

Календар і літочислення

Для рахунку проміжків часу використовують *календар*. У Стародавньому світі не було єдиної системи обліку часу. Кожен народ використовував або місячний, або місячносонячний, або сонячний календар. Відомі календарні системи, створені у Стародавньому Єгипті, Китаї, Римі і т.д.

В основі кожної із систем лежать такі періодичні процеси, як зміна дня і ночі, зміна фаз Місяця і зміна пір року. Саме ці процеси лежать в основі визначення проміжків часу, відомих як доба, місяць і рік. В кожній системі необхідно узгодити тривалість календарного року і календарного місяця, якої складаються з цілого числа днів, з тривалістю астрономічних проміжків часу: тропічного року і синодичного місяця (проміжок часу між двома послідовними однойменними фазами Місяця, що приблизно дорівнює 29,53 середніх днів). Окрім цього ще й число місяців у календарному році повинне бути цілим числом.

В основі сонячного календаря лежить тривалість тропічного року ($365^d,24$). Отже, календарний рік може містити або 365, або 366 днів. Календар повинен реалізувати правило чергування простих (по 365 днів) і високосних (по 366 днів) років таким чином, щоб середня тривалість календарного року за цикл була щонайближчою до тривалості тропічного року. Першим сонячним календарем був календар, створений у Стародавньому Єгипті. Рік складався із 365 днів і ділився на дванадцять 30-денних місяців і 5 додаткових днів. Завдяки ряду унікальних співпадань (у місці спостереження на широті давньоєгипетської столиці Мемфіса зміна взаємного положення Сонця і Сіріуса у момент його першого сходу поблизу літнього сонцестояння на протязі тисячоліть було малим) календар був досить точним і, головне, простим.

Календар, що його використовували стародавні греки, був заснований на рухові Місяця і відомий як Метонів календар. Запропоновано давньогрецьким астрономом Метоном 443 року до н.е. на основі спостереження, що 19 тропічних років (6939,60 днів) майже дорівнює 235 синодичним місяцям (6939,69 днів). Тобто, через 19 років місяць перебуватиме у тій самій фазі. Цей проміжок часу було названо Метоновим циклом. Пізніше Гіппарх удосконалив Метонів календар, однак широкого поширення єгипетський і грецький календарі не отримали.

Давньоримський календар (до 46 року до н.е.) складався з десяти місяців загальною тривалістю 304 доби, назви яких залишились в Росії і в сучасному календарі (март, апрель, май, юнь). Якщо перші місяці отримали свої назви за іменами богів, середні – за іменами імператорів (юль, август), то останні місяці були названі відповідними числівниками (сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь). Реформу давньоримського календаря провів у 46 році до н.е. Юлій Цезар (100 – 44 рр. до н.е.). До цього Юлій Цезар неодноразово бував у Єгипті і знав принципи побудови єгипетського календаря. Розробку нового календаря було доручено групі александрійських астрономів під керівництвом Созігена. Пізніше цей календар стали називати *юліанським*.

Рахунок за юліанським календарем було розпочато з 1 січня 45 р. до н.е.

Тривалість року дорівнювала 365 середніх сонячних діб, а кожний четвертий високосний рік – 366 доби. Таким чином, середня тривалість року в юліанському календарі була рівною 365,25 доб. Такий рік називався *юліанським роком*. Отже, одне юліанське століття містить рівно 36525 середніх сонячних діб.

Тропічний рік коротший за юліанський рік на 0,0078 середніх сонячних діб. Тому приблизно за 128 років розходження юліанського календаря з тропічним роком складає одну добу. Це означає, що момент проходження Сонця через точку весняного рівнодення зсунується за цей час на одну добу назад – до початку березня. За 400 років зміщення цього моменту складає три доби. Це було помічено у VII ст. англійським схоластом Беде, який указав, що рівнодення наступило на три дні раніше очікуваного (т.т. 18 березня).

В 325 р. римський імператор Костянтин скликав у м. Нікеї церковний собор, на якому обговорювалося питання про святкування пасхи. На соборі були прийняті правила, з яких слідувало, що для розрахунку дати пасхи слід спочатку розрахувати дату першого повного Місяця, яка відбулася після весняного рівнодення. Потім слід визначити число місяця, на яке припадає перша після цієї повні неділя. Так як в юліанському календарі через кожні 28 років дні тижня припадають на ті ж числа місяця, то достатньо було співставити числа березня-квітня з днями тижня на указаний проміжок часу. Так як на початку IV століття весняне рівнодення припадало на 21 березня, то з розрахунків виходило, що пасха припадає на дні з 22 березня по 25 квітня.

Але до кінця VII ст. весняне рівнодення зсунулося на три доби, що і помітив церковний історик Беде, а до кінця XVI століття – вже на 10 діб.

Реформа календаря була проведена папю Григорієм XIII у 1582 році.

Концепцію реформи запропонував італійський лікар і математик Л. Ліліо.

Активну участь у розробці нового календаря приймав німецький астроном Х. Клавій, іменем якого названо кратер на Місяці.

Для компенсації розходження початку сонячного і тропічного років після 4 жовтня 1582 року було наказано вважати не 5, а 15 жовтня. В буллі папа говорив: “Було піклуванням нашим не тільки відновити рівнодення на здавна призначеному для нього місці, від якого з часів Нікейського собору воно відступило на 10 днів приблизно, ... але і встановити також спосіб і правила, якими буде досягнуто, щоб у майбутньому рівнодення і XIV Місяць (церковне позначення повного Місяця) зі своїх місць ніколи не зсувалися”. Таким чином, весняне рівнодення було переміщено на 21 березня. Щоб помилка в подальшому не накопичувалася, було змінено правило, за яким визначаються високосні роки. В григоріанському календарі високосними вважаються роки, номер яких ділиться на 4 без остачі, крім років, номер яких ділиться на 100. Якщо ж номер року кратний 400, то рік вважати високосним. В результаті 2000-й рік являється високосним, тоді як 1900 і 2100 такими не являються.

Григоріанський календар засновано на 400-річному циклі, у якому 146097 доби.

Поділивши 146097 на 400, одержимо середню тривалість року, яка дорівнює 365,2425 середніх сонячних діб. Вона більша за тривалість тропічного року на 0,0003 доби, т.т. всього на 26 секунд. Таким чином, у григоріанському календарі похибка в одну добу накопичується за $1/0,0003 \approx 3300$ років.

Григоріанський календар іноді називають системою “нового стилю” (н.ст.). На відміну від неї за юліанським календарем закріпилася назва: “старий стиль” (с.ст.).

Знайдемо різницю між юліанським і григоріанським календарями. У XVIст. ця різниця становила 10 діб. В обох календарях за правилом рахунку високосних років 1600-й рік був високосним., а 1700 рю в юліанському календарі був високосним, а в григоріанському – простим. Тому в XVIII ст. різниця між старим і новим стилями збільшилась до 11 діб. Роки 1800-й і 1900-й теж являються простими, тому в XIX ст. юліанський календар відставав від григоріанського на 12 діб, у XX ст. – на 13 діб. Так як 200 р. являється високосним в обох календарях, то ця різницязбережеться до 2100 р.

Якщо необхідно знайти дату якоїсь події, що мала місце до введення григоріанського календаря, то потрібно до дати за юліанським календарем додати різницю між старим і новим стилями. Наприклад, Миколай Коперник народився 19 лютого 1473 р. за юліанським календарем. Так як в XVст. різниця між календарями складала 9 діб, то день народження М. Коперника за новим стилем припадає на 28 люте 1473 р.



Барельєф на могилі папи Григорія XIII в Соборі Святого Петра в Римі

Місячний календар — календар, в основу якого покладені фази місячного циклу.

Тривалість синодичного місяця $S = 29,53059$ доби. Тому відповідний йому календарний місяць може мати 29 або 30 діб. Синодичний місяць — це середній період обертання місяця відносно сонця.

Тривалість астрономічного місячного року розраховують так: $12 \times 29,53059 = 354,36706$ доби. Доба — відтинок часу, приблизно рівний періоду обертання Землі навколо своєї осі.

Календарний місячний рік складається з 354 діб: 6-ти місяців по 30 діб і 6-ти - по 29 діб ($6 \times 30 + 6 \times 29 = 354$). Проте проміжок часу 12-ти синодичних місяців на 0,36706 доби більший від календарного місяця, у якому 354 доби. Тому приблизно через кожні три роки потрібно вставляти один день - 355-ту добу. Такий рік має назву - високосний рік.

Тривалість синодичного місяця в середньому складає 29,53059 доби. Таким чином, календарний місяць може чи складатися з 29, чи з 30 днів, причому місяці в році чергуються, щоб дні місяця якнайкраще попадали на ті самі фази Місяця. У місячних календарях тривалість року приймається рівної 12 місяцям. Відповідно до цього, тривалість місячного року виходить рівної $12 \times 29,53059 = 354,36708$. Виходить, у календарному році може чи бути 354 дні — *простий рік*, чи 355 днів — *продовжений (високосний) рік*; а для того, щоб середня тривалість календарного року була близька до тривалості місячного року необхідна система вставки високосов. Для її визначення можна розкласти дробову частину тривалості місячного року в ланцюговий дріб:

$$0.36708 = \frac{36708}{100000} = \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{500}}}}}}}}}$$

Обриваючи цей дріб на різних стадіях розподілу, можна одержати наступні правила для введення продовжених років різної точності:

$$\frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{3}{8}; \frac{4}{11}; \frac{7}{19}; \frac{11}{30}; \dots,$$

де знаменник указує число років у календарному циклі, а чисельник — число продовженого років у цьому циклі. Таким чином, середня тривалість календарного року в добі в цих календарних системах виходить:

$$354, 50000; 354, 33333; 354, 37500; 354, 36364; 354, 36842; 354, 36667 \dots$$

Цикл $3/8$ одержав назву «турецького» і використовується в турецькому місячному календарі; інший цикл $11/30$, використовуваний у мусульманському календарі і часто іменується «арабським».

Місячний календар никоим образом не прив'язаний до річного руху Сонця, тому щорічно місячний календар зміщається щодо сонячного на $365,24222 - 354,36708 = 10,87514$ доби. Приблизно за 34 сонячні роки набігає один зайвий місячний рік.

Зміна фаз Місяця є одним із самих легко спостережуваних небесних явищ. Не дивно, що безліч народів на ранній стадії свого розвитку користувалися місячним календарем. Однак, у період становлення осілого способу життя місячний календар переставав задовольняти потреби населення, тому що землеробські роботи прив'язані до зміни сезонів, тобто руху Сонця. Тому місячні календарі, за рідкісним винятком, неминуче замінялися місячно-сонячними чи сонячними календарями.

До незручності місячного календаря варто віднести той факт, що тривалість синодичного місяця безупинно міняється в межах від $29^d6^h15^m$ до $29^d19^h12^m$. Причиною цьому є досить складний рух Місяця по орбіті.

Початок місяця в місячних календарях приходить на неоменію, тобто на першу появу молодого Місяця в променях Сонця, що заходить. Це подія легка спостережувана, на відміну від нового Місяця. Неоменія відстає від молодика на 2—3 дні. Причому цей час міняється в залежності від часу року, широти спостерігача і поточної тривалості синодичного місяця. Через це неможливо як вести той самий календар, заснований на спостереженні Місяця, у різних країнах, так і користатися простим календарем з 29- і 30-денних місяців. Календар, уведений по якій-небудь системі, буде неминуче розходитися з реальним рухом Місяця, хоча, з тією чи іншою точністю, буде в середньому цьому руху відповідати.

Метонів цикл — проміжок часу у 6940 діб, який застосовують для узгодження тривалості тропічного року та синодичного місяця у місячно-сонячному календарі.

Це співвідношення лежить в основі деяких місячно-сонячних календарів.