекции летнего времени один раз в несколько тысячелетий будет гораздо более безопасным и устойчивым подходом для всех.



*Мы поддерживаем решение Международного бюро мер и весов (BIPM) об отказе от практики использования дополнительной секунды к 2035 году.*



# Программа Национального центра измерения времени Соединенного Королевства

Хелен Марголис, руководитель Научного отдела по вопросам времени и частоты, Национальная физическая лаборатория, Соединенное Королевство

Время иногда называют невидимым ресурсом. Мы зависим от все более точных сигналов времени в обеспечении функционирования критически важных служб, таких как электросвязь, энергосистемы, банковское обслуживание и транспорт.

Однако многие организации не осознают свою зависимость от времени или не понимают, откуда поступают сигналы времени.

## Чрезмерная зависимость от ГНСС

В большинстве случаев сигналы времени поступают от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Однако эти сигналы слабы, что делает их уязвимыми для глушения или спуфинга, а также для естественных помех вследствие таких явлений, как солнечные бури. Эта уязвимость в сочетании с низкой осведомленностью о том, в какой степени критическая инфраструктура зависит от ГНСС, порождает существенные риски.



*Мы зависим от все более точных сигналов времени в обеспечении функционирования критически важных служб, таких как электросвязь, энергосистемы, банковское обслуживание и транспорт.*

Хелен Марголис



В Соединенном Королевстве эти риски были сформулированы в обзоре Блэккетта 2018 года [Satellite-derived time and position: a study of critical dependencies](#) (Данные о времени и местоположении, получаемые с помощью спутника: исследование важнейших зависимостей) и в 2020 году добавлены в Национальный реестр рисков. И в обзоре, и в реестре четко говорится о необходимости принятия мер по повышению устойчивости к нарушениям в работе ГНСС, включая, когда это целесообразно, внедрение резервных систем.

## UTC(NPL) - альтернативный источник времени

Национальная физическая лаборатория (NPL) в качестве национального института метрологии Соединенного Королевства поддерживает шкалу времени UTC(NPL) - единственную реализацию всемирного координированного времени (UTC) в Соединенном Королевстве - и распространяет ее среди пользователей.

Однако наши существующие службы имеют ограничения либо в плане точности, которую они могут обеспечить, либо в плане географического охвата. Радиосигналы времени MSF и служба времени в интернете относительно неточны, а наша служба NPLTime® на основе оптоволокна для финансового сектора доступна только в ограниченной части Соединенного Королевства.

В целях удовлетворения все более возрастающих требований пользователей и сокращения чрезмерной зависимости важнейших объектов национальной инфраструктуры от ГНСС Национальная физическая лаборатория реализует программу, направленную на значительное расширение инфраструктуры хранения точного времени и наращивание соответствующего потенциала на всей территории Соединенного Королевства.

## Программа Национального центра измерения времени

Основная цель этой программы заключается в создании новой, более устойчивой шкалы времени, которая после полного ввода в действие станет источником UTC(NPL).

Программой предусмотрено создание сети из четырех географически разнесенных объектов, связанных между собой. Каждый из этих объектов будет оснащен несколькими водородными мазерами (излучателями электромагнитных волн), а также соответствующим оборудованием для измерения сигнала, частотного управления и распределения, что позволит реализовать несколько вариантов шкалы времени. Благодаря каналам передачи сигналов времени между объектами все реализации шкалы времени будут согласовываться с единой шкалой, выбранной в качестве UTC(NPL), с помощью различных методов обеспечения устойчивости.

Само UTC(NPL) будет регулироваться таким образом, чтобы оставаться в пределах заданных отклонений от UTC по времени и частоте, что будет обеспечиваться с помощью первичных эталонов с цезиевым фонтаном внутри сети. При необходимости можно будет переключаться между различными реализациями шкалы времени как в пределах одного объекта, так и между разными объектами. В настоящее время разрабатывается программное обеспечение для осуществления мониторинга, контроля и автоматизации функционирования новой инфраструктуры.



*В целях удовлетворения все более возрастающих требований пользователей и сокращения чрезмерной зависимости важнейших объектов национальной инфраструктуры от ГНСС Национальная физическая лаборатория реализует программу, направленную на значительное расширение инфраструктуры хранения точного времени. ”*



Подпись к фотографии:  
цезиевый фонтан,  
созданный NPL

[Узнать больше.](#)

## Стимулирование инноваций

Сигналы точного времени и частоты на основе существующей шкалы времени UTC(NPL) также становятся доступными для пользователей из промышленного и научного секторов благодаря новым инновационным узлам, расположенным в университетах Стратклайда, Суррея и Крэнфилда.

В партнерстве с Innovate UK мы оказываем поддержку исследованиям в области генерирования, распространения и применения данных о точном времени и частоте, а также содействуем развитию цепочки промышленного снабжения. Три инновационных узла, в которых для подключения к UTC(NPL) используются различные методы передачи сигналов времени и частоты, могут служить образцом для создания будущей распределительной инфраструктуры Соединенного Королевства.

## Непрерывная шкала времени в интересах цифрового мира

Новая шкала времени Соединенного Королевства, разумеется, предназначена для использования дополнительных секунд в соответствии с международными стандартами. Это означает, что она обеспечит возможность передавать информацию о дополнительных секундах на узлы доступа пользователей. Однако не все протоколы распространения сигналов времени должным образом обрабатывают дополнительные секунды, а вероятность введения отрицательной дополнительной секунды (чего прежде никогда не было) создает дополнительный риск для устойчивости.

По этим причинам важнейшие заинтересованные стороны в Соединенном Королевстве полагают, что переход на непрерывное UTC без дополнительных секунд – это оптимальный путь к реализации устойчивой точной шкалы времени, обеспечивающей поддержку современной цифровой экономики.

## Видение будущего

Наша долгосрочная цель заключается в том, чтобы создать высокоточную магистраль передачи сигналов времени и частоты, охватывающую территорию всей страны. Филиалы этой магистрали будут предоставлять целый ряд услуг с различными уровнями производительности, часть из которых будут реализовываться с помощью оптоволокна, а другие – с использованием технологий вещания.

Все эти сигналы будут доступны для контроля посредством UTC(NPL) в качестве высшего эталона в Соединенном Королевстве. Цель заключается в том, чтобы обеспечить устойчивое предоставление точного времени, которому пользователи могут доверять, кем бы они ни были и где бы они ни находились.



*Наша долгосрочная цель заключается в том, чтобы создать высокоточную магистраль передачи сигналов времени и частоты, охватывающую территорию всей страны. ”*



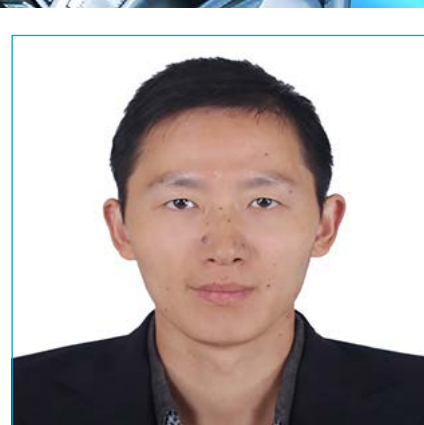
## Навигационная спутниковая система BeiDou и дополнительная секунда UTC

Юйтин Линь, старший инженер Пекинского центра спутниковой навигации; Юаньси Ян, научный сотрудник Государственной ведущей лаборатории геоинформационной инженерии и Бицзяо Сунь, инженер Государственной ведущей лаборатории геоинформационной инженерии, Китай

Наличие непрерывной, стабильной и точной службы передачи сигналов времени является одним из основных условий экономического и социального развития стран. В настоящее время наиболее широко используемый метод передачи сигналов времени поддерживается спутниковыми навигационными системами, которые обеспечивают наиболее высокую точность и самое широкое покрытие.

### Система времени BeiDou

Глобальная навигационная спутниковая система BeiDou (BDS) стала жизненно важной частью этой инфраструктуры хранения времени; с запуском в 2020 году последнего спутника полностью введена в эксплуатацию система третьего поколения BDS-3. В настоящее время группировка BDS насчитывает 45 функционирующих спутников, в том числе 15 спутников BDS-2 и 30 спутников BDS-3, которые совместно обеспечивают обслуживание пользователей. Их точность синхронизации составляет менее 20 наносекунд, что соответствует 95 процентному уровню достоверности.



Юйтин Линь



Юаньси Ян



Бицзяо Сунь

В качестве эталонного времени в BDS используется время навигационной спутниковой системы BeiDou (BDT), в котором происходит непрерывное увеличение секунд СИ (Международной системы единиц) без использования дополнительных секунд.

Началом отсчета времени (эпохой) BDT является 00:00:00 1 января 2006 года по всемирному координированному времени (UTC). Соотношение между BDT и UTC поддерживается китайской национальной лабораторией хранения времени, при этом обеспечивается соблюдение условия о том, что расхождение между BDT и UTC должно находиться в пределах 50 наносекунд (по модулю 1 секунда). Поправки на дополнительную секунду между BDT и UTC распространяются в виде сообщения NAV.

За период с 1972 года UTC 27 раз обновлялось путем введения положительных дополнительных секунд; последний раз это произошло 31 декабря 2016 года. В настоящее время разница между UTC и международным атомным временем (TAI) составляет 37 секунд.

### Влияние дополнительных секунд на системы BeiDou

Дополнительная секунда затрагивает тех пользователей BeiDou, которые в качестве эталона времени используют не UTC, а BDT, будь то для синхронизации времени, выполнения орбитальных измерений, обработки данных или для других целей.

Хотя космические системы отвечают за прием и пересылку параметров дополнительной секунды, на их собственную систему дополнительные секунды не влияют.

Спутниковые навигационные системы обеспечивают предоставление услуг по передаче сигналов времени для объектов критически важной инфраструктуры, например, в сфере электроэнергетики, связи и финансов. Учитывая решающее значение, которое имеет для этих объектов непрерывность отсчета времени, частая обработка дополнительных секунд не способствует их безопасной работе.

Современные наземные системы обрабатывают дополнительную секунду и передают ее пользователям через сообщение NAV. Тем не менее генерирование и вставка таких параметров создают нагрузку, а также сопряжены с вычислительными рисками в операционной системе.

Время на выходе приемника BDS после приема спутникового сигнала – это время UTC. Это означает, что приемник должен учитывать параметры коррекции дополнительных секунд и корректировать разницу во времени.

Если отменить дополнительные секунды, то разница во времени (или целое число секунд) между BDT и UTC будет заранее задаваться в системах как фиксированная константа. Это упростит эксплуатацию и применение системы, повысит ее стабильность и создаст более благоприятные условия для взаимодействия и функциональной совместимости различных глобальных навигационных спутниковых систем.



*Наличие непрерывной, стабильной и точной службы передачи сигналов времени является одним из основных условий экономического и социального развития стран.* ”

Юйтин Линь,  
Юаньси Ян и Бицзяо Сунь



*Хотя космические системы отвечают за прием и пересылку параметров дополнительной секунды, на их собственную систему дополнительные секунды не влияют.* ”

## Предложения по реформе UTC

Последствия и риски, возникающие при осуществлении таких корректировок, привели к тому, что все чаще звучат призывы к проведению реформы UTC и отмене дополнительных секунд. Тема будущего всемирного координированного времени была вынесена на обсуждение Международного союза электросвязи (МСЭ) еще в 1999 году.

В то время представитель Китая в МСЭ предложил продолжить изучение этого вопроса и принять решение после выяснения всех положительных и отрицательных сторон. Впоследствии соответствующие страны и организации продолжили обсуждение вопроса о дополнительной секунде на Всемирной конференции радиосвязи в 2015 году, где было принято решение не вносить никаких изменений в UTC до 2023 года.

В настоящее время в связи с научно-техническим прогрессом необходимость проведения реформы UTC приобрела неотложный характер.

В связи с этим необходимо принять во внимание следующие три основных момента:

1. Будущее UTC должно быть более непрерывным, стабильным и точным. Будучи универсальным стандартом времени для динамично развивающихся стран и обществ, оно должно лучше отвечать потребностям пользователей и соответствовать постоянному развитию науки и техники.
2. Необходимо определить новую продолжительность секунды в целях устранения разницы между продолжительностью атомной секунды, определяемой UTC, и продолжительностью физической секунды, связанной с неравномерностью вращения Земли. Это позволит устранить необходимость во введении дополнительной секунды на 10 000 лет. Разумеется, до вступления в силу новой продолжительности секунды пользователям должно быть предоставлено достаточно времени для всесторонней оценки и обновления существующих систем и программного обеспечения во избежание возможных операционных рисков.
3. Следует каким-то образом сохранить связь UTC со всемирным временем 1 (или UT1, основанным на вращении Земли). В некоторых областях и отраслях, таких как астрономия, геодезия, космические исследования и т. д., по-прежнему преимущественно используется время UT1. Поэтому необходимо также учесть и удовлетворить потребности этих пользователей.



*В настоящее время в связи с научно-техническим прогрессом необходимость проведения реформы UTC приобрела неотложный характер.*





## Практические последствия для астрономии

Деннис Маккарти, представитель Международного астрономического союза в Консультативном комитете по времени и частоте и ВРМ

Астрономические применения, в которых используется действующее определение всемирного координированного времени (UTC) для доступа к UT1 – всемирному времени, основанному на вращении Земли, – испытают на себе последствия любого изменения в определении UTC.

Угол вращения Земли в небесной системе отсчета выражается в виде угла UT1. Текущее определение UTC гарантирует, что разница между UT1 и UTC (то есть  $UT1 - UTC$ ) не может превышать 0,9 секунды, что обеспечивает легкий доступ к UT1 через UTC для тех применений, которые не нуждаются в обеспечении высокой точности.

Если определение UTC будет изменено, то в тех применениях, в которых UTC в настоящее время используется в качестве представления UT1, обладающего меньшей точностью, возможно, потребуется внести изменения в стратегию, обеспечить обновление базового программного обеспечения и проинформировать пользователей об этих изменениях. Кроме того, любое изменение в определении UTC может вызвать беспокойство поставщиков и пользователей астрономических данных.



“Астрономические применения, в которых используется действующее определение UTC для доступа к UT1, испытают на себе последствия любого изменения в определении UTC.”

Деннис Маккарти

К числу таких применений относятся следующие:

- наземные телескопы, антенны и другие инструменты, требующие наведения на точное направление;
- астрономическое программное обеспечение и приложения, опирающиеся на действующее определение UTC;
- астрономические данные в альманахах и на веб-сайтах, в которых используется действующее определение UTC; и
- предоставление наблюдаемых или прогнозируемых данных и значений параметров для описания положения Земли в астрономических системах отсчета.

### Наведение наземных телескопов, антенн и инструментов

Для удовлетворения потребностей тех применений астрономического наведения, которые нуждаются в UT1 с более высокой точностью, в настоящее время используются текущие и прогнозируемые оценки разницы между UT1 и UTC, источником которых является интернет, GPS или BeiDou.

Однако действующее определение UTC не допускает, чтобы значения UT1 и UTC различались более чем на девять десятых секунды. Если это изменится, то, возможно, придется вносить изменения в существующее программное обеспечение, с тем чтобы предусмотреть возможность использования большего количества цифр в значении разницы между UT1 и UTC.

Вместе с тем, если текущие эксплуатационные потребности телескопов в UT1 удовлетворяются при нынешней точности UTC, то, предположительно, такие же требования к точности будут выполняться и в диапазоне  $\pm 1$  секунда от разницы значений UT1 и UTC, и в этом случае корректировки программного обеспечения могут быть минимальными.

Как ожидается, такие вопросы могут быть решены при условии выделения достаточного времени на подготовку к введению нового определения разницы между UT1 и UTC.

### Астрономическое программное обеспечение и приложения

Аналогичным образом, может потребоваться модификация любого существующего программного обеспечения и любых приложений, предполагающих, что UTC фактически эквивалентно UT1, что предусматривает внесение поправок, учитывающих значение разницы между UT1 и UTC. Ожидается, что эти потребности будут удовлетворены с помощью текущих и прогнозируемых приближенных значений разницы между UT1 и UTC на основе данных интернета, а также GPS или BeiDou, однако их программное обеспечение и процедуры могут потребовать внесения изменений.

В свою очередь, эти вопросы могут быть решены при условии выделения достаточного времени на подготовительный этап.



*Может потребоваться модификация любого существующего программного обеспечения и любых приложений, предполагающих, что UTC фактически эквивалентно UT1.*



## Астрономические данные в альманахах и на веб-сайтах

Эфемериды (таблицы с указанием расчетного положения планет, комет или спутников) и прогнозы астрономических явлений рассчитываются с использованием непрерывной шкалы времени, не зависящей от вращения Земли. Таким образом, на эти расчеты не повлияют никакие изменения в определении UTC. Однако полученная в результате информация может опираться на UTC в качестве эталонного времени.

Корректировки UTC непредсказуемы и объявляются лишь за несколько месяцев до их введения. Астрономические эфемериды для будущих дат в пределах более длительных временных интервалов вследствие вводимых в течение этих интервалов непредвиденных корректировок UTC могут оказаться ошибочными.

Таким образом, эфемериды, выражаемые в UTC, только выиграют от отмены корректировок на дополнительную секунду, которые приводят к ошибкам в прогнозах на основе разницы между UT1 и UTC. По сути, будет исключена вероятность возникновения таких ошибок.

## Предоставление наблюдаемых и прогнозируемых значений разницы между UT1 и UTC

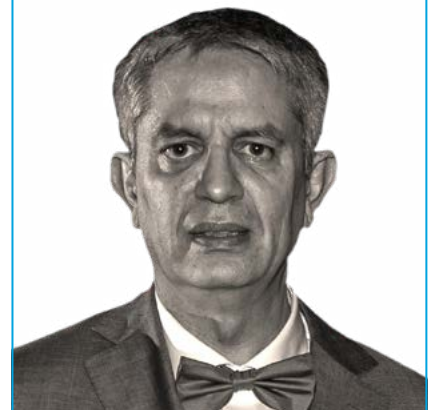
За предоставление наблюдаемых и прогнозируемых значений разницы между UT1 и UTC отвечает Международная служба вращения Земли и систем отсчета (IERS), созданная совместно Международным астрономическим союзом (МАС) и Международным геодезическим и геофизическим союзом (МГФС). В этом качестве она отвечает за объявление о введении поправок в UTC длительностью в одну секунду, известных как дополнительные секунды.

Предлагаемые изменения в определении UTC могут предусматривать, что разница между UT1 и UTC будет составлять более 0,9 секунды. В этом случае роль IERS, которая в настоящее время занимается главным образом объявлением о введении дополнительных секунд, изменится. Тем не менее предложенное новое определение UTC, скорее всего, приведет к тому, что важность деятельности IERS возрастет, при этом приоритетным направлением ее работы станет предоставление данных о разнице между UT1 и UTC, возможно, даже в режиме реального времени.

В целом пересмотр определения UTC, безусловно, будет иметь последствия для астрономической деятельности. Однако при условии выделения достаточного времени на подготовительный этап астрономическое.



*«... предлагаемые изменения в определении UTC могут предусматривать, что разница между UT1 и UTC будет составлять более 0,9 секунды.»*



## Передача размера единицы времени: историческая справка

Кристиан Бизуар, астроном, Парижская обсерватория (SYRTE) и Центр ориентации Земли IERS

Передача размера единицы времени, основанного на вращении Земли и определяемого по среднему солнечному времени ( $t$ ) нулевого меридиана, – древняя практика, которая развивалась с развитием технологий и их приложений.

Уже в XVIII веке передача размера единицы времени осуществлялась с помощью механических часов, которые позволяли отслеживать время в пути при перемещениях на большие расстояния, особенно в море. Это облегчило вычисление периода вращения нулевого меридиана относительно звездного времени по Гринвичу (GST). Тогда по прямому восхождению ( $\alpha$ ) небесного объекта по местному меридиану можно определить долготу местного меридиана [ $\alpha - \text{GST}(t)$ ], что обеспечивает возможность более точной навигации и составления карт.

В XIX веке появилась необходимость передачи размера единицы времени для составления расписания поездов. Рост международной торговли и развитие связи привели к принятию в 1884 году среднего солнечного времени по Гринвичу в качестве всемирного времени (UT). Тем не менее искусственные часы имели недостаточно стабильный ход, чтобы их можно было синхронизировать со временем вращения Земли, и их приходилось корректировать каждые несколько дней по всемирному времени с помощью астрономических наблюдений.

“

*Уже в XVIII веке передача размера единицы времени осуществлялась с помощью механических часов.”*

Кристиан Бизуар



В начале XX века различные радиослужбы по всему миру начали вещание в местных часовых поясах относительно UT. В 1912 году Международное бюро времени (Bureau international de l'heure – BИH) в Парижской обсерватории начало сбор данных для хранения UT.

## Неравномерность всемирного времени

Изобретение кварцевых часов в 1930-е годы изменило правила игры, выявив неравномерность времени UT с сезонными колебаниями около 20 миллисекунд (мс). Более того, сравнение планетарных эфемерид подтвердило колебания всемирного времени в пределах величины до пяти секунд в течение нескольких десятилетий.

На основании древних записей о солнечных затмениях был сделан вывод, что в долгосрочной перспективе продолжительность суток увеличивается со скоростью 1,8 миллисекунды за календарный год (мс/год), что на значительных интервалах времени вызывает уменьшение UT по параболическому закону.

К 1950 м годам появилась возможность повысить стабильность хранения времени, соединив кварцевый генератор с атомным резонатором.

Полученные в результате свидетельства нестабильности вращения Земли привели к обнаружению расхождения между традиционным астрономическим временем (UT1) и более стабильным UT, определяемым по атомным часам. В 1958 году для научных целей было принято международное атомное время (TAI). Тринадцать лет спустя атомная секунда стала общепринятым эталоном времени для всей человеческой деятельности.

## Выравнивание атомного времени с UT1

В 1972 году общепринятой основой для хранения времени во всем мире стало Всемирное координированное время (UTC). Время UTC стабильно как TAI, за исключением того, что иногда его смещают на одну секунду, чтобы оно соответствовало астрономической реальности, оставаясь в пределах 0,9 секунды относительно UT1.

Нескорректированное время TAI, напротив, опередило UT1 примерно на 27 секунд с 1972 года.

Таким образом, UTC поддерживает постоянный компромисс между стабильностью атомных часов и реальностью земных суток.

В 1987 году подразделение BИH, специализирующееся на астрономической деятельности, вошло в состав Международной службы вращения Земли (IERS) (в настоящее время – Международная служба вращения Земли и систем отсчета).

Для принятия решения о сдвиге UTC на одну секунду требуется астрономическое наблюдение за UT1 относительно UTC. В настоящее время Центр ориентации Земли IERS каждые шесть месяцев (1 января и 1 июля) публикует Бюллетень С, объявляя, будет ли 30 июня или 31 декабря добавлена дополнительная секунда к UTC. В период с 1972 по 2017 год UTC было скорректировано на 27 дополнительных секунд, добавление которых столь же непредсказуемо, как и наблюдаемые в течение многих десятилетий долгосрочные колебания продолжительности суток.



*Изобретение кварцевых часов в 1930-е годы изменило правила игры.*

## Дополнительные секунды

За последние 50 лет к UTC было добавлено 27 дополнительных секунд.

### Что изменилось в 1990 е годы?

До 1990 х годов потребности навигации в астрономическом наведении удовлетворялись передачей сигналов UTC по радио, иногда дополнявшейся коррекцией разницы между UT1 и UTC с точностью до 0,1 с, что соответствовало точности 45 метровой экваториальной дуги. На сегодняшний день Парижская обсерватория по мере необходимости публикует такие корректировки разницы между UT1 и UTC в Бюллетене D IERS.

Однако с появлением в 1990 е годы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) прежняя точность хронометрии стала неактуальной. Для определения местоположения в режиме реального времени с точностью до одного метра UT1 должно быть известно как минимум в пределах 2 миллисекунд.

ГНСС и другие астрогеодезические методы основаны на разнице между UT1 и UTC, определенной с помощью интерферометрии со сверхдлинной базой (VLBI). Как указано в Бюллетене A IERS, точность ежедневных рабочих значений этих расхождений, вычисленных с помощью этих методов, достигает порядка 30 микросекунд (мкс), а 20-30 дней спустя в Бюллетене B серии C04 IERS публикуются окончательные значения с точностью до 7 мкс.

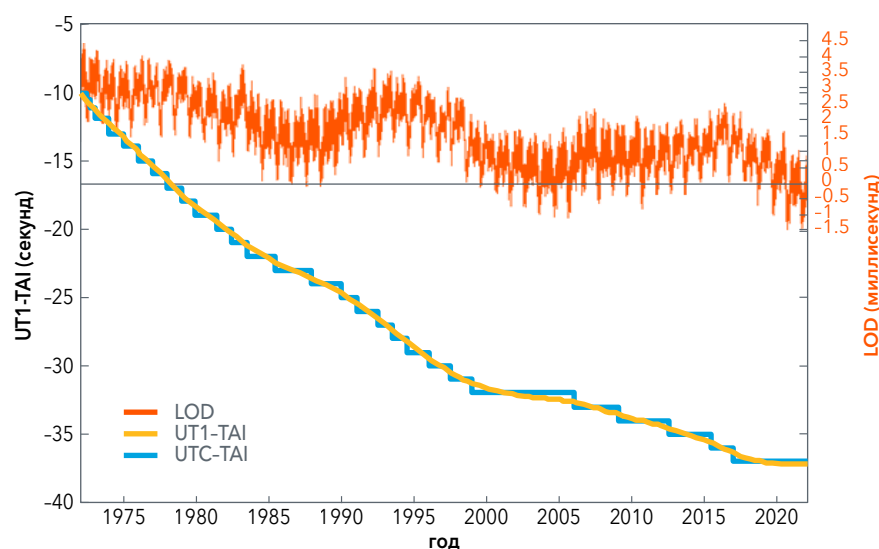
### Отмена дополнительной секунды

За последние 20 лет тесная синхронизация UT1 с UTC стала в значительной степени бессмысленной, и с 2000 года проводились широкие обсуждения возможности отказа от практики применения дополнительной секунды.

Если до 2020 х годов продолжительность суток превышала 86 400 секунд TAI (см. рисунок), то теперь наши сутки становятся короче, а поскольку секунда UT1 в среднем немного короче секунды UTC, график введения дополнительных секунд становится еще более непредсказуемым.

“  
 Наши сутки  
 становятся короче,  
 а поскольку секунда  
 UT1 в среднем  
 немного короче  
 секунды UTC,  
 график введения  
 дополнительных  
 секунд становится  
 еще более  
 непредсказуемым.”

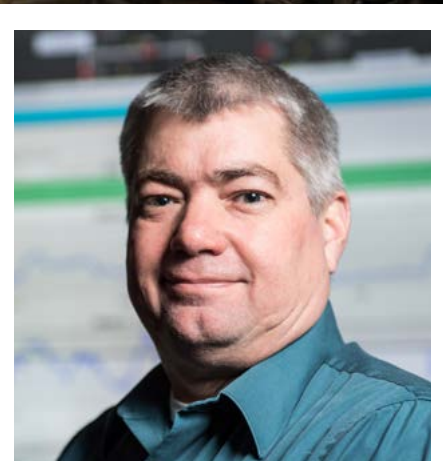
Расхождение между UT1 и TAI и между UTC и TAI с 1972 года



LOD = изменение продолжительности суток относительно 86 400 секунд TAI. Когда LOD положительно, разница между UT1 и TAI уменьшается. Когда LOD отрицательно, эта разница увеличивается.

Источник: Кристиан Бизуар, Парижская обсерватория

Центр управления электроэнергетической инфраструктурой PNNL (EIOC) может служить реалистичной средой диспетчерского центра для целей обучения и тестирования передовых технологий.



## Синхронизация электроэнергетических сетей

Джефф Дагл, главный инженер-электрик Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории (PNNL)

При эксплуатации современной объединенной энергосистемы требуется предельная точность. Множество объектов должны постоянно работать в тесной координации, управляя огромным количеством генераторов и других компонентов, синхронизированных друг с другом.

Системные операторы отслеживают время и в различных сложных приложениях используют всемирное координированное время (UTC). Тем не менее ошибки при измерении и передаче времени не всегда приводят к отказам энергосистемы. Она может работать и без общей синхронизации.

Однако может быть нарушена работа сложных приложений, которые полагаются на точное время, что вызовет проблемы, связанные с надежностью.

Эта статья посвящена тому, как точное время используется в работе энергосистемы, с особым акцентом на роли UTC.

“ В последние десятилетия недорогие и повсеместные услуги передачи точного времени, обеспечиваемые глобальными навигационными спутниковыми системами, позволили проводить сложные измерения. ”

Джефф Дагл

## Приложения в центрах управления

Обычно в центрах управления используется время преобладающего местного часового пояса. Хотя для автоматизированной записи данных иногда применяется время UTC, люди редко используют его при взаимодействии друг с другом, в отличие от других отраслей, где работа ведется в режиме реального времени, охватывая несколько часовых поясов (например, управление воздушным движением). Поэтому при обмене информацией между несколькими организациями важно указывать часовой пояс.

Для регистрации событий и координации действий необходимо точное время. В приложениях, где задействован человек-оператор, дисплеи и другие системы автоматизации могут работать с точностью до ближайшей секунды.

## Распределение нагрузки генератора

Изменения производительности генератора или потребительского спроса приводит к ускорению или замедлению работы системы, измеряемому в десятых или сотых долях герца (Гц). Перераспределение нагрузки генератора – непрерывный процесс, и, хотя для правильной работы схемы необходимо точное измерение частоты, привязка ко времени не требуется.

На следующем рисунке иллюстрируется балансировка генерации и нагрузки для непрерывного поддержания частоты энергосистемы на уровне 60 Гц.

Balancing generation and load to maintain system frequency at all times – shown here for a 60 Hz grid



Источник: PNNL



## Регистрация последовательности событий

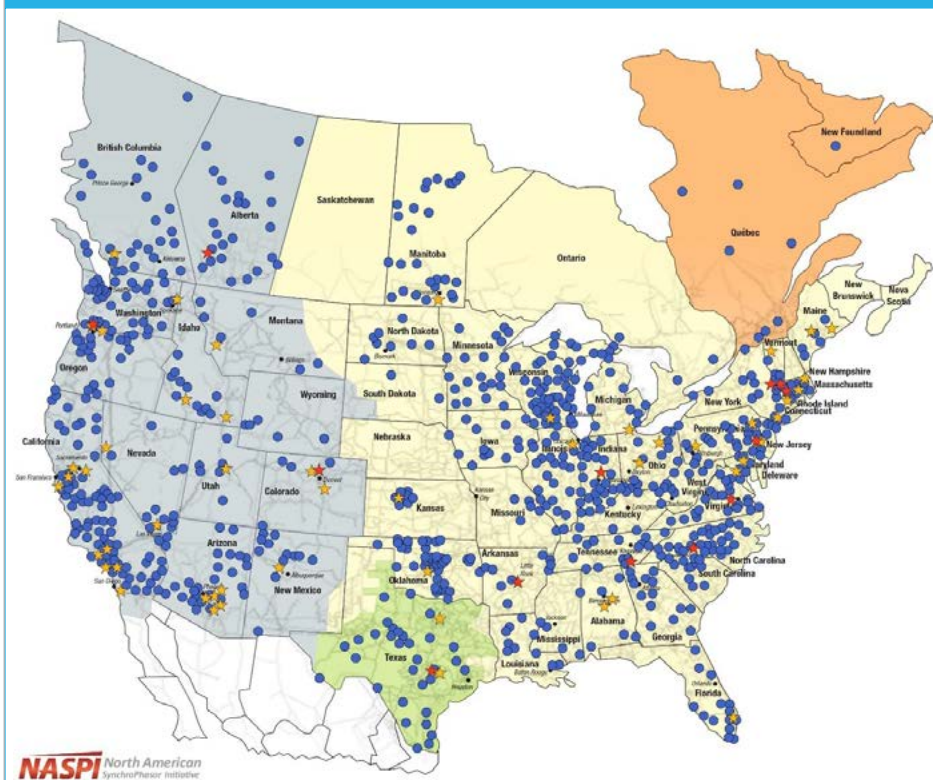
Когда происходит широкомасштабное возмущение энергосистемы (что обычно означает аварийное отключение), требуется сбор информации о событии с достаточной точностью для анализа последовательности каскадных отказов. Поскольку устройства автоматической защиты и управления работают быстро, анализ отдельных событий должен производиться с точностью до миллисекунды, чтобы отследить их последовательность и определить первопричины.

Кроме того, когда событие затрагивает несколько организаций, специалисты по расследованиям ищут данные, синхронизированные с общим эталоном времени. Например, согласно требованиям Североамериканской корпорации по надежности электроснабжения (NERC), эта точность регистрации должна находиться в пределах  $\pm 2$  мс относительно UTC.

## Передовые системы измерения

В последние десятилетия недорогие и повсеместные услуги передачи точного времени, обеспечиваемые глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), позволили проводить сложные измерения. Во всем мире применяются регистраторы векторных параметров (PMU), для которых требуется источник синхронизации времени с точностью, превосходящей 10 микросекунд (мкс), и, поскольку результаты измерений поступают в различные организации, в качестве эталона времени было принято время UTC.

### Расположение сетевых регистраторов векторных параметров в Северной Америке



“ Почти каждый международный технический стандарт, содержащий требования по синхронизации времени, ссылается на UTC. ”

- Места расположения PMU
- ★ Концентратор данных организации, ответственной за передачу
- ★ Региональный концентратор данных

Информация по состоянию на май 2017 г.

Источник: North American SynchroPhasor Initiative (NASPI) и PNNL

Все больше энергетических предприятий внедряют передовые системы измерения для различных автономных приложений и приложений, работающих в режиме реального времени. Поскольку эти системы применяются для решения все более важных прикладных задач, возрастает значение сопутствующих требований к более надежной синхронизации времени.

### Передовые схемы защиты и управления

Международная электротехническая комиссия (МЭК) представила новый международный стандарт автоматизации подстанций, МЭК 61850, в котором для отдельных применений может требоваться точность до 1 мкс. В этом случае данный стандарт также ссылается на UTC как на удобный эталон.

Другие передовые схемы защиты и управления основаны на передовых методах синхронизации времени. Примерами могут служить обнаружение повреждений и защита методом бегущей волны. Ссылка на UTC имеет наиболее важное значение при обмене данными между организациями или при интеграции оборудования нескольких поставщиков в общую схему.

### Влияние дополнительных секунд

Использование UTC в качестве эталона при синхронизации времени выходит далеко за рамки электроэнергетики. Почти каждый международный технический стандарт, содержащий требования по синхронизации времени, ссылается на UTC. Общая привязка ко времени важна при обмене данными между несколькими организациями или объектами.

Время от времени UTC корректируется для сохранения синхронизации с вращением Земли. В некоторых случаях во время такой корректировки РМУ сталкивались с ошибками, связанными с дополнительной секундой, вызванными, очевидно, несоответствиями в реализации систем от разных поставщиков или неадекватными исправлениями, внесенными конечными пользователями.

Хотя введение дополнительной секунды может показаться простым процессом, в момент данного события неизменно обнаруживаются неожиданные проблемы.

Дополнительных секунд можно было бы вообще избежать, перейдя на другую систему отсчета времени, такую как Международное атомное время (TAI). Но, учитывая широкое признание и распространенность UTC, в таком изменении не было смысла.

В будущем чрезвычайно полезным для сектора электроэнергетической инфраструктуры может оказаться сохранение UTC в качестве международного стандарта при меньшем количестве корректировок с применением дополнительной секунды.

Возможно, разумным долгосрочным решением был бы переход на дополнительные минуты и, следовательно, на корректировку наших часов примерно раз в столетие, а не раз в пару лет.



*Возможно, разумным долгосрочным решением был бы переход на дополнительные минуты и, следовательно, на корректировку наших часов примерно раз в столетие, а не раз в пару лет.*

# UTC: прошлое, настоящее и будущее

Андреас Баух, старший научный сотрудник, РТВ (национальный метрологический институт) и Карстен Буквиц, старший советник по спектру, BNetzA (Федеральное сетевое агентство), Германия

Надежный доступ к точному времени уже давно рассматривается как незаменимый фактор обеспечения надлежащего функционирования современной инфраструктуры во всем мире и останется таковым впредь. Большинство пользователей, отраслей и организаций, а также специалистов по хронометрии согласны с необходимостью использования единой универсальной эталонной шкалы времени, и в 1975 году Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) приняла решение, а в 2018 году подтвердила свою рекомендацию по использованию всемирного координированного времени (UTC) в качестве единой шкалы времени как международного эталона и основы системы отсчета времени в гражданских целях.

UTC обеспечивает существенные преимущества по сравнению с другими шкалами времени:

- оно поддерживается Международным бюро мер и весов (BIPM) под руководством ГКМВ при участии лабораторий точного времени многих стран и сотен вовлеченных физиков и метрологов; это делает его не зависящим от влияния какой бы то ни было страны, политической власти или коммерческой организации.



Андреас Баух



Карстен Буквиц

- Хотя UTC широко признано в качестве практического источника времени и частоты во многих странах, лишь в некоторых из них в качестве официального времени используют UTC плюс соответствующее смещение. Одна из таких стран – Германия, где в соответствии с законом о единицах измерения и времени от 2008 года применяется UTC плюс смещение на один или два часа в зависимости от сезона.
- UTC распространяется посредством местного приближения в режиме реального времени, или UTC(k), национальным метрологическим институтом (НМИ) или уполномоченным институтом (УИ) в каждой стране. На эти институты возложена ответственность за реализацию и распространение UTC(k), а в некоторых случаях и официального времени внутри страны. В Германии официальное время распространяет Федеральный физико-технический институт (Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB) через радиостанцию стандартных частот DCF77, работающую на частоте 77,5 кГц, а также по телефонной сети общего пользования и интернету.

### Роль МСЭ в распространении сигналов времени

Сектор радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) и его Рабочая группа 7А играют жизненно важную роль в обеспечении технической и регламентарной базы для бесперебойного распространения сигналов времени по всему миру. Определение новых кодов времени и защита служб стандартных частот и сигналов времени остаются важными и постоянными задачами Рабочей группы 7А при поддержке заинтересованных международных организаций.

В ходе десятилетних дискуссий между всеми вовлеченными сторонами был достигнут консенсус в отношении того, что в качестве источников времени не следует использовать альтернативные шкалы времени. Вместо этого необходимо адаптировать практику реализации UTC к требованиям XXI века.

Предыдущие Всемирные конференции радиосвязи проводили слушания по модернизации UTC, а на конференции 2015 года (ВКР-15) рассматривалась возможность получения непрерывной эталонной шкалы времени либо путем изменения UTC, либо каким-либо иным методом. Это обсуждение на ВКР-15 проходило в соответствии с решением предыдущего цикла в форме Резолюции 653 (ВКР-12).

В соответствии с последующей Резолюцией 655 (ВКР-15) Директор Бюро радиосвязи МСЭ отчитается перед предстоящей ВКР-23 о результатах деятельности, связанной с различными аспектами текущих и потенциальных будущих эталонных шкал времени, а также о содержании и структуре сигналов времени, которые должны распространяться системами радиосвязи.



*Большинство пользователей, отраслей и организаций, а также специалистов по хронометрии согласны с необходимостью использования единой универсальной эталонной шкалы времени. ”*

Андреас Баух и  
Карстен Баквиц



*Вместо этого необходимо адаптировать практику реализации UTC к требованиям XXI века. ”*

## Точка зрения Германии

Несколько стран, в том числе Германия, оказали Рабочей группе 7А содействие в подготовке к обсуждению этого вопроса на ВКР 23, при том что подготовительная группа активно работала над этой темой в период с 2015 по 2022 год. Германия одобрила заключительный отчет. Содержание и структура сигналов времени, подлежащих распространению системами радиосвязи, и различные аспекты текущих и возможных будущих эталонных шкал времени, включая их воздействие и применения в радиосвязи (ITU-R TF.2511) вместе с сопутствующей запиской Директору Бюро радиосвязи МСЭ.

Германия полностью поддерживает содержащиеся в отчете выводы и предложения, которые, вероятно, лягут в основу отчета Директора Бюро для ВКР-23.

## Пересмотр Резолюции МСЭ о шкале времени

Многие администрации, включая администрацию Германии, призвали к пересмотру Резолюции 655 (ВКР-15) Определение шкалы времени и распространение сигналов времени с использованием систем радиосвязи. Это необходимо для завершения процесса и адаптации UTC к требованиям будущего.

В ходе дискуссий по этой теме, проводившихся с 2012 года, были получены важные ключевые выводы и уроки:

- ВРМ отвечает за определение и публикацию эталонной шкалы времени UTC в соответствии с резолюцией 2 26-й ГКМВ, состоявшейся в 2018 году;
- ГКМВ определит график и будущее ограничение на величину разницы между UT1 и UTC, как указано в резолюции 4 27-й ГКМВ (2022 год); и
- определение свойств UTC не является задачей, касающейся регулирования использования частотного спектра в рамках МСЭ-R.

## Продолжение диалога, открытого для всех

Заинтересованным пользователям, отраслям и организациям, а также, разумеется, специалистам по хронометрии предлагается принять участие в жизненно важном и необходимом диалоге по этим вопросам в рамках Рабочей группы 7А. Это продолжающееся обсуждение проводится в соответствии с Меморандумом о взаимопонимании между МСЭ и ВРМ, а также в связи с ожидаемым пересмотром Резолюции 655 на ВКР-23.



*Заинтересованным пользователям, отраслям и организациям, а также, разумеется, специалистам по хронометрии предлагается принять участие в жизненно важном и необходимом диалоге по этим вопросам в рамках Рабочей группы 7А.*



# Хронометрия и необходимость обеспечения астрономического соответствия

Преподобный Пол Габор, заместитель директора Ватиканской обсерватории, США

В трактате Платона Тимей (37d и 38b-d) время представлено как годовое и суточное движение небесных тел – движущийся образ вечности. В бесчисленных мировых классических текстах выражается согласие с тем, что астрономические циклы являют собой символическую основу самого времени, как оно воспринимается и переживается человеческим обществом.

Практическим отражением этого принципа служат календари. В их истории проявляется всеобщее стремление к схемам хронометрии, символически связывающим человеческую жизнь с космическими циклами, а календарные сутки – с солнечными.

Символы уходят корнями в [коллективное бессознательное](#) (используя термин Юнга). Поэтому давайте ненадолго приоткроем завесу и посмотрим, как изменения в хронометрии могут повлиять на символические основы общества.



“Астрономические циклы являют собой символическую основу самого времени, как оно воспринимается и переживается человеческим обществом.”

Преподобный Пол Габор

## Отношение общества к науке

В отчете 1985 года об отношении общества к науке ([Public Understanding of Science](#), Королевское общество, Соединенное Королевство, также известен как отчет Бодмера) отмечается разрыв между широкой общественностью и наукой. Чтобы решить эту проблему, поощряются различные программы в области популяризации науки и образования, а также публичные выступления.

Тем не менее последние 28 лет стали временем усиления и дальнейшего углубления антинаучных настроений.

Идея о том, что одно только образование приведет к социальным изменениям, проистекает из редуционистской антропологии, типичной для эпохи Просвещения XVIII века. Позиция Как только люди поймут рациональные причины, они будут вынуждены принять научную точку зрения подразумевает, что единственный путь, открытый для рациональных умов, – это согласиться с техническими и прагматичными аргументами. В нашей жизни много нетехнических аспектов, и предполагается, что все их можно рассматривать на основе рационального подхода.

В то же время одной из важнейших связей, скрепляющих любое человеческое общество, является использование общепринятых символов. Если мы почувствуем, что они принижают наши символы, последует раздор.

Как ученые, мы должны подвергать сомнению все. К сожалению, это привело к тому, что все большее число людей считает, что эксперты и другие представители власти попирают заветные традиции.

Публичные дебаты вокруг пандемии COVID-19 показали, как много людей с подозрением относятся к советам специалистов. Одной из причин может быть социальное отчуждение, когда люди чувствуют себя исключенными из процесса принятия решений, аутсайдерами в своем собственном мире, рушащимся под напором волн быстрых, непрекращающихся и непостижимых изменений.

## Уязвимость единых стандартов

Единые стандарты, применяемые в любом наборе систем и технологий, рациональны и практичны. С другой стороны, однако, навязывание единообразия – это символический жест, ассоциирующийся с властью, завоеванием и господством.

Вот почему необходимо быть вдвойне осторожными в этой области. Бесстрастные изменения могут восприниматься как неуважение, а унификация стандартов – как завоевание.

Календари служат  
связующим  
звеном между  
человечеством и  
космосом.

Л.Э. Доггетт,  
Календари.

(см. P. K. Seidelmann,  
ed., *Explanatory  
Supplement to  
the Astronomical  
Almanac*. University  
Наука Books, 1992,  
pp. 575-608.)

“  
Как ученые, мы  
должны подвергать  
сомнению все.”

## Гарантии обеспечения астрономического соответствия

Принцип астрономического соответствия имеет решающее значение в календарной хронометрии по причинам, выходящим далеко за рамки чисто практических соображений. Хотя такие схемы хронометрии, как семидневная неделя, могут радовать таинственной атмосферой мифической неподвластности времени, история демонстрирует удивительный уровень их гибкости – при условии сохранения лежащего в их основе символизма.

Символизм зависит от общего восприятия и несколько расплывчат в своем отношении к точным фактам. Так что до тех пор, пока мы коллективно воспринимаем календарное время как отражение астрономических явлений, символизм будет сохраняться.

Именно это позволяет нам сделать резолюция 4 последней Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ 2022 года). В ней не предлагается раз и навсегда отделить календарный хронометраж от процесса вращения Земли. Напротив, резолюция 4 представляет собой временный компромисс, включая процесс обеспечения астрономического соответствия схем календарного хронометража в долгосрочной перспективе.

Пока мы преподносим эту меру как временную и воздерживаемся от отмены, упразднения или прекращения использования дополнительной секунды, мы не допускаем того, чтобы этот конкретный вопрос привел к усилению общественного беспокойства и отчуждения.

В конце концов, никто не может претендовать на окончательное решение. Кроме того, как учит нас история хронометрии, отклонения от общего астрономического соответствия недолговечны.

## Существующий компромисс

В целом механизм добавления дополнительной секунды 1972 года, лежащий в основе определения всемирного координированного времени (UTC), по-прежнему представляет собой хороший компромисс между практичностью непрерывной шкалы времени и символизмом астрономического соответствия. Он существует уже полвека и, хотя и требует определенных усилий от различных групп пользователей точного времени, эти 50 лет практики продемонстрировали, что с бессистемными разрывами в одну секунду можно справиться.



*50 лет практики продемонстрировали, что с бессистемными разрывами в одну секунду можно справиться.*





## ВКР-23: обратный отсчет

20 ноября 2023 года Государства - Члены Международного союза электросвязи (МСЭ) соберутся в Дубае (Объединенные Арабские Эмираты) на очередную Всемирную конференцию радиосвязи ([WRC-23](#)), которая продлится до 15 декабря.

Ее итоги будут иметь решающее значение для формирования будущих технических и регламентарных основ для служб радиосвязи во всем мире.

Конференция предоставит Государствам - Членам МСЭ возможность обновить [Регламент радиосвязи](#) - международный договор, регулирующий использование частотного спектра и соответствующих спутниковых орбит. Регламент радиосвязи МСЭ позволяет странам предоставлять доступ к новым технологиям и услугам, таким как наземные и спутниковые системы радиосвязи, одновременно защищая существующие службы и гарантируя возможность для всех радиосистем сосуществовать, не подвергаясь воздействию вредных помех.

Цифровая революция сделала возможным появление множества новых приложений, стимулирующих рост спроса на ограниченные мировые ресурсы радиочастотного спектра. Что касается услуг космической связи, то все большее число пользователей также заинтересовано в ограниченных орбитальных ресурсах.

В некоторых случаях рост спроса приводит к необходимости внесения изменений в регуляторную базу.

## Непрекращающиеся адаптация и развитие

В Регламенте радиосвязи (принятом еще в 1906 году) всегда учитывались технические достижения, позволяющие сделать использование спектра более эффективным и облегчить доступ к этому ресурсу.

В каждом случае изменения к этому договору:

- учитывали потребности **новых и существующих служб**;
- обеспечивали **своевременное наличие** спектра, а также соответствующих нормативных положений;
- сохраняли преимущества **согласованных на глобальном уровне частотных полос**.

## Подготовка основы

На предстоящей конференции члены МСЭ со всего мира постараются найти способы внедрения новых технологий, обеспечить стабильную регуляторную базу для спутниковых сетей, содействовать модернизации систем радиосвязи во всем мире и защитить существующие службы.

Итоги заключительного подготовительного собрания (ПСК23-2), которое состоится в Женеве (Швейцария) с 27 марта по 6 апреля, заложат основу для принятия этих важных решений на ВКР-23.

Проект [Отчета Подготовительного собрания к конференции](#) включает важные результаты исследований Сектора радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) для ВКР-23, а также предлагаемые дальнейшие действия для решения вопросов повестки дня конференции.



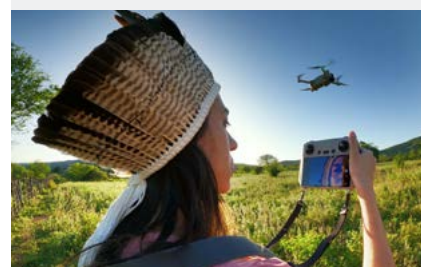
**ВКР-23: международное регулирование спутниковых служб** | [Подробнее](#)



**Почему ВКР-23 будет иметь решающее значение для наземных служб** | [Подробнее](#)



**ВКР-23: защита служб высококачественного радиовещания** | [Подробнее](#)



**ВКР-23: техническая подготовка научных служб** | [Подробнее](#)

## Сводные предложения по использованию спектра

Ключевым фактором успеха собрания МСЭ, которое проводится раз в четыре года для обновления Регламента радиосвязи, является подготовительная работа, ведущаяся на региональном уровне.

В соответствии с Резолюцией 72 (Пересм. ВКР-19) Бюро радиосвязи МСЭ поддерживает региональную подготовительную работу и достижение межрегионального консенсуса путем организации трех межрегиональных семинаров-практикумов МСЭ в течение четырехгодичного исследовательского цикла между Всемирными конференциями радиосвязи.

Шесть основных региональных организаций электросвязи (РОЭ) поддерживают обсуждения и достижение консенсуса между государственными учреждениями, регуляторными органами и поставщиками услуг и оборудования электросвязи в шести регионах мира.

МСЭ провел два межрегиональных семинара-практикума по подготовке к ВКР-23 – в конце 2021 года и в конце 2022 года. На третьем межрегиональном семинаре-практикуме в преддверии ВКР-23 планируется рассмотреть некоторые из наиболее сложных вопросов, которые должны обсуждаться на конференции.



## Журнал Новости МСЭ – ВКР-23: обратный отсчет

Загрузить [копию](#)

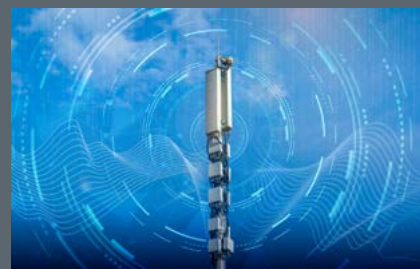
## Региональные организации электросвязи выдвигают ключевые темы для обсуждения на ВКР-23



Арабские государства, ASMG  
[Подробнее](#)



Африка, АСЭ  
[Подробнее](#)



Европа, СЕПТ  
[Подробнее](#)



Содружество Независимых  
Государств, РСС | [Подробнее](#)



Северная и Южная Америка,  
СИТЕЛ | [Подробнее](#)

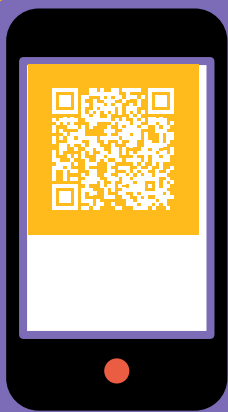


Азиатско-Тихоокеанский  
регион, АТСЭ | [Подробнее](#)

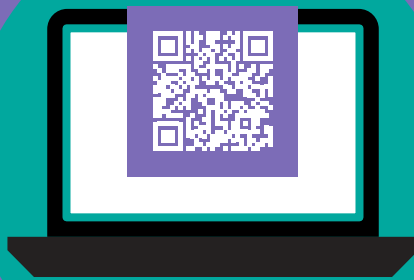
# Знакомьтесь с новым // // Будьте в курсе

## Станьте участником

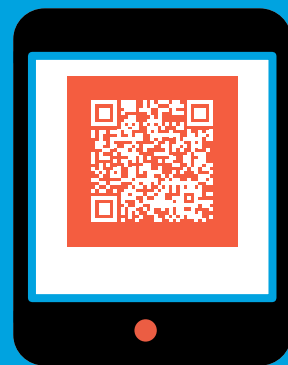
- // Основные тенденции в области ИКТ во всем мире //
- Идеи ведущих экспертов в области ИКТ //
- // Последние новости о мероприятиях и инициативах МСЭ //



Каждый вторник



Регулярно обновляемые блоги



Выходит шесть раз в год



Следите за подкастами



Получайте последние новости