

А.О. КОРСУНЬ

ПРИСТРАСТІ ЩОДО СЕКУНДИ

Як повідомляє Міжнародна служба обертання Землі, наприкінці червня 2012 року до всесвітнього координованого часу буде додано додаткову секунду, покликану ліквідувати розбіжність між атомним і астрономічним часом. Зайва секунда з'явиться 30 червня 2012 року о 23 годині 59 хвилин 59 секунд за Всесвітнім координованим часом UTC. Послідовність показань секундних маркерів UTC буде такою: 30 червня 23 год 59 хв. 59 с, 30 червня 23 год 59 хв. 60 с, 1 липня 0 год 00 хв. 00 с. Це означає, що 30 червня 2012 року остання хвилинка доби дорівнюватиме не 60, а 61 секунді. Спробуємо розібратися, чому так сталося і як часто це відбувається.

Що таке час, яка його природа? На це запитання досі немає відповіді. Ще дотепер «ламають списа» філософи й фізики-теоретики. Та попри все, астрономи навчили людство вимірювати час, запропонувавши для цього такі періодичні природні явища, як обертання Землі навколо Сонця (рік), Місяця навколо Землі (місяць), Землі навколо своєї осі (доба). Однак природа цих явищ все ж завдала немало клопоту, оскільки з'ясувалося, що Земля обертається нерівномірно навколо своєї осі, а також навколо Сонця, що спричинює неузгодженість між тривалістю року та тривалістю місяців, між кількістю днів і тривалістю року. Намагання поєднати те, що не поєднується, тобто величини, що не є кратними між собою, наприклад, рік і добу (1 рік = 365,25 доби), подібно до того, як поєднуються між собою метр із сантиметром, кілограм із грамом тощо, призвело до створення різних календарів для обчислення тривалих проміжків часу і вибору різних одиниць виміру часу. Про це і йтиметься далі.

У ХХ ст. бурхливий розвиток науки і техніки висунув високі вимоги щодо точності виміру часу. Оскільки Земля обертається нерівномірно навколо своєї осі, то й одиниця часу — секунда, як 1/86400 частина доби у шкалі UT1 (англ. Universal Time — одна з версій всесвітнього часу, заснованого на обертанні Землі), виявилася також нерівномір-

ною, і їй на зміну прийшла так звана ефемеридна секунда, що на 1900 р. дорівнювала 1/311336925,9747 частині тропічного року. Цю секунду використовували переважно як аргумент під час обчислення руху тіл сонячної системи. Проте і ця секунда не задовольняла вчених за своєю точністю. Винахід у другій половині ХХ ст. атомних стандартів частоти дав змогу створити штучну фізичну одиницю виміру — атомну секунду, яку в 1958 р. було узгоджено з ефемеридною секундою. Сигнали точного часу почали передавати, використовуючи атомну секунду. Атомна секунда визначається як тривалість 9 192 631 770 періодів, що відповідають резонансній частоті квантового переходу між рівнями атомної структури цезію ¹³³Cs. Ця секунда увійшла до стандартних одиниць виміру часу в Міжнародній системі одиниць СІ.

Атомний час визначається в Секції часу Міжнародного бюро мір і ваги в Парижі на основі показань атомних годинників з мережі багатьох лабораторій світу і дістав назву Міжнародного атомного часу — ТАІ (фр. Temps Atomique International). Як з'ясувалося, атомний годинник іде швидше за астрономічний. А це означає, що згодом атомний час розходитиметься з астрономічним, який задається сходом і заходом Сонця, а отже не відповідатиме положенню Сонця над горизонтом. Постало питання: як поєднати потреби науки та техніки в точному часі

з громадськими потребами людей у часі, що визначаються рухом Сонця. Науковці знайшли вихід із цього становища, запропонували так званий узгоджений час, який дістав офіційну назву Всесвітнього координованого часу UTC (англ. Universal Coordinated Time). Сигнали часу передаються саме в цій шкалі. З 1961 по 1972 рр. узгодження шкал часу здійснювали за формулою:

$$TAI - UTC = B + y_u(TAI - TAI_0),$$

де TAI_0 – міжнародний атомний час на 1958 р., коли його було узгоджено з ефемеридним; B – стала; y_u – зсув атомного стандарту частоти (табл. 1). Для зручності з 1972 р. для корегування почали використо-

увати стрибки у часі на 1 с (leap second) за формулою: $TAI - UTC = B$, за умови, що $UTC - UT1 < 0,9$ с. Причому введення додаткової секунди проводили за відповідною умовою лише наприкінці грудня або наприкінці червня (табл. 2).

Введення стрибків секунди, що порушує безперервний відлік часу, не задовольняє представників технічних галузей, пов'язаних із сучасними електронними навігаційними і автоматизованими системами, але воно підтримується астрономами, оскільки в такий спосіб компенсуються зміни у швидкості обертання Землі при визначенні шкали часу UTC.

Дискусії щодо відміни стрибків при формуванні UTC тривають і дотепер. Сучасні дослідження дають можливість передбачити величину відхилення $UTC - UT1$ у разі відміни стрибків у майбутньому. До кінця XXI ст. різниця може сягнути 2 хв. У 2050 р. різниця наростатиме зі швидкістю близько 1,5 с за рік (в 90-х роках XX ст. вона становила близько 0,7 с за рік). У зв'язку з цим доведеться або у разі відміни стрибків миритися з великою різницею $UTC - UT1$, або часто вводити стрибки.

Для розв'язання цієї проблеми пропонувалися такі способи:

а) збільшити допустиму різницю між UTC і $UT1$ (замість 0,9 с), що призведе до зменшення числа можливих стрибків;

б) ввести стрибки через однакові проміжки часу, наприклад 10 років, що призведе до появи нечастих, але великих стрибків;

в) перевизначити значення СІ-секунди. Слід зазначити, що при цьому доведеться перевизначити всі фізичні константи, основані на визначенні часу (зокрема, метр). Очевидно, це не найкращий варіант модифікації UTC.

З погляду теоретичних досліджень наявність або відсутність стрибків не відіграє суттєвої ролі, оскільки їх відміна призведе лише до злиття шкал TAI і UTC , тобто фактично до відміни однієї з них. Проте вирішення питання про долю шкали UTC має істотне практичне значення.

З 2000 р. було проведено багато наукових конференцій щодо розв'язання цієї пробле-

Табл. 1.

Значення різниці $TAI-UTC$ за період з 1961 по 1972 рр.

Дата	$TAI - UTC, c$
01.01.1961–01.08.1961	1,422818 + 0,001296 (MJD* – 37300)
01.08.1961–01.01.1962	1,372818 + 0,001296 (MJD – 37300)
01.01.1962–01.11.1963	1,845858 + 0,0011232 (MJD – 37665)
01.11.1963–01.01.1964	1,945858 + 0,0011232 (MJD – 37665)
01.01.1964–01.04.1964	3,240130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.04.1964–01.09.1964	3,340130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.09.1964–01.01.1965	3,440130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.01.1965–01.03.1965	3,540130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.03.1965–01.07.1965	3,640130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.07.1965–01.09.1965	3,740130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.09.1965–01.01.1966	3,840130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.01.1966–01.02.1968	4,313170 + 0,002592 (MJD – 39126)
01.02.1968–01.01.1972	4,213170 + 0,002592 (MJD – 39126)

* MJD – модифікована юліанська дата, яка дорівнює юліанській даті (JD) мінус 2400000,5 днів.

ми, працювала спеціальна робоча група Міжнародного астрономічного союзу, проводилися засідання відповідних секцій Міжнародного телекомунікаційного союзу (МТС). Проте рішення прийнято не було.

Остання Асамблея МТС знову відклала рішення про відміну додаткових секунд, тобто якщо швидкість Землі істотно змінюватиметься ($TAI - UTC > 0,9$ с), вводитимуть додаткову секунду. У прес-релізі Асамблеї зазначено:

Женева, 19 січня 2012 року — «Асамблея ухвалила важливе рішення відкласти розроблення стандарту неперервного часу до 2015 р. з тим, щоб вирішити питання, які викликають стурбованість країн, що використовують чинну систему на основі введення додаткової секунди в UTC.

Таке рішення було продиктоване намаганням забезпечити всебічний розгляд усіх технічних варіантів у межах подальших досліджень з даного питання. Під час цих досліджень тривають обговорення між членами Міжнародного телекомунікаційного союзу (МТС), а також іншими зацікавленими організаціями, і отримані результати буде передано наступній Асамблеї МТС і Міжнародній конференції радіозв'язку, проведення яких планується в 2015 р. Корегування, яке виконують з кроком в одну секунду, що дістала назву додаткової, було введено в 1972 р. для компенсації варіацій швидкості обертання Землі в системі Всесвітнього координованого часу UTC.

Визначення UTC здійснює Сектор радіозв'язку МТС, а його зберігання — Міжнародне бюро мір і ваги у взаємодії з Міжнародною службою обертання Землі і систем відліку (IERS). Значення вимірів, що надходять з центрів виміру часу, використовують у всьому світі для визначення UTC, яке корегується в межах 0,9 с часу, що визначається обертанням Землі UT1 відповідно до встановлених IERS значень обертання Землі.

Унаслідок відмови від допоміжної секунди з'явиться неперервна шкала часу, що слугува-

Табл. 2.

Значення різниці TAI – UTC за період з 1972 по 2012 рр

Дата	TAI – UTC, с
01.01.1972–01.07.1972	+10,00
01.07.1972–01.01.1973	+11,00
01.01.1973–01.01.1974	+12,00
01.01.1974–01.01.1975	+13,00
01.01.1975–01.01.1976	+14,00
01.01.1976–01.01.1977	+15,00
01.01.1977–01.01.1978	+16,00
01.01.1978–01.01.1979	+17,00
01.01.1979–01.01.1980	+18,00
01.01.1980–01.01.1981	+19,00
01.07.1981–01.07.1982	+20,00
01.07.1982–01.07.1983	+21,00
01.07.1983–01.07.1985	+22,00
01.07.1985–01.01.1988	+23,00
01.01.1988–01.01.1990	+24,00
01.01.1990–01.01.1991	+25,00
01.01.1991–01.01.1992	+26,00
01.07.1992–01.07.1993	+27,00
01.07.1993–01.07.1994	+28,00
01.07.1994–01.01.1996	+29,00
01.01.1996–01.07.1997	+30,00
01.07.1997–01.01.1999	+31,00
01.01.1999–01.01.2006	+32,00
01.01.2006–01.01.2009	+33,00
01.01.2009–01.07.2012	+34,00
01.07.2012 – до повідомлення	+35,00

тиме основою для роботи всіх сучасних електронних навігаційних і автоматизованих систем, і відпаде потреба у спеціальних системах відліку часу. Разом з тим можуть виникнути соціальні і правові наслідки, коли різниця між UT1 і часом обертання Землі досягне помітного рівня (2–3 хв. у 2100 р. і порядку 30 хв. у 2700 р.).

Генеральний секретар МТС Хамадун Туре вважає, що рішення, яке прийняла Асамблея, забезпечить належну участь усіх зацікавлених сторін у визначенні кроку, який матиме очевидний вплив на наше майбутнє».

Отже, пристрасті щодо секунди триватимуть ще принаймні до 2015 р.