
Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Введение

Глава первая. Часы всего живого

Глава вторая. Под диктовку луны и солнца

Глава третья. Часы для всех и для каждого

Глава четвертая. В поисках абсолюта

Глава пятая. Таинственная простота

Текст издания:

Демидов В.Е. Время, хранимое как драгоценность. М.: Знание, 1977.

См. также:

1. Лаврус В.С. Зимнее и летнее время. НиТ, 2000.
2. Михаль С. Часы. От гномона до атомных часов. НиТ, 2000.

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© НиТ. Раритетные издания, 1998

Везде
ru n-t.

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)



[N-T.ru](#) / [Раритетные издания](#)

Вячеслав Евгеньевич ДЕМИДОВ

Биографическая справка

Книга «[Время, хранимое как драгоценность](#)»

Эталонное время — время, по которому живет страна. Точность его не поддается воображению двенадцатый знак после запятой! Часы государственного эталона времени с обыденной точки зрения не ошибаются: трудно считать ошибкой одну секунду за тридцать тысяч лет, но ученых и такая точность не удовлетворяет — они непрерывно ищут пути и методы ее повышения. Книга рассказывает об этих поисках, а также о том, как люди познавали само Время.

Дата обновления:

25 ноября 2002 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде n-t.
ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© МОО «Наука и техника», 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)



[N-T.ru](#) / [Раритетные издания](#) / [Вячеслав Демидов](#)

Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Автор сердечно благодарит доктора технических наук П.Н. Агалецкого, кандидата физико-математических наук М.Д. Ахундова, члена-корреспондента АН СССР Д. И. Блохинцева, кандидата технических наук Д.Ю. Белоцерковского, доктора исторических наук Л.Н. Гумилева, кандидата физико-математических наук Г.А. Елкина, доктора физико-математических наук М.Е. Жаботинского, доктора технических наук Э. А. Крогиуса, кандидата технических наук В.Г. Ильина, кандидата технических наук В. А. Лысого, академика А.А. Михайлова, доктора физико-математических наук Н. Н. Павлова, инженера С.Б. Пушкина, кандидата биологических наук Е.Е. Селькова, кандидата технических наук Ф.М. Федченко, кандидата физико-математических наук Л. Я. Фукшанского, доктора технических наук В.А. Шполянского за их рассказы, советы и критические замечания, без которых книга просто не могла бы быть.

Введение

Прежде всего расширение границ науки,
без этого все ничего не стоит.

Лихтснберг

Конечно, мы знаем, увидеть время нельзя.

Конечно, мы знаем, ученые уже три тысячи лет спорят: что же оно такое, Время.

Но здесь, в этом зале, Время обретает весомость, зримость.

На совершенно пустой стене горят слова «Эталонное время Советского Союза». Желтые точки лампочек нарисовали цифры: час, минута, секунда. Вот оно, эталонное время. Время, по которому живет страна. Под ход которого подстраиваются сотни миллионов самых различных часов.

Его точность двенадцатый знак после запятой. Часы государственного эталона имеют право «накопить» ошибку в одну секунду за тридцать тысяч лет. Чудовищное, не поддающееся воображению число. Лишь пятьсот лет Европа знает книгопечатание, всего две тысячи семьсот лет прошло от основания Рима, только пять тысяч лет назад были воздвигнуты первые египетские пирамиды...

А впрочем, кому нужна такая точность? Что заставляет ученых с таким упорством гнаться за все новыми и новыми нулями после запятой?

«Каждое средство, способствующее точности наблюдений, может явиться средством будущего открытия», сказал [Альберт Майкельсон](#). Он знал, что говорил: ведь это он измерил скорость света с небывалой дотоле скрупулезностью, и эти измерения пошатнули здание старой ньютоновской физики, стали фундаментом новой физики [Эйнштейна](#).

Наука не может жить сегодняшним днем. В микромире и в мегамире, среди атомов и среди звезд всюду нас подстерегают новые, неожиданные закономерности. Порой они проявляются в ничтожных отклонениях от привычного порядка вещей, в изменении хода хорошо известных графиков на миллионные доли процента. Ученый знает: каждое измерение таит в себе погрешность. Что же являет собой это странное отклонение линии графика? Обыкновенная ошибка или неожиданная закономерность? Ответить на этот вопрос можно, только проведя контрольный опыт с точностью, которая исключит любые сомнения, отметет любые придирки.

Обгонять требования практики сегодняшнего дня лозунг метрологов. Они работают для будущего. Для открытий, которые еще не сделаны.

Точность, достигнутая государственным эталоном, показывает состояние науки и техники страны.

Когда сто лет назад по почину российского академика Б.С. Якоби ученые собрались на первую международную конференцию по мерам и весам, перед создателями эталонов стояло, в общем, не так уж много проблем. Подобрать подходящий сплав для килограмма и метра, разработать надежную методику хранения, научиться сравнивать образцовые меры между собою вот, пожалуй, и все.

Сегодня эталон, а особенно такой, сложный, как эталон времени, вбирает в себя опыт и мастерство создателей других национальных эталонов. В самом деле: заданную температуру в термостате «самых главных часов» нужно поддерживать с той же неизменностью, какую гарантирует эталон температуры, несколько тысячных градуса

за год, несколько десятитысячных за сутки. Стабильность поля электромагнитов должна быть такой же, как у эталона магнитных единиц. Предельно высокие требования предъявлены к сохранению вакуума, их не выполнить, если вакуумная техника страны не достигла «мировых стандартов». Нужны металлы фантастически высокой чистоты их не получить, если не развита металлургия как наука.

Наконец электроника. Без нее не построить эталон времени, без нее не измерить время: счет ведь идет на миллионные доли миллионных долей секунды только электронные схемы способны ощутить эти неуловимые миги.

Прежде чем строить эталон, нужно спросить себя: а даст ли электроника столь надежные детали? Иными словами, овладела ли она искусством уместать на крошечном кусочке полупроводника сотни и тысячи транзисторов, которые как бы помогают друг другу, спасают друг друга от ошибок?

Лучшее доказательство — цифры. С 1962 г. работает Эталон времени и частоты нашей страны. За все эти годы не было ни одного случая «потери шкалы», ни на одну тысячемиллиардную секунды не снизилась точность выдачи сигналов времени. Сегодня государственный эталон СССР — один из лучших эталонов мира.

Вы спросите: «А частота? Почему она вдруг очутилась в одном ряду со временем?» Только потому, что время и частота — две стороны одной медали. Этой зависимости подчиняются все колебательные, все волновые процессы. Качнулся маятник из одного крайнего положения в другое и снова вернулся на прежнее место — свершилось полное колебание. Если оно заняло одну секунду, значит, частота колебаний — 1 герц. Миллион колебаний в секунду совершает электромагнитное поле, сорвавшееся с антенны радиопередатчика, который работает на частоте 1 млн герц (1 мегагерц). Каждое колебание заняло одну миллионную секунды. Но разве это предел — миллионная? Вовсе нет. В распоряжении современных часовщиков есть куда меньшие доли — результат искусства радистов и физиков-ядерщиков. Но об этом позже.

Эталон времени стал эталоном частоты далеко не сразу. Его история — это история часового искусства. С государственным эталоном сравнивают свою частоту все радиостанции страны, все передатчики и генераторы колебаний, где бы они ни находились: в научно-исследовательских институтах и на заводах, в воинских частях и на морских судах, на самолетах и станциях слежения за космосом. Эфир до отказа забит радиостанциями, к стабильности их частот предъявляют все более суровые, прямо-таки драконовские требования. И в эфир круглые сутки летят сигналы эталонных частот. Их передают специальные радиостанции, которые ничем, кроме этого сверхважного дела, не занимаются.

В каждой стране свой государственный эталон. Но мир неделим. Неделима наука. Самолеты за один рейс пересекают десяток границ. Ученые разных стран дружно работают по международным исследовательским программам. Люди Земли должны быть уверены, что в любой стране одна и та же секунда, один и тот же герц. Вот почему и охвачена планета Всемирной службой времени и частоты. Вот почему эталоны разных стран хранят коллективно шкалу времени Земли.

Метрология давно уже перестала быть делом узко-национальным. Но именно в последние годы работа метрологов сделалась совсем иной, нежели сто и даже двадцать лет назад.

Прежде все было ясно: «самый главный метр» это метр, хранящийся в Международном бюро мер и весов в Париже. С ним сличались национальные эталоны, а там шли эталоны-копии, эталоны-свидетели (по ним проверялась сохранность копий), рабочие эталоны и так далее. «Самыми главными часами» была Земля, своего рода первый межнациональный эталон времени: сутки у всех народов сутки. Правда, у этих часов не обнаружишь стрелок, но зато в вашем распоряжении есть великолепный циферблат, усеянный мириадами звезд! С движением звездного неба сличался, ход астрономических часов национальных обсерваторий, а дальше снова шла иерархическая система сличений: каждые последующие часы были менее точны, чем предыдущие.

Но сегодня метр это $1\,650\,763,73$ длины световой волны, испускаемой возбужденными атомами инертного газа криптона-86. Сегодня секунда это $9\,192\,631\,770,0$ колебаний электромагнитной волны, испускаемой (или поглощаемой, впоследствии мы увидим, что это, в общем, одно и то же) атомами цезия-133.

Все атомы одного и того же вещества похожи друг на друга, где бы это вещество ни находилось в Советском Союзе, Франции, Японии или Соединенных Штатах. Среди атомов нет главных и подчиненных. Из этих фактов следуют два чрезвычайно важных обстоятельства: во-первых, каждый физик может взять криптон и в соответствующих условиях создать у себя в лаборатории эталон метра, ничем не отличающийся от иных. Каждый физик может точно так же взять цезий и получить для своих нужд эталон секунды. Нынешняя метрология думает уже не только о передаче мер по иерархической лестнице эталонов. Она думает, как воспроизвести условия, при которых эталон может быть эталоном, как сравнить между собой сотни и тысячи рассеянных по всему свету эталонов, как дать ученым уверенность, что они опираются в своей работе на прочное основание.

Во-вторых, метр и секунда стали столь близки и подобны, что наводят на далеко идущие размышления.

В свое время вавилоняне сделали смелую попытку свести всю метрологию к одному измерению: измерению времени. Единицей времени считался промежуток, за который вода выливалась из кубического ящика определенного размера. Единицей длины ребро этого куба. Единицей емкости его вместимость. Единицей веса вес воды, помещавшейся в нем.

Прошли тысячелетия, и вот мы снова обратились к идеям вавилонян. Метр и секунда теперь связаны с колебаниями электромагнитных волн, и от этого соединения потянулась длинная цепочка производных единиц: скорость, температура, напряженность магнитного поля, напряжение, сила тока и так далее, и так далее... Время становится основой системы единиц третьего тысячелетия нашей эры! Первые результаты уже получены: скорость света удалось измерить в сто раз точнее, чем традиционными методами.

Созданный в 1949 г. первый советский эталон частоты (время тогда измерялось астрономическими часами) ошибался не более чем на одну десятимиллионную процента. Это казалось в те годы прямо-таки невероятным. Ныне генератор частоты 41...40, обеспечивающий точно такую точность, выпускается у нас серийно, и его может купить любая лаборатория. С каждым десятилетием эталоны становятся точнее. Отрезки времени, поддающиеся измерению, становятся все миниатюрнее. Беспределен ли этот бег к нулю?

Когда-то людям казались возможными любые отрицательные температуры, но понятие абсолютного нуля поставило предел стремлению градусов вниз. Точно так же и время представлялось бесконечно делимым, пока наука не объединила пространство и время в неразрывном единстве и не поставила на повестку дня проблему квантованного пространства-времени микромира.

Глава первая. [Часы всего живого](#)

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде
n-t.
ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)



[N-T.ru](#) / [Раритетные издания](#) / [Вячеслав Демидов](#)

Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Глава первая. Часы всего живого

Скажи, кто первый часы изобрел,
В минуты, секунды время расчел?

Г. Гейне

Наш симпозиум вполне мог бы называться «Приспособление
организмов к вращению Земли».

Э. Быоннинг

Сначала этому не придали особого значения. Через Атлантику летали тогда главным образом деловые люди, по большей части пожилые, и бессонницу, вялость, плохой аппетит относили на счет возраста. Далекие путешествия на самолете занятие для молодых. Недуг назвали «болезнью бизнесменов», и дело на том закончилось.

Встревожились врачи, когда на пресловутые симптомы стали жаловаться пилоты трансатлантических и транстихоокеанских линий. Вначале, правда, тоже пытались списать на возраст: командиры тяжелых лайнеров как правило, люди в годах. Когда же в медицинские кабинеты повалили и молодые летчики, когда чуть ли не три четверти команд самолетов, летающих на далекие расстояния, оказались охвачены «бизнесменовским» заболеванием, стало ясно, что не старость тому виной, а скорость.

Теперь люди ощутили последствия быстрой перемены мест. Длительность их отдыха раньше не соотносилась с тем, куда летит самолет на восток или на запад, сколько часовых поясов отделяют аэродромы взлета и посадки, как поздно экипаж ушел в рейс и как рано (по местному времени) приземлился. А наш организм, оказывается, чутко реагирует на все эти обстоятельства. Утомленный пилот не может хорошо вести машину. И в поле зрения авиационных врачей попало дотоле мало кого занимавшее

обстоятельство: ритмика человеческого организма.

Чем глубже исследователи знакомятся, с этой ритмикой, тем поразительнее становится картина. Температура тела, оказывается, максимальна примерно в шесть вечера, а падает до минимума между пятью семью утра. Костный мозг вырабатывает красные кровяные тельца активнее всего утром. Способность желудка переваривать пищу ночью практически равна нулю (не зря же врачи советуют перед сном не наедаться!), зато максимальной становится к середине дня. И так далее, и так далее, и так далее. Различных ритмических процессов насчитывается в нашем теле до сорока.

Врачи теперь стараются делать операции (кроме экстренных, конечно) утром: утренние раны быстрее заживают это факт, подтвержденный точными лабораторными опытами. Лекарства, в состав которых входят гормоны, дают больным «строго по часам и в тех соотношениях, в которых подобные вещества вырабатываются в организме», пишет один из специалистов по биоритмике.

Но замечательно, что наши ритмы отнюдь не даны нам от рождения, как можно было бы предполагать. Мы приобретаем их с возрастом. Время, олицетворенное сменой дня и ночи, постепенно настраивает «внутренние часы» организма.

Проклятье неизменности

Мы не можем управлять физиологическими ритмами по своему произволу. «Чредой слетает сон...» и мы порой негодуем на власть Земли: шутка ли, проспять треть жизни! Может быть, есть смысл устроить себе вечный день, избавиться от власти ритмов и сразу обрести возможность трудиться сколько хочешь и когда хочешь?

Выдающийся немецкий естествоиспытатель XIX столетия К. Фогт в 1861 г. участвовал в экспедиции на мыс Нордкап, самую северную точку Европы. Там он впервые познакомился с полярным летом. «Шесть недель мы не видели захода солнца и более двух месяцев не знали ночи, писал он в дневнике. Те, кто мельком слышал рассказы о многомесячном полярном дне, считают счастливыми путешественников, которым ночь не мешает делать наблюдения. Они воображают, что при этом чувствуешь себя особенно хорошо и всегда способен к новым работам. Но этого не бывает, потому что за возбуждением первых дней вскоре следует раздражительность и изнурение, с которыми нельзя вполне совладать. Хочешь спать и не можешь. Трудно отстать от укоренившейся привычки спать, когда темно. Каждый день ждешь мгновения, когда солнце спрячется за горизонт, и только перед восходом ложишься в постель, но она не дает освежающего сна».

Что же, если солнце так мешает жить, то, может быть, полярная ночь окажется приемлее? Отнюдь! Психологическая неустроенность оказывается столь велика, что всего через полтора месяца человек «уже почти способен понять, что можно стать солнцепоклонником, закричать от радости, когда покажется солнце, милое солнышко», вспоминает в своих «Записках полярника» Н.В. Пинегин, советский исследователь Арктики. А другой старожил заполярных областей, неоднократно зимовщик на острове Врангеля А.И. Минеев, сухомерно рисует еще более неуютную картину: «Во время полярной ночи несколько падает работоспособность, появляется апатичность, растет внутренняя недисциплинированность, душевная неуравновешенность. Даже аккуратные люди, и те становятся неряшливыми. Если человек не заставит себя в определенное время вставать, выполнять те или иные обязанности, то он неизбежно спутает время сна и бодрствования». Теперь мы знаем, в чем тут дело: внутренние часы человека перестают следить за вращением Земли, хотя по-прежнему продолжают идти в каком-то своем ритме.

Резиновые мгновения

Ну, а если избавить человека от общества других людей? Лишить его малейших возможностей наблюдать время? Как далеко и куда сдвинутся его внутренние часы? Вопрос не праздный для познания их природы.

И вот в глубокие пещеры спускаются добровольцы-одиночки, они живут там, пока выдерживают нервы: жить отшельником занятие нелегкое. Все они единогласно отмечают, что время, как его представляют нам внутренние ощущения, начинает идти куда медленнее «настоящего». Французский спелеолог М. Сиффр провел в одиночестве более 40 суток, а показалось ему, что только 25. У других исследователей за две недели «внутренние часы» отстали более чем на сутки.

Выходит, мы не только ощущаем бег времени, но даже отмеряем его своим внутренним эталоном? Может быть, не только сутки, но и часы, даже минуты? А то и секунды?

«Я не успеваю встать, как снова ложусь. Когда я сажусь за стол, я думаю, что уже конец обеда и нужно вставать. Я иногда удивляюсь, неужели за две-три минуты я успела пообедать. Я часто отказываюсь верить, когда мне говорят, что прошло несколько часов. Неужели время может так быстро идти? Почему это так? Почему оно течет не так, как мне кажется?»

«Замер весь мир. Тоска. Люди движутся чересчур медленно. Все уплывает куда-то. Время остановилось. Оно текло и замерло. Я умерла или никогда не умру. Я знаю, что стрелка движется на ваших часах, но это лишь видимость движения... Вы приходите ко мне из

другого времени».

Это не отрывки из фантастического романа о неведомых пришельцах, научившихся управлять временем. Это говорит человек, пораженный тяжелым недугом маниакально-депрессивным психозом. В маниакальной стадии бурное возбуждение, в депрессивной тяжелая апатия, длящаяся иной раз месяцами. И время то мчится вскачь, то плетется. Возбуждение апатия... Какое отношение они имеют к ощущению времени?

...Громадный самолет выписывает в небе математически выверенную вертикальную кривую, словно облетает внезапно выросший на его пути холм. Целую минуту в кабине длится невесомость настоящая, космическая. Будущие космонавты, а вместе с ними врачи и вообще все, кто участвует в эксперименте, плавают в воздухе, словно рыбы в аквариуме.

Но вот что странно: когда их потом опрашивают, сколько времени они пробыли в этом необычайном мире, ответы оказываются прямо противоположны. «Две, три секунды, может быть, пять», говорит один. «Ужасно долго. Не мог дожидаться, когда все кончится», возражает другой. Новые вопросы, и выясняется, что шестьдесят секунд невесомости сжались тридцатикратно для тех, кто не испытывал никаких неприятных ощущений. И наоборот, время тянулось, словно патока, для тех, чей организм переносит невесомость плохо.

Да, время человек отсчитывает вовсе не с бесстрастием хронометра. «Как всегда в острых ситуациях, дрогнул, сдвинулся с места и пошел по какому-то странному, «двойному» счету масштаб времени. Каждая секунда обрела волшебную способность неограниченно сколько потребуется расширяться: так много дел успевает сделать человек в подобных положениях», вспоминает летчик-испытатель М.Л. Галлай об одном из многочисленных «случаев», в которые ему приходилось попадать в воздухе. «Я не мог видеть крыльев, но всем своим существом чувствовал, что они полощутся, как вымпелы на ветру. Меня швыряло по кабине из стороны в сторону долго после этого не проходили набитые о борта синяки. Штурвал, будто превратившись в какое-то совершенно самостоятельное, живое и притом обладающее строптивым характером существо, вырвался у меня из рук и метался по кабине так, что все попытки поймать его ни к чему, кроме увесистых ударов по кистям и пальцам, не приводили... Флаттер прекратился так же внезапно, как начался. Он продолжался, как показала расшифровка самописцев, около семи секунд. Больше машина вряд ли бы выдержала, хотя мне, по совести говоря, показалось, что дело тянулось по крайней мере в три раза дольше».

Итак, будет человек возбужден или апатичен, испытает приятные ощущения или неприятные, окажется до предела загружен работой или будет принужден

воспринимать обстоятельства «как они есть» в каждом случае один и тот же отрезок времени окажется психологически разным. Почему?

Время дитя воспоминаний

У древних греков богиня Мнемозина вначале ведала и памятью, и течением времени (которым позже стал управлять бог Хронос, по имени которого и назван хронометр). Она покровительствовала знанию о прошлом, и потому советский ученый В.В. Иванов назвал ее «богиней информации».

Любой рассказ человека о своих переживаниях и ощущениях поневоле отнесен к тому, что было. Произнося «сейчас», мы фактически говорим о прошлом: на осознание своего «я» требуется пусть малое, но все же время, как и на то, чтобы произнести фразу или слово. Так что ощущение времени правильнее было бы оставить Мнемозине, а Хроносу отдать только приборы, измеряющие течение времени.

В памяти сохраняется, однако, не абстрактное «время», а последовательность событий. «Способность фиксировать последовательность процессов, пишет Е.К. Сепп в своей «Истории развития нервной системы позвоночных», является основной способностью мозговой коры. В основе ее лежит динамическая поляризация нейронов. По цепям нейронов импульсы протекают в одном направлении, и в таком порядке фиксируются следы бывших возбуждений». Ученый просто подтвердил поэтическое рассуждение французского философа конца XIX в. Ж. Гюйо о том, что «прошедшее время это осколок пространства, перенесенный вовнутрь нас; оно образуется при помощи этого пространства. Образы, которые даются нам воспоминанием... образуют ряд, в котором одни члены не могут быть замещены другими».

И действительно, попытки прокручивать ленту впечатлений в обратном направлении не удаются. Фигурки не движутся задом наперед, как в кино, если пустить ленту не с того конца. Прошое в лучшем случае оказывается разорванным на куски, смонтированные в произвольном порядке. Но внутри каждого отрезка сохраняется нормальная последовательность событий.

Для лечения некоторых заболеваний человеку вводят в мозг тончайшие проволочки-электроды и пропускают по ним очень слабый ток. Иногда они попадают в такие области мозговой коры, где ток буквально распаивает бездонные кладовые памяти. Люди в мельчайших подробностях видят события, случившиеся десятилетия назад, и переживают их так, если бы дело происходило не в прошлом, а в настоящем. «Прошое разворачивается последовательно, мгновение за мгновением, пишут проводившие такие исследования американские физиологи В. Пенфилд и Л. Роберте. Это несколько

напоминает работу магнитофона или демонстрацию киноленты, на которой как бы запечатлено все, что человек некогда осознавал, то, на что он обратил внимание в тот промежуток времени. Здесь отсутствуют ощущения, которых он не замечал, разговоры, к которым он не прислушивался. Время в этом фильме всегда идет вперед, никогда в обратном направлении... никогда не» останавливается, не поворачивает вспять, не перескакивает на другие периоды... Воспроизведение иногда можно повторить. В этом случае эпизод каждый раз начинается с одного и того же момента».

Обратим внимание на два обстоятельства. Во-первых, «время всегда идет только в прямом направлении», во-вторых, «отсутствуют ощущения и разговоры, которых человек не замечал». Не в этом ли разгадка «резинового времени», как мы воспринимаем его потом?

Когда М.Л. Галлай попал во флаттер и машина вышла из повиновения, он делал то единственное, что в подобной ситуации мог делать истинный ученый: старался запомнить как можно больше из того обилия информации, которую доставляла ему взбесившаяся машина. «Зрение, осязание, слух настолько завалены новыми мощными ощущениями, что невозможно требовать от них раздельного восприятия каких-то деталей... Грохот хлопающих листов обшивки, выстрелы лопающихся заклепок, треск силовых элементов конструкции сливались во всепоглощающий шум... Я жадно пытаюсь «вчувствоваться» именно не вглядеться, не вслушаться, а вчувствоваться в поведение самолета и, колотясь о борта «сошедшей с ума» кабины, жду, когда же, наконец, прекратится вся эта свистопляска». Флаттер, как вы помните, продолжался семь секунд, но летчику показалось как минимум втрое больше. Зато для инженера-испытателя, не такого тренированного, как пилот (в этом полете он наблюдал за показаниями приборов, установленных в кабине), время тянулось «минуты две».

Как видим, в памяти людей, переживших смертельную опасность, оказалось чрезвычайно много «опорных точек» на киноленте времени. Не удивительно, что время растянулось. Прибавьте к этому, что они не могли ничем повлиять на ход вещей, им приходилось пассивно ждать, чем все кончится, и запоминать, запоминать...

Если восприятие длины отрезка времени действительно зависит от того, сколько «опорных точек» сохранилось в памяти, становится понятным и такой парадокс: старики жалуются, что жизнь промелькнула, как миг, а детям все кажется, что годы тянутся слишком медленно. Французский философ К. Жане утверждал, что человек в обыденной жизни оценивает скорость течения времени прямо пропорционально длительности уже прожитого, и коль скоро для десятилетнего ребенка год это $1/10$ его жизни, а для пятидесятилетнего мужчины всего лишь $1/50$, то у отца семейства время мчится впятеро быстрее, чем у его отпрыска. Где, однако, доказательства, что мозг занимается

столь странной математикой? Не правильнее ли предположить, что у ребенка больше «опорных точек» на шкале воспоминаний, не информации, а именно «опорных точек», т. е. остро воспринятых событий? Ведь для него каждый прожитый час открывает нечто неизведанное, любопытное. Память отмечает новые факты, вот и ощущение медленного хода времени. А взрослый, тем паче глава семьи, человек с устоявшимся бытом и привычками, в его жизни дни похожи друг на друга, а значит, нет информационно ценных обстоятельств, зацепок для воспоминаний, так что время субъективно ускоряет свой бег.

Мера информации — это мера неожиданности сообщения. Его нетривиальность. И человек вдруг однажды осознает (если, конечно, осознает), что самое ценное в его жизни было — не квартира, не полированный гарнитур, не автомобиль, вещи полезные, слов нет, а нечто совсем иное, «нематериальное»: встречи с интересными людьми, незнакомыми городами, хождения по картинным галереям и консерваториям, да мало ли что еще в этом роде...

Жаль только, что мысли такие приходят поздновато...

Альфа-ритм считает время?

Ну, а ощущение времени как таковое? Нельзя же отрицать, что оно свойственно человеку! Многие умеют просыпаться с точностью до минут. Одни говорят, что им нужно для этого представить циферблат часов и положение стрелок, другие повторяют в уме несколько раз команду: «Встать во столько-то!» и представьте, просыпаются, как от будильника.

Супруги Милн в своей книге «Чувства животных и человека» рассказывают о швейцарском композиторе Эмиле Далькрозе, «который обычно развлекался со своим сыном во время совместных прогулок следующим образом. У отца в руках были часы. Он ждал, когда они начнут отсчитывать новую минуту, затем внезапно закрывал циферблат и говорил «три» (или называл другое число по выбору — интервал времени, который нужно оценить). Какое-то время они шли молча, а затем отец и сын выкрикивали: «Три!» — обычно одновременно. И отец открывал циферблат часов и видел, насколько близкими к истине были их оценки.

Далькроз уверял, что любой может играть в эту игру с таким же успехом, если только будет спокоен и не станет обращать никакого внимания на внешние часы».

Здесь уже и речи нет о воспоминаниях — вспоминать нечего!

Как же тогда ведется счет?

По мнению некоторых ученых, человек сравнивает отрезки времени с частотой биения пульса, как бы подсчитывая число ударов. Другие утверждают, что при ходьбе и вообще движении время ассоциируется со скоростью и пройденным расстоянием. Третьи полагают, что в качестве эталона времени организм берет альфа-ритм — ритм электрических колебаний с частотой около 12 герц, свойственных мозгу, когда человек бодрствует. В пользу последней гипотезы веско свидетельствуют опыты советского физиолога В.И. Лебедева, принимавшего участие в отборе и подготовке кандидатов в космонавты.

Было установлено, что когда человек видит мигающую лампочку, вспышки света вызывают с той же частотой «вспышки» электрических импульсов в головном мозгу. Изменяется частота световых сигналов — ее точно «отслеживает» частота импульсов. И что самое важное, эти навязанные мозгу электрические сигналы подчиняют себе частоту колебаний альфа-ритма. Возник вопрос: можно ли, регулируя частоту вспышек лампочки, изменять скорость течения времени, ощущаемую человеком по частоте альфа-ритма?

Лебедев оттренировал группу испытуемых оценивать в уме с большой точностью 20-секундные отрезки времени (негромкая музыка исключала возможность примитивного счета секунд типа «двадцать один, двадцать два...»). И на земле, и в невесомости отрезки определялись с ошибкой порядка 0,1 секунды. Сбить испытуемых с толку — а невесомость заметно влияет на четкость проведения многих опытов! — не удавалось.

Но вот — внимание! Включена мигающая лампочка. Пущен электрический секундомер, невидимый для участников опыта. Через «свои» 20 секунд они нажимают кнопку «стоп». И что же? Испытуемых как будто подменили. При учащенном ритме вспышек «внутренние часы» ускоряют свой ход: вместо 20 секунд, кнопка нажимается через... 18,2 секунды. И наоборот, когда частоту вспышек уменьшали, отрезки времени удлинялись, достигая 21,6 секунды. Решительно у всех испытуемых отклонения выглядели одинаково, соответствовали воле экспериментатора. Когда же врач начинал резко менять частоту, бросая ее то вверх, то вниз, ошибки отсчета чрезвычайно возрастали.

В пользу гипотезы альфа-ритма говорит и то, что когда человек теряет сознание и альфа-ритм исчезает, — теряется и ощущение времени. «Молодой человек подносит мне к губам черную кислородную маску. Глубокий вдох, закрываю глаза. Сейчас же открываю их, и вот — я уже в палате, возле койки стоит молодой человек в белом докторском наряде, аккуратненький, улыбающийся. Прошло три часа», — вспоминает польский писатель А. Минковский.

Есть у гипотезы и слабые места, от которых нельзя отмахиваться. Сама по себе частота альфа-ритма у разных людей неодинакова (лежит в пределах 8...16 герц) и, вообще говоря, непостоянна. Как же удастся организму весьма точно определять время, опираясь на такой неверный эталон? Что бесспорно так это факт неотделимости сознания и времени, которое мы ощущаем. Должно быть, именно это единство и приводило философов, вслед за Блаженным Августином, к мысли искать время «в глубинах своей собственной души», хотя там кроется не время как таковое, а лишь его след.

А может быть, никаких внутренних часов и нет? Может быть, мы просто ощущаем сигналы, идущие из космоса, сигналы, от которых не спрятаться ни в пещере, ни в сурдокамере? Над нами Солнце, над нами Луна: они заведуют приливами и отливами. Имеют ли они какое-нибудь отношение к ритмам живого?

«Руки» Солнца и Луны

...Начало пятидесятих годов нашего века. Аэродром близ Чикаго. Из самолета выгружают какие-то ящики. «Легче, легче, парни!» предупреждает грузчиков сопровождающий. В ящиках свежие устрицы, переложенные сырыми водорослями. Семь часов назад они были выловлены на Атлантическом побережье близ Нью-Хэвена. Машина мчит по автострате: путешественники ждут. Но не в ресторане, а в биологической лаборатории. Стремительность переброски обманула устриц: в тазу с морской водой они раскрывают створки раковин именно в то время, когда на атлантическом берегу катятся волны прилива.

Однако проходит две недели и в поведении моллюсков наблюдатель улавливает перемены. Раковины открываются уже в другое время. Будь озеро Мичиган, возле которого стоит лаборатория, морем, в этот момент над водой поднималась бы луна, а на песок наступал бы прилив. Мы знаем, что Луна вызывает, приливы. Но как узнали об этом устрицы? Неужели они ощущают вызванное нашей спутницей изменение силы тяжести на поверхности Земли микроскопический эффект, который люди смогли измерить лишь в эпоху, когда появились особо чувствительные приборы? Профессор Ф. Браун (США) считает, что сомневаться в этом просто нелепо.

А вот история из жизни рыбки лаурестес, которую рассказывают в своей книге супруги Милн. Весной, в полнолуние, когда прилив достигает наивысшей точки, «...похожие на корюшек лаурестесы превращаются в акробатов и выбрасываются на берег к восторгу тысяч зрителей, которые приходят восхищаться этим чудом... Сначала каждая самка лаурестеса пробуравливает песок по вертикали своим хвостом, чтобы отложить

икринки. В этот момент вокруг нее крутятся на берегу один или два самца. Затем она, извиваясь, выскакивает из песка как раз тогда, когда следующая волна может снести ее вместе с партнерами обратно в море... Ясно, насколько важен расчет времени. Но как лаурестес узнает это время?»

В такт с появлением луны и приливами поглощают с разной скоростью кислород актинии, морские ежи, всевозможные моллюски и крабы. В этом же ритме изменяется окраска крабов, живущих в зоне, заливаемой высокой водой прилива, и не только всего краба, но даже его оторванной лапки! Чисто лунными, четко связанными с фазами нашего естественного спутника оказались биоритмы некоторых морских червей и сухопутных мушек. Словом, луна это не просто луна, а еще и регулятор жизнедеятельности...

Не исключено, что изменение силы тяжести, вызываемое Луной, ощущают и некоторые люди. Во всяком случае лунатики, как говорят, совершают свои экстравагантные штуки именно в полнолуние (а также, по-видимому, и в новолуние, только в этом случае их сомнамбулические хождения не вызывают у наблюдателей никакой ассоциации).

Однако можно ли говорить, что все дело во влиянии космоса, и пренебрегать совершенно не зависящими от космоса часами, которые «тикают» самостоятельно и лишь «увлекаются» внешними сигналами? Можно ли пренебрегать «внутренними часами»?

«Болезнь бизнесменов» как раз и отражает тот факт, что часы эти существуют, что их ход управляется Солнцем, сменой дня и ночи. Слишком резкое и частое рассогласование внутреннего и астрономического времени не проходит даром для организма. С возрастом внутренний эталон становится все жестче. Молодому человеку на перестройку биочасов хватает двух дней, а у старика это занимает порой две недели. Чем радикальнее перемена, тем острее воспринимает ее организм. Еще неведомо, с радостью или нет воспримут пожилые люди эру сверхзвуковой, а в будущем и гиперзвуковой авиации, смогут ли они переносить молниеносные перелеты с одного континента на другой безболезненно для себя. Не исключено, что придется предупреждать пассажиров о возможных последствиях чрезмерного увлечения сверхскоростными полетами. По-видимому, даже не каждый летчик сможет работать на регулярных сверхзвуковых линиях, не говоря уже о гиперзвуковых, и придется с этой точки зрения особо тщательно отбирать экипажи. С последствиями рассогласования биологических и астрономических часов шутки опасны.

От фитохрома к протоплазме

Французский астроном Де Мэран не прославился открытиями новых небесных тел, его фамилии вы не найдете в анналах науки о небе иначе как в простом списке рядовых. Но он был любопытен и потому стал первооткрывателем на стыке двух дисциплин. Случилось это в 1729 г. Де Мэран знал, что листья бобов поднимаются днем и опускаются ночью; чтобы подметить это, не требовалось особых приспособлений. Но ему захотелось установить, движутся ли они потому, что их освещает Солнце, или потому, что растение ощущает вращение Земли. Он пересаживает бобы с грядки в темный подвал. Туда не проникают солнечные лучи, а ровная температура, неизменная и днем и ночью, не подскажет растению, какое на дворе время суток. Но бобы словно не замечают перемены обстановки. Их листья столь же исправно встают торчком, когда на улице играет день, и столь же регулярно «ложатся спать», когда его сменяет ночь. Итак, растение ощущает, как вертится Земля? Все бы хорошо, но спустя несколько дней листья поднимаются уже не так заметно, и наконец совсем перестают двигаться. Почему? Де Мэран не вдается в объяснения. Он публикует свои «Ботанические наблюдения» в трудах Королевской академии, наук и позволяет себе только предложить ботаникам и физикам попристальнее взглянуть в странное поведение бобовых листьев.

Лишь полтора года спустя великий Дарвин высказывает прозорливую догадку: «...периодичность является в какой-то мере внутренним свойством» организма. Но понадобилось еще пятьдесят лет экспериментов, чтобы рассеялись последние сомнения. Да, растениям свойственны биологические часы, но выделить «нечто», играющее их роль, по-прежнему не удавалось.

Много надежд одно время возлагали на фитохром — вещество, найденное в самых различных частях растений: стеблях, семядолях, листьях. Его выделили в чистом виде в 1959 г. американские биологи Х. Бортвик, М. Паркер и С. Хендрикс. Фитохром может с равной легкостью находиться в любом из двух состояний: Ф-660 или Ф-735. Этим он несколько напоминает маятник: тот ведь тоже отклоняется то в одну, то в другую сторону. А цифры показывают, что превращения связаны со светом определенной длины волны.

Осветите растение красным светом с длиной волны 660 миллимикрон, и спустя некоторое время фитохром очутится в фазе Ф-735. Переход в состояние Ф-660 возможен двояким способом: надо или включить свет, близкий к инфракрасному, с длиной волны 735 миллимикрон, или вообще выключить всякое освещение и предоставить дело времени. Тогда в темноте фитохром Ф-735 сам собой постепенно преобразуется в Ф-660.

Увы, превращения фитохрома, как ни важны они для нормального развития растений, это лишь один из множества колебательных процессов, обнаруженных у

представителей флоры. Фитохром ничего не объяснил. Дело осложнилось тем, что колебательные процессы были найдены не только у растений в целом, но даже у клеток! Ритмические изменения химического состава, скорости синтеза нуклеиновых кислот, размеры ядра — уж куда идти дальше?

Но и клетка, как стало ясно, вовсе не последняя инстанция в биологическом «часовом деле». Биолог Лев Рапкин открыл в протоплазме клеток особое вещество, содержащее серу, его условно называли SH. Когда клетка делится, это вещество то окисляется, то снова восстанавливается, причем восстановление в SH-форму происходит именно перед актом деления, а окисление — вслед за ним, «Цикл Рапкина», как считали биологи, это своеобразная сигнализация. И вдруг все оказалось не так.

Смуту посеял в конце шестидесятых годов японский биофизик Мано. Он извлек из яиц морского ежа протоплазму — опыт очень сложный, требующий филигранной техники, и в этом «бульоне», лишенном клеточных ядер, концентрация SH продолжала изменяться. А надо сказать, что наличие и самого ядра и мембраны между ядром и протоплазмой считалось принципиально необходимым, чтобы мог идти циклический, колебательный процесс, управляющий делением. Выходит, «сигнальная лампочка» является чем-то совершенно самостоятельным.

Биологи подвели неутешительные итоги: биочасы неуловимы, словно призрак. Каждый раз, когда исследователь готов крикнуть «Эврика!», в какой-то лаборатории делают опыт, перечеркивающий все прежние гипотезы.

Отчаявшиеся биологи обратились к математике. Может быть, она сумеет обобщить лавину разнородных сведений, накопленных со времен Де Мэрэна? Может быть, в сети дифференциальных уравнений наконец попадутся ускользающие часы?

Одну из математических моделей предложил кандидат физико-математических наук Л. Я. Фукшанский, работающий в Агрофизическом институте в Ленинграде. Ему удалось даже предсказать несколько новых эффектов, не подмеченных до той поры на живых растениях. Опыт подтвердил феномены, найденные на кончике пера... вернее, на ленте ЭВМ.

И все-таки... Все-таки даже эта наиболее полная модель не ответила на главный вопрос: что такое биочасы, где их искать.

Разгадка в энергетике?

Кандидат физико-математических наук Евгений Евгеньевич Сельков, который работает

в Институте биофизики АН СССР и с которым я по телефону поделился своими сомнениями, пообещал рассказать «кое-что интересное». Я уже знал, что он по образованию инженер-кинетик, работал в Институте кибернетики в Киеве, а в Пущине его пригласили за идеи по части обратной связи в биологических системах.

Теория обратной связи — краеугольный камень любых генераторов колебаний: радиотехнических, электрических, химических, биологических. Биологи шутливо называют конструкции с обратной связью системами типа «волки и овцы».

Представьте лес, полный волков, а рядом поле с пасущимися овцами. Мы будем недалеко от истины, если предположим, что скорость размножения хищников окажется прямо пропорциональна тому, сколько они сожрут травоядных. Волков будет становиться все больше, а овец — меньше. В конце концов еды станет так мало, что зубастые ослабеют и примутся умирать с голоду. Оставленное в покое поголовье жвачных немедля возрастет, а отъевшиеся на нем хищники снова примутся усиленно размножаться, чтобы опять перевести чуть ли не всех овец и снова дойти до границы вымирания. Многие колебательные системы могут быть описаны таким способом, в том числе и биочасы. Вопрос только, где искать волков и где — овец.

В лаборатории кроме нескольких цветков на окне не было ничего, что указывало бы на биологический характер занятий ее сотрудников. Конторские столы завалены широкими бумажными лентами, на которых ЭВМ рисуют графики и печатают длиннющие колонки цифр. В картонных коробках виднелись аккуратно свернутые в рулончики узкие перфоленты, испещренные дырочками. Бесшумный электронный арифмометр — настольная вычислительная машина для простых расчетов. И никаких микроскопов.

Мы математики, — заметил Е.Е. Сельков в ответ на мое озирание по сторонам. Экспериментаторы открывают, мы обобщаем. Пока на уровне клетки. В ней еще многое непонятно, а через сколько десятилетий наука дойдет до понимания более сложных биочасов, это вам вряд ли кто сумеет сказать.

Все-таки клетка? — спросил я.

Да. Плюс математика. В разгадке биоритмов математический метод, думается, будет самым продуктивным.

До сих пор клетку изучали по методике, давным-давно разработанной радистами. Ведь когда радист исследует незнакомую аппаратуру, он отключает по одному блоки, входящие в нее, и смотрит, что получится. При известном опыте можно довольно точно

выяснить, какой блок за что ответствен, и нарисовать принципиальную схему всей системы. Единственно, когда этот в общем хороший способ может подвести, это когда конструктор ради надежности применит резервирование, т.е. если вместо одного блока одни и те же функции будут выполнять два, три или еще больше блоков. Тогда выключай почти что угодно, система будет работать, как работала.

К чему я все это рассказываю? Биофизики отлично научились выключать в живой клетке чуть ли не любой процесс. Для этого в нее вводят специальные вещества — ингибиторы, «останавливатели», если буквально перевести с латинского. И вот, какие бы механизмы обмена веществ в клетке ни выключали, ее биочасы упорно продолжали тикать, циклическая деятельность не прекращалась.

Часы не связаны с обменом веществ?

Нет, связаны. Но не просто. А не увидели этого потому, что тут злую шутку сыграла логическая ошибка, тем более странная, что ее допустили биофизики и биологи. Они искали один-единственный механизм, один ключ к разгадке биочасов. Между тем мы прекрасно знаем, что природа никогда не довольствуется одним решением. Она устраивает несколько цепей, работающих параллельно, почему же биочасам должно быть сделано исключение? Отсекая одну ветвь, экспериментаторы не задевали других, а в этом случае, как мы уже говорили, методика «выключения» блоков пасует.

Правда, Мано проделал один опыт: блокировал ингибитором процесс гликолиза, т.е. превращения глюкозы в пировиноградную кислоту, и часы мгновенно замирали. На это возражали: гликолиз — основа энергетики клетки, ее «электростанция». Когда из розетки выдергивают шнур, лампочка гаснет. Остановили гликолиз — клетка замерла. И опыту особого значения не придал даже сам Мано. Хотя, как мы сейчас увидим, он был очень близок к цели.

А стало это нам вполне понятно, когда мы узнали о работе, которую провел со своими коллегами американский биофизик К. Питтендрик, давно уже занимающийся биочасами. Есть такая распространенная водоросль — эвглена зеленая, ее даже школьники изучают. Любимый объект для экспериментов по биофизике, уж очень с ней удобно работать. Питтендрик добавлял в воду, где она находилась, вещества, никакого отношения к ингибиторам не имеющие: пировиноградную, яблочную, ацетоуксусную кислоты. А часы как и в опыте Мано — останавливались.

Вернее, почти как в опыте Мано, и это «почти» чрезвычайно важно для всего дальнейшего. Они останавливались не навсегда. Ритмика только ненадолго замирала, а потом все возвращалось «на круги своя».

Это была первая загадка: почему безобидные вещества воздействуют столь активно?

А вторая загадка оказалась еще любопытнее: ход часов восстанавливался в другой фазе.

Понимаю. Цикл колебаний начинался «не с того места»?

Совершенно верно. Представьте два одинаковых маятника. Они могут качаться либо строго «в ногу», либо так же строго навстречу друг другу, либо с небольшим рассогласованием, в любом случае перед нами разные фазы колебаний одного маятника относительно другого. Если остановить один маятник, а потом снова пустить в ход, новые колебания будут, вообще говоря, в иной фазе относительно прежних.

То, что у Питтендрика «маятник» биочасов останавливался, а потом снова шел в другой фазе, как раз и означало, что вещества, которые добавлялись в воду, действовали словно останавливающая рука.

Почему же Питтендрик и его сотрудники не увидели «колебаний маятника»? Должно быть, сыграла роль традиция. Все кислоты, останавливавшие маятник биоритмики эвглени, связаны с энергетическими процессами в клетке. А традиционно считалось, что энергетика клетки прямого отношения к часам не имеет. Поддерживать колебания пожалуйста, но не более того.

Мы в нашей лаборатории, продолжал Евгений Евгеньевич, сопоставили опыты Мано и Питтендрика, и нам стало ясно, что если и искать механизм биочасов, так только в этих «запрещенных» энергетических процессах.

Вы спросите: какие мы поставили опыты? Никаких. Мы ведь математики все-таки. И потом, вспомните о резервировании реакций. Можно быть заранее уверенным, что природа нас обманет, включит резервную цепь. Их ведь у нее множество. Чтобы получить энергию, клетка «сжигает» жиры или глюкозу, а нет глюкозы в дело пойдет фруктоза или молочная кислота... Пока что мы устраиваем опыты на бумаге с помощью, разумеется, ЭВМ.

Часы без колесиков

Прежде всего Е.Е. Сельков и его коллеги приняли во внимание, что энергетические процессы в клетке это реакции, в которых или синтезируется, или разлагается АТФ аденозинтрифосфорная кислота. Она поистине вездесуща, клетка без нее мертва. Различные внутриклеточные синтезы, выделение и транспортировка веществ от одной

части клетки к другой, управление реакциями, чисто механическая работа сокращения мышц всюду мы непременно столкнемся с АТФ.

Во-вторых, из очень высокой стабильности хода биочасов (на частоту циклических процессов почти не влияет, например, изменение температуры) вытекало, что предполагаемая реакция идет с большой скоростью. Подробное объяснение уведет нас далеко, поэтому прошу просто поверить в то, что медленными реакциями стабильности не достичь. Так оказались «вне подозрений» все синтезы нуклеиновых кислот и белков, «по долгу службы» идущие неторопливо. Остались жирные кислоты, гликоген и аминокислоты, в паре с которыми АТФ участвует в «быстроходных» реакциях. Но...

Тут исследователей поджидало знаменитое «но», которое, как утверждает Чехов, часто встречается в рассказах потому, что жизнь полна неожиданностей.

Часам ведь свойствен ритм! Суточный! А реакции, которые выглядели кандидатами на механизм часов, быстры. Вот и извольте составить уравнение процесса, который был бы в одно и то же время быстр (стабильность) и медлен (ритм). Каково?

Над решением бились два года. Перебрали массу вариантов, и к 1969 г. стало ясно, что все-таки могут существовать такие внешне противоречивые, а внутренне очень логичные реакции. Суть дела в «складах».

Без них никакое живое существо жить не в состоянии. Запасы «на черный день» организм делает чрезвычайно охотно, толстяки и дамы, следящие за фигурой, осведомлены об этом более чем хорошо. Накапливаются жиры, белки, гликоген животный крахмал (у него очень красивая структурная формула: словно дерево с множеством веточек). Все эти вещества в трудную минуту превращаются в тот исходный продукт, из которого были созданы.

Гликоген, скажем, становится снова глюкозой.

И здесь я должен сделать одну оговорку. Я был не совсем точен, утверждая, что запасы расходуются только в трудную минуту. Дело обстоит сложнее. Они и расходуются, и не расходуются. Поддерживается динамическое равновесие: сколько расходуется, столько немедленно пополняется, так что в целом запас остается неизменным.

«Склады» велики. Полное обновление запасов происходит неторопливо. На это уходит практически столько же времени, сколько понадобилось бы, чтобы дочиста израсходовать все запасенное. На накопленном в организме жире человек может просуществовать без пищи почти месяц, лишь бы вода была. Зато гликоген исчерпается

быстрее, примерно за сутки. Сутки...

Гликоген, как вы помните, клетка получает из глюкозы. В Пущине создали математическую модель расходования глюкозы, существенно отличающуюся от традиционной: в схеме появился «склад».

Раньше процесс выглядел так. Клетка получает откуда-то (откуда не так уж важно) глюкозу и тратит АТФ на различные превращения этой глюкозы. В конце концов получается пировиноградная кислота, которой клетка распоряжается, как ей нужно, а кроме того выделяется свободная АТФ. И самое замечательное: ее образуется больше, чем было израсходовано. Что с этой разницей делает клетка?

Прежде на вопрос не было ответа. Но теперь, когда появился «склад», процесс стал понятен. Оказывается, АТФ не только перерабатывает глюкозу по обычной схеме, но и частично превращает ее в гликоген, который откладывается «про запас». Дополнительная же АТФ, полученная вместе с пировиноградной кислотой, идет на переработку глюкозы в гликоген, т.е. увеличивает объем «склада».

И круг замкнулся. Волки принялись кушать овец.

Чем больше поступает АТФ в «голову» процесса, тем быстрее расходуется принесенная извне глюкоза, тем больше образуется на «выходе» АТФ словно маятник летит все выше и выше. В конце концов наступает момент, когда глюкозы становится так мало, что скорость ее потребления для переработки в гликоген и пировиноградную кислоту несколько уменьшается. На выходе системы уменьшается объем АТФ, соответственно и скорость потребления глюкозы падает еще значительно. Маятник качнулся в обратную сторону.

Какова же задача «склада»? Он играет роль тормоза, замедляющего скорость игры в «волки и овцы». Во сколько раз масса глюкозы, запасенной в гликогене «склада», больше массы, переработанной в пировиноградную кислоту, во столько раз замедляются колебания «маятника». Быстрый процесс прямого превращения, гарантирующий стабильность хода биочасов, приобретает одновременно нужную медленность период порядка суток.

Разработанная Е.Е. Сельковым и его товарищами схема объяснила и такую особенность живых часов, как нечувствительность периода к изменениям температуры. Это свойство было получено в придачу к разгадке медленных колебаний, как следствие внутренних особенностей модели.

А опыты, проделанные, в ФРГ и Японии на живых клетках, полностью подтвердили математическую гипотезу советских ученых. Она вполне убедительна, а самое главное опирается на такое фундаментальное свойство организма, как запасание и расходование энергии.

Ничего таинственного нет в суточных циклах. Они сложились еще на заре зарождения жизни на планете, когда, так же как и сейчас, день сменялся ночью и живые организмы с суточной ритмичностью запасали энергию солнечного света. Иная частота попросту невыгодна.

И тема, к которой мы перейдем в следующей главе, посвящена тому, как Homo sapiens научился использовать энергию солнца на уровне уже не одного организма, а коллектива людей.

Глава вторая. [Под диктовку луны и солнца](#)

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде n-t.
ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)



Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Глава вторая. Под диктовку луны и солнца

Вращающаяся Земля является как бы часами, которые вне зависимости от деятельности человека непрерывно воспроизводят астрономическую систему счисления времени.

А.И. Константинов и А.Г. Флеер. Время

Вергилий написал «Буколики» по совету друга, императора Августа, который стремился возродить в изнеженном римском обществе любовь к земледелию, свойственную тем далеким временам, когда знатнейшие граждане ходили за плугом и, подобно Цинцинатту, отправлялись от него командовать войсками, чтобы после войны снова вернуться возделывать свое поле. И хотя письменный календарь у римлян существовал, хоть он был известен всем образованным людям, Вергилий предпочел обратиться не к численнику, но к более точному указателю времен года — небу, где

...свой круг разделив соразмерно на части,
Солнце сроки вершит, проходя чрез двенадцать созвездий.

Подробно расписав удобное время для начала разных сельскохозяйственных работ, связав их с восходом и заходом звездных фигур Зодиака, поэт заканчивает:

Так нам возможность дана предсказать по неверному небу
Смены погоды, и дни для жнитва, и время для сева.

Древний пахарь читал звездное небо, как мы сегодня читаем книгу. Каждое созвездие было для него сигналом: наступает новое время года, новый месяц. История не знает, сколько десятков тысячелетий понадобилось, чтобы человек понял, что зима через много дней вернется с той же неуклонностью, как ушла, что сезон дождей начнется столь же неизбежно, как и кончится. Но человек это осознал и начал «загадывать

вперед», планировать не только на куций сегодняшний день, который «пройдет, и слава богу», но и на куда большие сроки. Для русского, скажем, крестьянина была важна не дата 24 января, не церковный праздник святой Аксины, на нее приходящийся, а то, что Аксиныя «полухлебница», и если в закромах осталась еще половина запасов, то, значит, хватит до нового урожая.

Даже человек каменного века побеждал мамонта не силой, а умением, в первую очередь умением правильно организовать свои силы, говорил академик В.

А. Трапезников на Всесоюзной конференции по автоматическому регулированию в Тбилиси. Однако важность процессов управления в жизни человека не ограничивается лишь его индивидуальным поведением. Человек прежде всего общественное существо, и необходимость организации усилий отдельных людей в целенаправленный общественный труд чрезвычайно остро ставит вопрос об управлении людскими коллективами.

Звездное небо и стало таким «организатором усилий».

Его сигналам подчинялись действия тысяч и тысяч земледельцев и пастухов, разбросанных по обширнейшим пространствам. Год за годом, отличающихся то более жарким летом, то менее снежной зимой, проходила вся жизнь человека от рождения до смерти. А нужно добывать пищу, одежду, заниматься земледелием и скотоводством. Так возник «природный», фенологический календарь, имевший сугубо местное значение*.

* Выработанный долгими веками, он сохранял свое место в жизни крестьянина и охотника даже тогда, когда центральная государственная власть присылала попа и полицейского и вводила единую систему счета дней и лет.

Возникнув из интереса к прошлому, календарь стал показывать будущее, во всяком случае в той его части, которая не зависит от воли людей и неизбежных случайностей жизни. В своих календарях люди отразили, сами того еще не зная, законы небесной механики, формулы движения Луны, ритмы вращения своей собственной планеты вокруг оси и вокруг Солнца — законы, к пониманию которых человечество пришло значительно позже.

Под бледным светом небесного фонаря

Луна исполнена неизъяснимого очарования даже для нас, людей рационалистического XX в. Легко представить, как обожали ее в те далекие времена, когда серебристый диск был живым существом, да к тому же наделенным и магическими способностями. Сколько поэтических легенд было ему посвящено!

У славян Месяц был царем ночи, мужем Солнца. Он влюбился в Утреннюю Звезду, и в наказание другие боги раскололи его пополам... Странно похожую легенду встречаем мы на диаметрально противоположном краю планеты, у австралийских аборигенов: юноша-Месяц, влюбившийся в чужую жену, изгнан из своего племени и вечно блуждает по небу в поисках пристанища.

А вот африканцы из племени намака рассказывают, что добрый бог-Месяц хотел сделать людей такими же бессмертными, как и он, сделать так, чтобы они умирали и воскресали снова. Но заяц решил напакостить людям и сказал, что они будут похожи на него, зайца: уж если умрут, то никогда не воскреснут. И сбылось так, как напророчил глупый заяц. За это Месяц бросил в зайца своим боевым топором и рассек ему губу, которая с тех пор у всех зайцев и осталась раздвоенной. И снова поразительное сходство! находим мы похожее поверье у племени, живущего за десятки тысяч километров от Африки, у алеутов, обитателей Командорских и Алеутских островов: Месяц, оказывается, может бросать камнями в своего обидчика и убить его. Почти тот же сюжет прослеживается в сказке южноамериканских ботокудов: луна умеет вызывать гром, молнию, карать неурожаем, а порой она падает на землю, и тогда люди во множестве умирают...

Пляски и песни сопровождали и новолуние, и полнолуние. Одни племена хотели умиловить грозное божество, другие наоборот, попросить у доброго небожителя удачи и всяческих благ. Готтентоты, например, плясали ночь напролет и требовали у светила дать побольше меда и молока. У вьетнамцев сохранился до сих пор красивый обычай созерцать луну в шестнадцатый день восьмого месяца их лунного календаря: светлый лик, не закрытый тучами, обещает хороший урожай в этом году, полузадернутый туманной пеленой полные закрома после второго сбора зерна, ну а если небо сплошь закрыто тучами, придется ждать неурожайного года... Даже не верящий ни в бога, ни в черта европеец нет-нет да и покажет молодому месяцу завалявшуюся в кармане блестящую монетку: пошли, мол, побольше денег (в старое время крестьянин серьезно огорчался, если в столь ответственный момент у него в кармане не оказывалось серебряной денежки!).

Празднества в честь луны волей-неволей были регулярны, как регулярна смена лунных фаз. И человек соизмерял свою жизнь с этими циклами. Североамериканские индейцы так и назначали свои встречи: через столько-то лун. Промежуток от новолуния до новолуния (или от полнолуния до полнолуния разные племена считали по-разному) оказался прочно связанным с серебристым небесным телом. Недаром же у множества народов «месяц светило» и «месяц промежуток времени» одно и то же слово.

Седмица и субботнее ничегонеделание

Разнообразие ликов луны разбило лунный месяц на части помельче. У одних народов, скажем у грузинских племен начала III тысячелетия до н.э., они оказались полумесячными, у других древних евреев, арабов, китайцев пошли в ход недели, четвертушки месяца. Но никаких закономерностей тут не обнаружишь. Взять греков и римлян: уж на что почитали и те и другие луну, а недель у них, живших по лунному календарю, не было.

С другой стороны, семидневную неделю мы находим у вавилонян, но связанную не с фазами Луны, а с астрологическими правилами. Вавилонские жрецы знали семь небесных тел, семь небожителей: Солнце, Луну, Марс, Меркурий, Юпитер, Венеру и Сатурн. Каждому был посвящен особый день, и семидневка эта оказывала на жизнь вавилонян чрезвычайно большое влияние, тем паче что не только дни, но и каждый час дня находился под контролем одного из божественных светил. Существовали очень сложные таблицы, по которым рассчитывали благоприятный момент для начала торгового предприятия или свадьбы. Разобраться в них было под силу только посвященным естественно, Жрецам. А простой народ твердо знал одно: последний день недели, которым управляет Сатурн, самый несчастливый. В этот день старались воздерживаться от любых работ, и слово «шаббат», «покой» по-вавилонски, стало обозначением вынужденного выходного дня, продиктованного суеверием.

От вавилонян слово «шаббат» перекочевало к древним евреям и, слегка изменившись в «шаббот», принесло с собой то же предписание покоя, освященное уже не астрологическими, а религиозными, очень суровыми соображениями: иудейский бог Яхве был бог грозный и скорый на расправу. Правоверные евреи нанимали на субботу особую прислугу, которая и должна была выполнять в этот день все домашние дела. «Шаббат» и «шаббот» слышатся в нашей «субботе», но свободный от трудов день по христианской религии не суббота, а воскресенье. Почему? Эта разница — память о религиозных распрях одинаково чтящих Ветхий завет христиан и иудеев. Впрочем, тут уже начинается история религий, предмет очень любопытный, но, увы, далекий от темы нашего разговора о календаре.

Что же касается вавилонского олицетворения дней недели, то мы явственно видим его в названиях, сохранившихся в английском, немецком, французском языках. «Сатурнов день», суббота, у англичан «сатерди», у французов «самеди», а «солнечный день», воскресенье, называется «санди» по-английски, «зоннтаг» по-немецки. Четыре с лишним тысячи лет этим именам...

Последствия бесплановости

Просто считать дни вещь не такая уж сложная. Вот как поступил, например, персидский

царь Дарий I в 513 г. до н.э., когда его войска вторглись в царство скифов. Для переправы через Дунай был построен мост. Экспедиция обещала быть опасной, и потому Дарий установил, как сейчас альпинисты, «контрольный срок» своего возвращения. «Он завязал, сообщает Геродот, на ремне 60 узлов. Затем он вызвал ионийских тиранов на совещание и сказал им следующее: «Ионяне... возьмите этот ремень и поступайте так: как только увидите, что я выступил против скифов, начиная с этого времени развязывайте каждый день по одному узлу. Если я не возвращусь, а дни, указанные узлами, истекут, то плывите на родину. Пока же... стерегите мост и всячески старайтесь его сохранить и уберечь».

На коротких отрезках времени такой метод безотказен. Но когда речь заходит о годах, там начинаются сложности.

Фазы Луны, лунные месяцы... Уж очень естественная единица счета, сама просится в руки. Вот и считали лунными месяцами год вавилоняне и древние греки, римляне и евреи. Дожил лунный календарь до наших дней у мусульман. Их не смущает, что в лунном календаре, которого они придерживаются, один и тот же месяц может приходиться то на зиму, то на весну, то на осень, то на лето, что в один год по европейскому исчислению им порой приходится дважды справлять новогодие. Почему так странен этот календарь? Потому, что, увы, Солнечная система «создавалась» без всякого плана.

«Дайте мне материю и движение, и я построю Вселенную!» говорил Декарт. В этом случае, без сомнения, любые соотношения в ней были бы рациональными, а то и укладывающимися в столь любимые нами круглые числа. Но поскольку Солнечная система возникла в некоторой мере как результат игры случая, время обращения Луны вокруг Земли выражается вот такой дробью: 29,5305... суток. Время обращения Земли вокруг Солнца 365,24219... суток. Неправильные числа, никак друг на друга не делимые.

Конечно, двенадцать лунных месяцев это почти время годового обращения планеты вокруг своего светила, однако «почти» крайне приблизительное. Разница близка к одиннадцати суткам. Момент весеннего равноденствия, праздник весны и пробуждения природы, которого с таким нетерпением ждет земледелец, в одном году придется на первое число первого месяца лунного календаря, в следующем уже на двенадцатое, еще через год на двадцать третье. Человеку необразованному, не способному разобраться в путанице таблиц, остается только слушать жреца, носителя «мудрости».

Впрочем, не каждого жрецов устраивал такой прыгающий календарь. Приходилось пускаться на всяческие хитрости, чтобы остановить его бег. Для земледельца важны не

фазы Луны, а времена года, солнечного года, определяемого движением Земли по околосолнечной орбите. И вот лунный календарь начинают «привязывать» к солнечному. Для начала вводят в каждый четвертый лунный год тринадцатый месяц: все-таки легче становится учитывать сдвиг дней в таком уже не «бегущем», а «качающемся» численнике. А потом стараются указать для каждого дня лунного года, какие в это время восходят и заходят созвездия. Календарь превращается в лунно-солнечный. Религиозные обряды исполняют по Луне, полевые работы начинают по Солнцу.

В 433 г. до н.э. древнегреческий астроном Метон сделал замечательное открытие: оказывается, через каждые 235 лунных месяцев, т.е. через 19 лет, Новый лунный год опять совпадает с весенним равноденствием. Греки встретили это известие с восторгом. Ведь календарь, которым они пользовались, превращался, таким образом, в вечный! Достаточно было составить таблицу дней всех лунных месяцев, связать с ними положение Солнца и Луны и все заботы, связанные с вычислениями сроков полевых работ, сами собой отпадают. Девятнадцатилетний цикл был назван Метоновым. Имя ученого знал буквально каждый грек, каменные столбы с его календарем стояли на площадях множества древнегреческих городов.

И все-таки нужно сказать, что лунный календарь весьма и весьма неудобен. Многие народы, вначале отдавшие ему предпочтение, со временем переходили к счету дней «по Солнцу», например, древние римляне, от которых мы получили календарь, принятый сегодня практически всем человечеством. И хотя в иных странах сохранились еще местные и религиозные календари, страны эти, выходя на международную арену, пользуются все-таки общепринятым древнеримским.

Чего не знали римские полководцы

Если верить легендам, римляне вначале жили по довольно странному календарю: в нем было всего 10 лунных месяцев.

Год завершался тогда десятой луны исполнением.
Это было число в высшей у древних чести.

В знак ли перстов десяти, привычного счета порядка... писал в самом конце I в. до н.э. Публий Овидий Назон в своих «Метаморфозах». Вы спросите: «А как же потом? В году ведь двенадцать новолуний как минимум!» А потом дней просто не считали...

Когда наступит новый год, а с ним придет и календарный счет дням, знали только жрецы-понтифики. Они наблюдали за появлением молодой луны. Когда в небе, наконец, прорезался блестящий серпик, граждан созывали в Капитолий и объявляли о начале

месяца календах. А в первое мартовское новолуние торжественно возглашалось начало года.

Но не только началом месяца были знамениты календы. В этот день полагалось платить долги и проценты. Долговая книга называлась «календариум» от нее рукой подать и до привычного «календаря».

В день, посвященный первой четверти луны, «ноны» («нонус» по-латыни означает девятый, г. е. за 9 дней до «ид» середины месяца), понтифики объявляли, какие и когда предстоят в начавшемся месяце праздники, что для римлян с их невероятным многобожием было сведениями особой ценности.

А считали римляне дни не последовательно, как мы, а иначе. Говорили: «Столько-то дней перед календами, нонами, идами». Может показаться, что это не совсем удобно. Однако если речь идет о планировании своих действий, гораздо важнее знать, сколько времени еще осталось, чем сколько уже прошло. Недаром же и в наши дни пишут: «До пуска объекта осталось...».

Десятимесячный календарь продержался недолго. В 700 г. до н.э., если опять-таки верить легенде, второй по счету римский царь Нума Помпилий, полагавший себя прямым потомком священного Ромула, добавил еще два месяца: януариус, названный так в честь Януса, двуликого бога входов и выходов (а вовсе не двуличного негодяя, каким считали его невежественные варвары), и февруариус, именем своим напоминавший о Фебрусе, боге подземного царства мертвых, печальный месяц, который потому и сделали самым коротким, 28-дневным.

Начало же года по-прежнему приходилось на весенний мартиус месяц полевых работ, которому покровительствовал Марс, тогда еще бог весенних побегов, а не кровавых войн. Затем шли апрелис, месяц, когда на деревьях раскрываются («апери́ре») почки; майюс, прославляющий богиню плодородия Майю; и наконец, юниус, посвященный Юноне, богине небосвода, жене Юпитера, «царице богов и людей», как ее называли.

Месяцы с пятого по десятый почему-то не были отданы никаким богам и звались просто квинтилис, секстилис, сентяمبر, октобер, новембер и десембер.

Увы, Нума Помпилий оказался плохим астрономом. Его год получился куцым, всего в 355 дней, на десять с четвертью меньше, чем требовалось. Чтобы начало года не прыгало, чтобы не передвигались праздники в честь богов, понтифики ввели между 23 и 24 февруариуса дополнительный месяц марцедониус, получивший свое название от глагола «марцере» увядать. Марцедониус как бы увядал на два года, а потом вновь

появлялся внутри фебруариуса то длиною 22, то 23 дня. Система, что и говорить, сложная, требующая неусыпного внимания. А внимания-то как раз понтификам и не хватало. Очень скоро они запутались и не нашли ничего лучшего, как добиться разрешения делать вставной месяц такой длины, «какой нужно». Случилось это в 191 г. до н.э., и почти полтораста лет после этого события понтифики занимались самой удивительной подпольной торговлей — торговлей днями марцедониуса.

Вдруг укорачивая год, они обрушивали на ничего не подозревавших должников внезапные календы. Если требовалось убирали неугодного консула, чьи полномочия неожиданно кончались. Зато для человека нужного и щедрого год, словно по волшебству, растягивался.

Бороться со своеволием понтификов не пытался никто. Слишком уж они были могущественны и слишком могущественные люди поддерживали их. А календарь... Календарь так запутался, что превратился в истинное народное бедствие.

«Римские полководцы всегда побеждали, съязвил Вольтер, но никогда не знали, в какой день это делали».

Рим заимствует мудрость Египта

Первый римский император Гай Юлий Цезарь был не только императором, но по совместительству еще и великим понтификом. Он обладал именно той полнотой власти, которая была нужна, чтобы покончить с календарным беспорядком, разрушительно действующим на хозяйство и торговлю. Осенние праздники ведь приходилось по милости жрецов справлять весной, праздник жатвы — среди зимы.

Но как исправить дело, не запутав его еще больше? Император пригласил в Рим известного египетского астронома Созигена, которого, по-видимому, знал лично: Цезарь ведь был в Египте, и, как человек от природы любознательный, не мог не посетить знаменитую Александрийскую обсерваторию, где работали некогда известнейшие астрономы древности.

Здесь, пожалуй, будет самое время восстановить допущенную по отношению к солнцу несправедливость и сказать, что поклонялись ему в древности ничуть не меньше, чем луне. Нет такого народа, который не относился бы с величайшим почтением к животворному его теплу. Солнце приветствовали раскуриванием трубки вожди индейских племен, ему приносили кровавые человеческие жертвы североамериканские делаваы, в его честь убивали лошадей на вершине Тавгета древние греки. Солнцу молились древние германцы (даже в конце XIX в. крестьянин в

Верхнем Пфальце снимал шапку, приветствуя его восход), ассирийцы, лапландцы, монголы, тунгусы, армяне. Майя трубили в его честь в трубы, курили фимиам и посвящали солнцу несколько капель крови из ушей жреца. Славяне почитали солнце под именами Сварога, Хорса, Дажь бога. А сколько имен было у него в городах Древнего Египта: Гор в Гиеракомполе, Анхер в Абидоссе, Бобек в Файюме, Менту в Гермонте, Атум-Ра в Гелиополе «Городе Солнца».

Вдоль Нила выстроились гигантские храмы Ра. Жрецы Солнца по расположению небесных светил умели хорошо предсказывать разливы реки, несущей на поля плодородный ил. «Сотис великая блистает на небе и Нил выходит из берегов своих», а где искать звезду Сотис, это знали лишь избранные. И, добавим, хорошо оплачиваемые избранные: могущество фараонов держалось ведь не на чем ином, как только на плодородии почв Нильской долины. В XII в. до н.э. храмам Амона принадлежало почти 330 тыс. гектаров пашни, 420 тыс. голов скота, 80 тыс. рабов, 433 сада, 83 корабля и масса другого имущества. «Необходимость вычислять периоды подъема и спада воды в Ниле создала египетскую астрономию, а вместе с тем господство касты жрецов как руководителей земледелия», отмечал Маркс.

Год египтяне делили без затей. Три сезона: наводнение, посев, жатва. В каждом по четыре месяца. Внутри месяца три десятидневки декады (т.е. шесть пятидневок пентад). Всего 360 дней. Нехорошо, конечно, ошибка в целых пять суток. Но ведь это календарь четвертого тысячелетия до нашей эры. Астрономическим познаниям еще явно не хватало глубины. Проходит несколько столетий, и мы видим добавление: к 360 дням приплюсованы еще пять, праздники в честь детей бога земли Геба и его супруги Нут Осириса, Гора, Сета, Исиды и Нефтиды.

Сейчас мы знаем, что и эта цифра 365 дней отличается от истинной длины года на четверть дня. Но эту разницу еще не могли ощутить астрономы Древнего царства. Впрочем, скоро бритоголовые служители Исиды, которой была посвящена звезда Сотис (по-нашему Сириус), обнаружили, что каждые четыре года это блестящее светило опаздывает с восходом на один день. Повторялась история с лунным календарем, только в более медленном темпе. Там календарь делает полный круг за 19 лет, здесь же для того, чтобы восход Сотис опять пришелся на первое число месяца «тот», требовался 1461 египетский год (1460 лет по современному летосчислению). Это возвращение звезды отмечалось торжественным праздником в честь Вечности...

Итак, календарь плыл мимо восхода Сотис, словно лодка на Ниле мимо храма, и никого это не беспокоило. А может быть, и беспокоило, но не решались люди высказывать свое недовольство. Ведь пустяковая требовалась процедура, чтобы остановить календарь: каждые четыре года добавлять к счету дней еще один. Неужели богатые знаниями

жрецы не могли додуматься до такой реформы? Не верится как-то. Скорее всего, они сознательно не шли на подобное упрощение. Кому охота выпускать из рук власть? Только в 238 г. до н.э. царь Птолемей Эвергет, потомок греческого полководца Птолемея, служившего в победоносных войсках Александра Македонского и завоевавшего для Греции (а потом и для себя лично) Египет, приказал: праздновать раз в четыре года еще один праздник, в честь богов-покровителей Эвергета. К календарю добавилась ежегодная четвертушка дня, и бег его замедлился настолько, что один лишний день стал набегать раз в 128 лет. Но, должно быть, столь маленькая ошибка показалась тогдашним астрономам несущественной.

Вот подобный календарь и предложил Юлию Цезарю египетский астроном. Император решил провести реформу в 46 г. до н.э. К тому времени римский календарь разошелся с солнечным на 70 суток по милости нерадивых понтификов, да еще десять дней надо было прибавить, чтобы год стал нормальной длины. Наконец, по принципу «рубить, так одним махом», Юлий Цезарь перенес начало года на 1 януариуса, дату вступления в должность новоизбранных консулов. И хотя простой случайностью оказалось, что на первое януариуса пришлось так чтимое римлянами полнолуние, великий понтифик не преминул воспользоваться этим обстоятельством: он сказал, что сами боги благосклонны к нововведению. Ну, а год-год оказался самым длинным в истории Рима, в 445 дней. Так его и называли: «год великого замешательства».

Дополнительный же день (тот самый, который добавил Эвергет) оставили на месте прежнего марцедониуса, между 23 и 24 февруариуса, за шесть дней до мартовских календ. Шестой по-латыни значит «секстус», а удвоенный шестой — «биссекстус». В русский язык слово пришло через греков, которые вместо «б» говорили «в»; биссекстусный год мы называем високосным.

Не забыл Цезарь и себя. Месяц квинтилис был переименован подобострастным сенатом в «Юлиус» по желанию императора, пишет древнеримский историк Светоний.

Преемник Цезаря, император Октавиан Август, последовал его примеру и увековечил свое имя, перенаименовав в свою честь секстилис. Переставил он и количество дней в месяцах, чтобы непременно иметь в «своем» счастливое нечетное число дней. Вот в таком виде и достался календарь римским папам и константинопольским императорам, почти тот самый, по которому мы живем. Отличие в названии: унаследовали от римлян юлианский, а живем по григорианскому. Разница между ними как будто незначительная, на три четверти дня за столетие, а смысл кроется громадный. Какой же?

Последствия 78 десяти тысячных дня

Созиген, как вы помните, вслед за Эвергетом не придавал значения одному лишнему дню, набегавшему за 128 лет. Он пренебрег результатами наблюдений великого астронома древности Гиппарха, который еще во II в. до н.э. установил, что год длится не 365,25 дня, а немного меньше (по последним наблюдениям, на 0,0078 дня). Юлианский год оказался чуть медлительнее стрелок солнечных часов. Впрочем, римляне не успели ощутить сколько-нибудь серьезно эту «недоработку». Рим как государство кончился, когда разница между календарным и солнечным временем не достигла даже трех дней. Вот кому пришлось поволноваться так это христианам.

В конце XIV в. христианская церковь, принявшая юлианский календарь за основу летосчисления, вдруг обнаружила, что весеннее равноденствие давно уже не совпадает с 21 марта, и более того, каждые 128 лет наступает раньше еще на один день. Между тем по постановлению Никейского собора (он состоялся в 325 г.) равноденствие обязано было «навсегда» приходиться именно на 21 марта, как это было в год собора. Требовалось привести календарь «в норму», и первые голоса об этом раздались в Византии, наиболее ревностной хранительнице канонов. Но каноны каномами, а реформа реформой дело опасное. Император Андроник решил, что ничего кроме церковных смут нововведение не вызовет, и отверг все предложения (хотя, как говорит словарь Брокгауза и Ефрона, некий Никифор Григора «предлагал изменить календарь на тех же началах, на каких дело это впоследствии осуществлено было папой Григорием XIII»).

В западной, римской церкви под знаком предложений о реформе календаря прошел весь XV и первая половина XVI в. Чтобы решить проблему, в Рим пригласили знаменитого нюрнбергского астронома Региомонтана, прославившегося своим астрономическим календарем, которым пользовался сам Колумб. Увы, едва приехав, ученый заболел и скончался. Вопрос об изменениях снова оказался отложенным. Рассуждал о том, как исправить календарь, и V лютеранский собор, состоявшийся в самом начале XVI в. Свое мнение собравшимся представил, в частности, Коперник: он полагал, что длина года еще не известна с той точностью, которая гарантировала бы от ошибок в будущем. Тридентский церковный собор в 1563 г. поручил папе Пию IV взять дело календарной реформы, как говорится, под личный контроль. Но орешек оказался крепким. Умер Пий IV, его сменил Пий V, потом на престоле оказался Григорий XIII, а каким будет новый календарь, споры все шли и шли.

Между тем проект во всех отношениях замечательно простой был уже разработан. Его автором был врач Алоизий Лильо, живший в итальянском городе Перудже, профессор медицины в местном университете. Чтобы остановить движение календаря, он предлагал попросту выбросить накопившиеся со времен Юлия Цезаря лишние дни, а потом не считать високосными те года, которые не делятся на 400. Лильо закончил свои

вычисления в 1576 г. Но представить проект папской комиссии он не успел: даже легкое недомогание в ту эпоху превращалось в смертельную болезнь... Бумаги ученого повез в Рим его брат. Редко бывает, чтобы даже самый замечательный проект проходил через комиссии без замечаний: каждый из заседающих считает, что он не глупее автора и вовсю стремится это продемонстрировать. Но проект Лильо оказался столь безукоризненно выполненным, что был принят без единой поправки.

Папа Григорий XIII утвердил решение комиссии, издав буллу «Итер грависсимо...»: всем христианам повелевалось считать 5 октября 1582 г. не пятым, а сразу 15 октября.

«Григорианский стиль» сразу же был принят в Италии, Испании, Португалии, Франции, Нидерландах. Год спустя его ввела Польша, германские государства, Швейцария. Консервативная Англия ждала до 1751 г., а затем «одним выстрелом убила двух зайцев»: исправила календарь и перенесла начало 1752 г. с 25 марта на 1 января. Кое-кто из англичан воспринял реформу как истинный грабёж: шутка ли, исчезли целых три месяца жизни! Рассказывают, что некоторые дамы всерьёз требовали, чтобы правительство вернуло, им «украденные девяносто четыре дня»...

Еще более консервативными оказались «отцы» восточной, православной церкви. Они до сих пор живут по юлианскому календарю. И не только живут, а по возможности старались (в царской России весьма успешно) помешать переходу к новому стилю. Возражали, например, против него потому, что праздник пасхи, если вычислять его в расчете на григорианский календарь, иногда может совпасть с еврейской пасхой, вещь по христианским канонам недопустимая. Но главным, конечно, было не это обстоятельство, а стремление подчеркнуть свою независимость от Рима и пренебрежение к папе.

В одном строю с церковниками стояли в России и представители светской власти, но уже по соображениям «охранительного» порядка. Известный реакционер князь Ливен, министр народного просвещения, писал в 1830 г., что «вследствие невежества народных масс неудобства, сопряженные с реформой, далеко превысят ожидаемые выгоды». По печальной российской традиции мнение титулованного мракобеса одержало верх над научным трудом полудюжины академиков, с фактами в руках пытавшихся доказать правительству настоятельную необходимость перехода к новому календарю «ради удобства торговли, улучшения работы путей сообщения, расширения связей с другими народами и научной деятельности».

Октябрьская революция, ликвидировавшая все институты самодержавной власти, избавившая народ от гнета религии, без труда решила вопрос и календарной реформы. Декретом Совета Народных Комиссаров от 26 января 1918 г. после 31 января шло уже не

1 февраля, а сразу четырнадцатое.

Общество и «точка отсчета»

Календарь на один год — это, конечно, важно, но это еще не все. Есть еще такая вещь, как хронология, счет лет, возникший гораздо позже календаря. Сконцентрированная история, как ее иногда называют. И в самом деле, разве мало говорят воображению человека, хорошо знакомого с историей, сухие даты: 1914, 1917, 1941, 1945?..

Но вот что любопытно. Называя год «тысяча девятьсот четырнадцатым», мы совершенно не задумываемся, что это год от «рождества Христова», а само «рождество» было вычислено монахом Дионисием Малым в 525 г. н.э. Как-то нам это все равно.

Да и во времена, когда жил Дионисий, его «открытие» прошло незамеченным. Вплоть до 1431 г. все энциклики папы римского датируются «от сотворения мира», а «христианнейшая» испанская церковь вплоть до XII столетия за начало отсчета лет брала даже не эту освященную авторитетом пап дату, а 38 г. н.э., когда император Октавиан Август даровал покоренным иберийцам, населявшим Пиринейский полуостров, статус жителей римской провинции.

От сотворения мира вели счет годам и в России, вернее, от сотворения Адама, которое (в соответствии с постановлением Никейского собора) произошло 1 марта 1 года творения, в пятницу. 1492 г. был, например, 7000 годом от сотворения мира. Он должен был начинаться в марте, но царь Иван III не посчитался с традициями и перенес новогодие почему-то на осень, на 1 сентября. (Не с тех ли времен идет традиция начинать в этот день школьный учебный год?). Вторым реформатором календаря стал Петр I, повелевший перейти на гражданский счет лет и вместо 1 января 7209 г. от сотворения мира писать 1 января 1700 г. от рождества Христова. Заодно и начало года было перенесено на январь. Впрочем, не желая конфликтов с приверженцами старины и церковью, в указе царь сделал оговорку: «А буде кто захочет писать оба те лета, от сотворения мира и от Рождества Христова, сряду свободно».

Выходит, людям все равно, от какой «точки отсчета» измерять годы? Они безразличны к хронологии? А как же памятные события? Странно все это...

С еще более странным явлением столкнулись этнографы, когда после Октябрьской революции стали изучать быт народов Севера. Их поражало, что чукчи не могли ответить на вопрос «сколько тебе лет?». И не потому, что не умели считать, а просто потому, что полагали вопрос бессмысленным. Не все ли равно, сколько лет протекло от твоего рождения, если ты хороший охотник, если ты силен и смел и всегда можешь

прокормить свою семью?

С крайнего северо-востока страны мы переносимся в некогда глухие деревни севера европейской части Союза. Там живут марийцы, чуваша, коми. Когда в двадцатые годы этнографы появились в этих затерянных селениях, повторилась, правда, с некоторыми вариациями, знакомая история. «Вехами времени» были не годы, а события: мор, война, «когда лебеду ели», «когда Марья замуж вышла». Здесь попросту не было того, что мы называем хронологией.

«Отсчет времени был для них непонятен, и происходило это не от отсутствия памяти, пишет профессор Л.Н. Гумилев. Время изготовления вещи и ее отношения к событиям жизни было весьма четкое. Они игнорировали время как таковое, как абстракцию».

«Люди, продолжает ученый, считают время так, как им нужно, и не применяют иные системы счета не потому, что не умеют, а потому, что не видят практического смысла».

В чем же заключается «практический смысл» хронологии? В отношениях хозяйственных и политических. Внутри отдельной семьи, между семьями внутри общины, между общинами внутри государства, между государствами, наконец.

Когда же возникла хронология? По-видимому, только с образованием государства. И хронология эта была вовсе не привычным нам последовательным счетом лет. Восшествие «к кормилу власти» очередного правителя было весьма торжественной датой, немудрено, что она и становилась «точкой отсчета».

В клинописных вавилонских надписях ученые читают: «21 год Навуходоносора», «год начала царствования Амель-Мардука». Египетские иероглифы гласят: «В год 8-й... я вышел из Конта по дороге, указанной его величеством...»; «Год 23-й, первый месяц третьего времени, день 9-й. Пробуждение в жизни, здравии, благополучии в царской палатке у города Ааруны», но, конечно же, без упоминания имени фараона, считавшегося священным.

Императорским указом назначались и периоды, внутри которых вели счет годам в Китае. Это была очень сложная и в известной мере произвольная система. Когда очередной владыка вступал на престол, начинался счет годам его правления, а название периоду присваивали по принципу «то, чего нет, но хочется». Когда в хрониках встречается сообщение о том, что был голод, а период именовался «Благоденствие», не нужно думать о насмешке или дезинформации: просто верилось правителю, что неурожай испугается хорошего, оптимистического названия. Когда же обстоятельства изменялись, император переименовывал период, и звался теперь он, например,

«Победа над завоевателями». Вся эта сложная система, продержавшаяся вплоть до XX в., доставляет немало хлопот археологам и историкам.

Зато в Древней Греции возник очень удобный линейный счет времени. Правда, у греков было чуть ли не столько самостоятельных календарей, сколько городов. В каждом маленьком государстве праздновались свои праздники, посвященные богам, устраивались свои торжественные дни выборов в народное собрание. Но одно событие имело значение для всех: Олимпийские игры, которые впервые состоялись, как говорит предание, в 776 г. до и. э., а потом повторялись каждое четырехлетие. Олимпиада была столь важным «мероприятием», что на время игр прекращались военные действия. Победителя в любом состязании ставили на бронзовый треножник и ему вручали оливковый венок, особо выдающимся воздвигали статуи в священной роще Альтис, имена олимпийских героев прославлялись в песнях. Словом, игры и все, что на них происходило, надолго оставалось в памяти.

Олимпиады были тем связующим звеном, которое объединяло разрозненные государства в Элладу, и не удивительно, что именно олимпиадами как единицей счета времени решил воспользоваться в III в. до н.э. древнегреческий историк Тимей. Способ оказался удачным, греки охотно им пользовались. «Умер Александр в 114 олимпиаду, когда в Афинах архонтом был Гегесий», писал, например, философ II в. до н.э. Флавий Арриан о кончине Александра Македонского.

Ну а при чем тут архонт? Оказывается, в Афинах вели счет лет и по олимпиадам, и по архонтствам — периодам власти очередного верховного правителя республики. Примерно так же и в Риме сосуществовали две хронологии: одна линейная — от основания города, другая циклическая — по именам консулов, причем считать по консульствам прекратили только в 514 г. н.э. Линейным счетом пользовались почему-то крайне редко. В огромном труде Светония «Жизнь 12 цезарей» слова «от сотворения города» встречаются только один раз, а все остальные даты указываются по консульствам. Точно так же и Плиний в своей «Естественной истории» лишь однажды и это диктовалось особым вниманием к факту — прибегает к линейному счету: «Мукомолов-пекарей не было в Риме до войны с Персеем в продолжение свыше 580 лет от основания города».

Начальная точка в линейных хронологических системах имеет, как правило, политическое значение. Она может быть и реальной, и мифической. Скажем, дата бегства пророка Мухаммеда из Мекки в Медину, год «хиджры», событие вполне историческое и записанное его учениками. Дата основания Рима скорее всего выдумана, хотя сам факт не подлежит сомнению: вот он Рим, можете убедиться. У персов почему-то датой начала линейной хронологии стал год неудачной битвы с арабами. А

монах Дионисий Малый, трудясь над пасхалями (таблицами празднования пасхи), между делом высчитал год рождения Христа: 754 после основания Рима. Дионисий, как человек глубоко верующий, стремился внести свою лепту в борьбу с иными религиями древнеримской, языческой и отчасти иудейской, замечает профессор Л.Н. Гумилев. Ведь адепты этих религий, желая развенчать христианство, утверждали, будто ничего особенного после рождения Христа не произошло, так вот вам, неверующие: с этого дня началась новая эра, христианская.

Есть в науке такое понятие «этнос». Слово греческое, означает оно «вид», «порода». Ученые относят его к людям. Этносу присущи, в частности, особые нормы взаимоотношений между коллективом и отдельной личностью. Они, пишет Л.Н. Гумилев, «негласно существуют во всех областях жизни и быта и воспринимаются в эту эпоху и в этом этносе как единственно возможные способы общения. Для членов этноса они естественны, незаметны и потому не тягостны. Зато нормы других народов, другого этноса странны и даже отвратительны». Например, афиняне порицали скифов за то, что у тех не было домов и что они напивались до бесчувствия. А скифы, со своей стороны, не понимали, как можно плясать в процессии в честь Вакха. Дионисия, и, увидев однажды своего царя участвующим в ней, так возмутились, что немедленно его убили.

Хронология разных этносов также разная. Иногда ее вместе с религией делают средством объединения разных народов в некое сообщество, как это случилось во времена папы Григория XIII, боровшегося за господство Рима над Западной Европой и провозгласившего «христианский мир».

Этот мир был странной штукой, рассказывал мне Л.Н. Гумилев. В него входили страны, не вполне христианские, и не входили страны, исповедовавшие христианство чуть иного, толка, населенные, скажем, греками, болгарами, русскими. Не входили кельты, хотя они были крещены гораздо раньше, чем англосаксы и даже франки, но поскольку были крещены они миссионерами не римскими, а египетскими, считались «еретиками». Со своей стороны, ни греки, ни болгары, ни русские, ни кельты не признавали власти папы. И потому, в отличие от «христианского мира», пользовались своим календарем и своей «точкой отсчета». Христианская религия Рима расползлась буквально на весь мир, этот процесс я назвал бы попыткой образования «суперэтноса». А сейчас мы видим, как на наших глазах суперэтнос начинает съеживаться, возвращаясь в прежние свои пределы, хотя немало веков он гордо именовал себя «мировой культурой», столбовой дорогой цивилизации. Но такая аберрация свойственна представителям всех эпох: они вечно считают свое основным.

«Позолота сотрется, свиная кожа останется», говаривали герои сказок [Андерсена](#). Попытка заставить мир подчиниться догматам христианской религии не удалась. Но

диалектика сработала и тут. Хронология «от рождества Христова» сыграла иную, совсем не предусмотренную ее создателями роль: стала шкалой, объединяющей факты из истории разных народов планеты.

Календари истории Земли и Вселенной

Ученым требовалось заглянуть и в более ранние времена, нежели «рождество Христово», охватить умственным взором и связать между собой события, случившиеся в Древнем Египте и Вавилоне, Ассирии и Финикии. Нужен был календарь, единый для всех времен письменной истории.

И такой календарь был создан. Его составил Жозеф-Жюст Скалигер, известнейший деятель эпохи борьбы за торжество Реформации. Он родился во Франции в 1540 г., юность его прошла в огне религиозных войн, где он сражался на стороне гугенотов простым солдатом. В конце концов ему пришлось бежать в Женеву, потом скитаться по разным странам Европы, и везде он оставлял по себе память как о человеке выдающейся учености. Он знал множество языков, был крупным историком, разбирался в математике, астрономии и филологии, его выступления на теологических диспутах были язвительны и остроумны. Он решительно перестроил хронологию и заставил служить ее не только сугубо утилитарным религиозным целям, вроде вычисления дней пасхи.

Скалигер обобщил сочинения известных историков церкви, которым приходилось волей-неволей упоминать и различные подлинные события. Так составилась непрерывная шкала времени, начавшаяся 1 января 4713 г. до н.э. Ученый предложил считать все дни подряд, не разбивая по годам, так что, например, 31 декабря 2000 г. будет по этому стилю днем №2452910.

Скалигер пользовался разными источниками, в том числе и не очень достоверными. Не исключено, что в его перечень событий закралась ошибка. Можно ли ее обнаружить? Оказывается, да. Есть еще один календарь, объемлющий ту же эпоху, но составленный по совсем другим «опорным столбам» — солнечными лунным затмениям.

Величественные «знаменья небесны» отмечены в летописях. Сопоставляя дату хроники со временем, вычисленным по формулам астрономии, нетрудно проверить точность летописца. Труды австрийца Т. Оппольцера, немца О. Нейгебауэра, русских М. Вильнева и Ф. Семенова «Каноны затмений» составили скрупулезно точную шкалу времени начиная с 4200 г. до н.э.

Жаль только, что не в силах эти календари помочь археологам. Они находят вещи, на

которых нет дат. Рядом не покоятся летописи. А знать точное время ну, хотя бы с ошибкой на пять лет, голубая мечта ученых. И представьте себе, мечта эта не столь далека от реальности. Более того, иной раз удается поднять точность датировки до года! Как? Но сначала познакомимся с берестяными грамотами.

«Поклон от Грикши к Есифу. Прислав Онанья, молви... Яз ему отвечал: не рекл ми Есиф варити перевары ни на кого. Он прислал к Федосьи: вари ты пиво...» Это письмо шестисотлетней давности, нацарапанное на клочке бересты, нашли в Новгороде на раскопках. Берестяных грамот, попавших в руки ученых, несколько сотен. И тут же, на раскопках, обнаружили календарь, который эти грамоты обозначил с точностью до нескольких десятков лет, а деревянные строения с ошибкой порядка года, и что самое замечательное в слоях, отстоящих от нас на многие столетия.

В Новгороде ездили по деревянным мостовым: почва глинистая, место топкое. Когда настил окончательно заносило грязью, поверх него клали новый. В раскопе один над другим лежат 28 ярусов добротные еловые тесаные плахи. Они застилали Великую, Кузьмодемьянскую, Холопью улицы древнего Неревского «конца» (концами называли районы, на которые делился город). Справа и слева останки деревянных домов. Новгород, как и всякий деревянный город, горел часто. После пожара снова строился, настилал новые мостовые. Все это дерево и стало календарем.

Дерево... Его возраст узнают по годичным слоям. Каждое лето на стволе нарастает кольцо древесины. Толст или тонок он будет зависит от погоды, в засушливое лето рост идет хуже. По кольцам гигантской секвойи, что растет в Северной Америке на склонах гор Сьерра-Невада и живет по три с половиной тысячелетия, люди узнали, как менялась погода в Калифорнии на протяжении всех этих тридцати пяти веков год за годом. В Новгороде ученые интересовались не столько погодой, сколько хронологией, и кольца не подвели.

«Мостовые, пишет профессор В.Л. Янин, настилались каждые двадцать двадцать пять лет, а использовали для них плахи столетних деревьев. Значит, сравнивая годичные кольца разновременных плах, можно постепенно нарастить их показания и получить единую шкалу чередования климатических условий для длительного времени, по крайней мере для шестисотлетнего периода с десятого по пятнадцатое столетие, от которых дерево в Новгороде сохраняется достаточно хорошо.

За эту кропотливую и трудоемкую работу взялся Б.А. Колчин. Он изучил и сравнил между собой тысячи добытых в раскопках образцов древних бревен. Для начала ему удалось получить относительную дендрохронологическую шкалу. Это значит, что экспедиция узнала взаимное старшинство древних мостовых. Выяснилось, например,

что мостовая седьмого яруса была построена на четырнадцать лет раньше мостовой шестого яруса, а мостовая тринадцатого яруса спустя тридцать лет после мостовой четырнадцатого яруса. Абсолютных дат еще не было.

Потом удалось получить и абсолютные даты. Для этого были изучены бревна, использованные в фундаментах новгородских церквей, время постройки которых было достоверно известно из летописей. Эти даты, заняв свое место на общей шкале, дали датировку всем, даже самым отдаленным от них участкам шкалы...

Благодаря этой работе любое найденное при раскопках бревно хорошей сохранности получает теперь абсолютную дату. А это значит, что каждый сруб, каждая мостовая лежат теперь в земле как бы с ярлыком, на котором написано: этот сруб и эта мостовая построены из бревен, срубленных в таком-то точно обозначенном году. Это значит, что все прослойки, связанные с мостовыми и срубами, могут быть теперь датированы с небывалой до сих пор в археологии точностью. Это значит, наконец, что все вещи, извлеченные из датированных прослоек, могут точно назвать свой возраст, вернее, время, когда они попали в землю...».

И вот теперь мы знаем, что первую в истории Новгорода мостовую настлали в 953 г., а следующую через 19 лет, что такой-то дом построили в 1274 г., а в 1284 г. перестлали в нем полы, что мостовую улицы Великой в 1254 г. ремонтировали там, где обветшал настил 1238 г.

А можно заглянуть еще глубже в прошлое. Но только не дерево уже будет нашим проводником. Оно не выдержит тех миллионов лет, куда мы собираемся отправиться. К счастью, есть другие организмы, похожие на дерево своей способностью образовывать годовые кольца: кораллы.

Известковый скелет коралла, если его распилить, покажет отчетливые годовые наросты. Под микроскопом каждое кольцо расщепляется на тончайшие слои — следы дней года. На свету коралл питается интенсивнее, нежели ночью, и это видно по плотности вещества. У кораллов, живущих в наши дни, в каждом годичном слое — 365 микрослоев. Кораллы же среднедевонского периода, возраст которых около 370 млн лет, явственно утверждают, что в тогдашнем годе было примерно 400 суток, а кораллы каменноугольного периода (карбона) — что 385...390. Что же, был длиннее год? Вряд ли. Скорее иное: день был короче. А за прошедшие сотни миллионов лет вращение Земли вокруг оси замедлилось.

Есть в природе и такие календари, которые, словно мины замедленного действия, только ждут своего часа, чтобы начать отсчитывать время. Один из таких «таймеров» создан для нас космосом.

Космические лучи, атакующие нашу планету, превращают атомы азота в атомы радиоактивного углерода-14. Период полураспада этого элемента, т.е. время, за которое распадается ровно половина атомов в избранном объеме вещества, 5760 лет. Поэтому в недрах Земли углерода-14 нет, он весь давным-давно распался. Не найдешь его ни в угле, ни в алмазе, зато в атмосфере – вот он, к вашим услугам. Дождь космических лучей льется на Землю с завидным постоянством на протяжении многих тысячелетий. С таким же постоянством идет и образование все новых порций углерода-14, словно вливаются они в атмосферу по невидимой трубе. Но у этого «бассейна» есть и вторая «труба», по которой они исчезают: старые, давным-давно созданные космическими лучами атомы все время распадаются. Во всяком бассейне в конце концов наступает «динамическое равновесие»: приход становится равным расходу. Наступило оно и в атмосфере Земли.

Атомы углерода соединяются, в частности, с атомами кислорода, образуя углекислый газ. Как только это произошло, начинается обычная цепочка: растения поглощают углекислый газ, углерод-14 откладывается в их тканях, животные поедают растения и также насыщаются радиоактивным углеродом (вреда организмам это не приносит: мощность излучения чрезвычайно мала). «Практически вся живая материя, от белой ели с Юкона до растущего в Австралии эвкалипта и добытого в Антарктиде тюленьего жира, дают $15,3 \pm 0,1$ распада в минуту на грамм углерода-14», отмечает американский исследователь У. Либби.

Что же происходит, когда организм умирает? В него перестает поступать радиоактивный углерод, а имеющийся в тканях распадается. Каждые 5760 лет, прошедших со дня смерти дерева или животного, количество углерода-14 в их останках падает вдвое. Иными словами, счетчик Гейгера, с помощью которого исследователь измеряет скорость радиоактивного распада, отметит 7,7 распада в минуту через 5760 лет, потом 3,85 распада через 11 520 лет, потом... Словом, смерть запускает механизм радиоактивных часов. И когда мы читаем, что найден труп мамонта, погибшего 11 тыс. лет назад, или что самому древнему колесу 5830 ± 150 лет, это значит, что даты были определены именно по «листкам» углеродного календаря.

Если же речь идет о миллионах и миллиардах лет, ученые обращаются к свинцовому, аргоновому и стронциевому календарям.

Свинец накапливается в горных породах, содержащих уран, который, как известно, состоит из трех радиоактивных «братьев»-изотопов: урана-238, урана-235 и урана-234. В результате распада уран-238 (период полураспада 4,49 млрд лет) превращается в уран-234, а тот с периодом полураспада в 330 тыс. лет становится не распадающимся дальше

свинцом-206. Если же взять уран-235, то продукт его превращений (период полураспада по этой реакции 700 млн лет) тихий свинец-207. Соотношение между свинцом и ураном говорит о возрасте как земной горной породы, так и метеорита, проблуждавшего в космосе много миллиардов лет, или минерала, привезенного с Луны. В куске вещества как бы спрятаны два счетчика времени: уран-238 свинец-206 и уран-235 свинец-207. Показания одного можно проверить показаниями другого. За это ученые особо ценят «урановые часы».

Газ аргон накапливается в минералах, содержащих радиоактивный металл калий-40. Калий-аргоновым методом узнают чаще всего возраст морских отложений (окись калия заключена там в минерале глауконите, который образуется на дне морей), а также слюды, встречающейся в граните, гнейсе и других горных породах.

Стронций возникает при распаде рубидия-87, но календарем этим пользуются с большой осторожностью, потому что рубидий довольно легко привносится в минералы извне и столь же беззаботно покидает их. Впрочем, если никакого другого «минерального календаря» под рукой не оказывается, геологи благодарны природе и за этот.

Реальность всемирного календаря

Все календари, которыми пользуются люди в быту, порождение длинных нагромождений случайностей, легенд и религиозных обрядов. Они отражают глубокую разобщенность народов, которая существовала в те далекие времена, когда Земля представлялась плавающей на трех китах в океане. Различны праздники, в том числе и религиозные. На разные даты приходятся выходные дни.

А между тем хозяйственная жизнь любой страны становится все более зависимой от жизни других стран, от взаимного согласования деятельности предприятий и учреждений. И все чаще раздаются голоса, призывающие преодолеть «календарный барьер», все еще разделяющий народы, ввести общий для всей планеты счет лет, месяцев и дней.

Но это должен быть совсем новый календарь. Григорианский неудобен с точки зрения планового хозяйства. Возьмите, например, распределение рабочих часов в нашей стране по месяцам 1975 г.: 178, 164, 170, 177, 162, 171, 185, 177, 178, 185, 156, 176. Может быть, положение станет лучше, если объединить месяцы в кварталы? Отнюдь: 512, 510, 540, 517 дней. Вот и извольте предусмотреть равномерную загрузку оборудования, транспорта, линий связи... Все, кто занимается планированием, говорят: нужны одинаковые месяцы или хотя бы кварталы, необходимо, чтобы дни недели не

разгуливали по месяцам, как им вздумается. Взять блуждающие воскресенья. Они то совпадают с праздниками, то нет, а из-за этого бывают годы, когда в нашей стране число рабочих дней на 2,4 процента превышает среднее. Чтобы сравнивать темпы производства, разрабатывать плановые задания, приходится все время помнить об этом. А почему? Только потому, что григорианская система никакой логикой не отличается, как не отличается ею деление месяца на недели.

Первую попытку создать календарь, опирающийся на данные астрономической науки, предприняли деятели Великой французской революции.

21 сентября 1792 г. Национальный конвент утвердил декрет о ликвидации монархии и старого календаря как символа прежней власти. «Все общественные акты будут датироваться 1-м годом Свободы», провозглашал декрет. (Заметим: вот она, новая линейная система, с новой политически важной датой.) Счет начался с 22 сентября, со дня осеннего равноденствия: он был объявлен днем революционного Нового года.

Сам же календарь был разработан комиссией, в которую входили видные астрономы того времени, в том числе Пьер Симон Лаплас, автор гипотезы об образовании Солнечной системы из огромной газовой туманности гипотезы Канта Лапласа, как ее называют теперь. Проект был представлен Конвенту 20 сентября 1793 г. и спустя пятнадцать дней принят «как более научный, более согласный с движением небесных светил, временами года и народными преданиями».

В нем было двенадцать равных месяцев, по 30 дней в каждом. Вместо недели вводилась десятидневка, декада. Праздничными днями считались 1, 10, 20 и 30 числа, а кроме того, пять дополнительных дней в конце года «санкюлотиды», названные так в память о бедняках, шедших в первых шеренгах революционных отрядов. Санкюлотами их презрительно называла аристократия, носившая украшенные кружевами короткие, до колен, штаны кюлоты. Санкюлот означало «беспорточник», человек в длинных, не отвечавших моде штанах-брюках (до моды ли было нищим!). «Для нас, революционеров-патриотов, дорого это прозвище, прославленное свободой», сказал поэт Фарб дЭглантин. Он придумал и названия праздников (в честь Гения, Труда, Подвигов, Наград, Мнений и Санкюлотов), и названия месяцев, новые и поэтичные.

Осень, начинавшаяся 22 сентября, состояла из вандемьера (месяца сбора винограда), брюмера (месяца туманов) и фримера (месяца заморозков). Наступавшая 21 декабря зима это были «снежный» нивоз, «дождливый» плювиоз и «ветреный» вентоз. Весну с 21 марта открывал жерминаль месяц произрастания, флореаль цветения и прериаль лугов. Наконец, 19 июня приходило лето: массидор (месяц жатвы), термидор (жаркий) и фрюктидор (плодоносный).

Просуществовал новый календарь недолго — всего 13 лет. Восстановив империю, Наполеон Бонапарт поспешил отменить его. Духовенство встретило 1806 г. радостными кликами по поводу любезных ему церковных праздников, воскресений, суббот и прочих дней недели. Но календарь санкюлотов вернулся в Париж в 1871 г., в дни революционной Коммуны. Март и апрель тогда были жерминалем и флореалем 79 года революционной французской эры.

Современные проекты преобразований не столь радикальны. Ставится иная задача: не ломать, а лишь подремонтировать широко распространившееся, ставшее привычным григорианское сооружение, сделать его удобным, но с минимальными расходами на реорганизацию.

Очень хорош календарь, разработанный французским астрономом М. Армелином и удостоенный Золотой медали на конкурсе французского Астрономического союза. Во-первых, сохраняются все названия месяцев и дней недели, а год привычно начинается 1 января, и на этот день всегда — чтобы можно было отдохнуть после праздника — приходится воскресенье. С воскресений же начинаются все кварталы, в каждом из них всегда 91 день, число воскресных и будних дней одинаково (первый месяц — 31 день, второй и третий — по 30 дней, в том числе и февраль). Таким образом, в году получается 364 дня, а последний, 365-й день считается праздником Нового года и Днем мира. В високосный год вводится еще один день без числа между 30 июня и 1 июля — второй День мира.

Этот календарь одобрен Секретариатом ООН (проект был рекомендован к введению еще в 1954 г.). Ввести его можно было бы в любой из годов, начинающихся с воскресенья, т.е. в 1956, 1961, 1967, 1978, 1984, 1989 и 2006 гг.

Увы, предрассудки и противоречия в мире еще столь сильны, что ООН не в состоянии с ними справиться. Христианские богословы, а вслед за ними и представители некоторых стран не согласны с календарем, потому что новый счет расходится с их формулами определения пасхи: куда прикажете девать день без числа? В арабских странах находятся фанатики, считающие лунный календарь святыней, данной аллахом: как можно заменять его каким-то изобретением «неверных»? В памяти многих народов григорианский календарь — символ изгнанных колонизаторов, так в честь чего снова вводить его? Короче, проблема единого календаря — проблема уже не астрономическая, а политическая. И все-таки верится, что объединяющие тенденции окажутся сильнее, ибо, как сказал поэт о нашей Земле.

Все
Стремится

Здесь сблизиться, слиться: В косяки собираются птицы.
В элеваторы льется зерно.
И, устав проклинать и молиться.
Людям хочется быть заодно.
Чтобы спорился труд вдохновенный.
Окрыляя людские сердца
В этом мире.
Вот в этой вселенной.
Расширяющейся
Без конца!

Глава третья.[Часы для всех и для каждого](#)

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде n-t.
ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)

Участник	15 789	
Rambler's	9 195	
TOP 100	7 940	

Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Глава третья. Часы для всех и для каждого

С высокой башни колокольной,
Призывный заменяя звон,
Часы поют над жизнью дольной,
Следя движение времен.

В. Брюсов

Природа поделила сутки на день и ночь, а человек стал отмечать «особые точки» дня и ночи уже по своему усмотрению.

«Эллины и все варвары как при различных несчастьях, так и при полном благополучии преклоняют колена и повергаются ниц при восходе и при заходе Солнца и Луны...» читаем мы в диалоге Платона «Законы». Однако начало суток у разных народов было разным*: полночь у древних египтян и римлян, полдень у арабов, закат у евреев и греков, заря у славян.

* Сейчас почти весь мир живет по гражданскому времени, которое начинается в полночь; астрономы же вплоть до 1925 г. предпочитали вести отсчет времени суток с полудня, и непосвященному было очень странно читать в их справочниках о лунных затмениях, происходящих вроде бы днем, когда и луны-то не видно.

Туземцы островов Товарищества поразили Кука и его спутников тем, что без всяких часов различали в сутках целых восемнадцать частей, причем с очень большой точностью. Доли были неравными: на восходе и закате более мелкие, к полудню и полуночи крупнее, возможно, потому что утром и вечером краски неба и его яркость изменяются быстрее, чем в разгар дня. Инки делили сутки на шесть частей, арабы на восемь, майя и исландцы на десять. Даже в начале нашего века украинские крестьяне делили сутки не столько по часам, сколько по древнему обычаю: «досвіта» за час до рассвета, «рано» на восходе солнца и т.д.

Чем дальше уходит патриархальный быт, тем чаще старинные наименования частей суток требуют пояснений лингвиста и этнографа. В обиходе остались самые простые: утро, вечер, полдень, полночь, заря, закат... Часы есть у всех, и мы охотнее называем просто точное время. Какой же народ достоин чести называться изобретателем деления суток не на произвольные доли, а на вполне определенные часы?

Скорее всего, славные вавилоняне.

Двенадцать делений на циферблате — память о вавилонских богах Шамаше и Сине, богах света и тьмы. Умалить долю одного из них было совершенно недопустимо, и потому отдельно день и отдельно ночь делились на 12 равных частей. Летом дневные части были больше ночных, зимой — наоборот, да и день ото дня они изменялись, — вся эта сложная система кажется нам столь надуманной. А вавилонянину наше равномерное двадцатичетырехчасовое деление суток показалось бы, наверно, страшным святотатством.

Традиции живучи: в России даже в XVI в. часы на башнях Московского Кремля показывали отдельно дневное, с восхода до заката, и отдельно ночное время. Часовщики «водили часы», устанавливая утром и вечером стрелки на первый час циферблата...

К слову сказать, в Вавилоне даже не знали слова «час», хотя изобрели солнечные часы. Греки называли их «гномон» — указатель.

Маленький гномон и большая Земля

В библейской книге Исайи рассказывается, как пророк демонстрировал свою власть над природой иерусалимскому царю Езекии: «Вот, я возвращу назад на десять ступеней солнечную тень, которая прошла по ступеням Ахавовым, и возвратилось солнце по ступеням, по которым оно сходило». Что же это за таинственные ступени? Английский перевод этого древнееврейского текста говорит прямо: «на десять ступеней вниз по солнечным часам Ахавовым». Езекия царствовал в VII в. до н.э., стало быть, изобретены солнечные часы с делениями на циферблате были значительно раньше.

А простой гномон — палка, поставленная вертикально и указывавшая время длиной своей тени, — появился, как говорят китайские и древнеегипетские хроники, в III тысячелетии до н.э.

Самую короткую тень гномон отбрасывает в полдень. В этот момент Солнце проходит

через меридиан. По тени древние астрономы наносили полуденную линию, которая потом была им нужна при наблюдениях звезд. Гномоны делались и маленькими, переносными, и возводились как монументальные сооружения. Обелиски высотой в десятки метров, олицетворяющие лучи бога солнца Ра, ставились попарно возле его храмов и тоже, по-видимому, играли роль гномонов.

Громадные размеры — это заметное изменение тени даже при самых незначительных «шагах» светила по небу. Египетские и греческие астрономы, работавшие в Александрии, столичном городе Египта времен Птолемеев, славились точностью своих наблюдений. В Александрийской обсерватории изучал небо в середине II в. до н.э. знаменитый астроном древнего мира Гиппарх. Он составил первый в истории каталог звезд. Там же занимался астрономическими исследованиями столь же знаменитый, прославивший свое имя в веках как математик, геодезист, географ, философ и комедиограф Уратосфен. Он был первым, кто измерил по тени гномона окружность Земли.

Солнечные часы попали из Вавилона в Грецию, утверждает легенда, благодаря вавилонскому жрецу Беросу, который жил в конце IV — начале III в. до н.э. Вряд ли, однако, это случилось именно так. Ведь в одной из комедий Аристофана (а драматург жил в 446...385 гг. до н.э.) говорится как о вещи совершенно естественной, что время обеда это когда тень длиной в десять ступней. По-видимому, уже в то время в Афинах, где жил драматург, на главной площади стоял гномон, а у богатых граждан появились рабы, обязанные бегать к гномону и сообщать господину, сколько времени. Те, кто победнее, пользовались услугами бродячих «часов» людей, ходивших по городу и за мелкую монету отвечавших, который час. А в пьесах афинского драматурга Менандра, жившего в IV...III вв. до н.э., впервые встречаются слова «час» и полчаса».

Древние солнечные часы очень наглядно показывают, как традиции сковывают мышление изобретателей. Для нас вполне естественно измерять время по отклонению тени от полуденной линии. Астрономы IV в. до н.э. следили за длиной — очень неудобный способ: ведь полуденная высота солнца день ото дня изменяется, и на каждый день года приходится вводить поправку.

Из Греции солнечные часы попали на Сицилию, а оттуда в 263 г. до н.э. один из консулов привез их в Рим. Правда, время они показывали неверно, потому что были рассчитаны для другого, более южного города, но это никого не смущало. Часы быстро стали популярны, и персонаж комедии известного древнеримского драматурга Плавта жаловался: «Прежде город был для меня лучшими часами, а сейчас я могу есть только тогда, когда это угодно солнцу. Надо, видите ли, считаться с его ходом. Город прямо наводнен часами...»

Форм и видов солнечных часов было множество. Их устраивали на площадях, укрепляли на стенах домов, делали переносными и даже карманными: вытащил, посмотрел на тень, спрятал. Простые и со временем ставшие дешевыми, они стойко отбивали атаки других часов, лишь в позднем средневековье сойдя на роль забавной игрушки.

А игрушки действительно бывали преинтересные. Некий искусник заставил солнце палить из пушки: зажигательное стекло воспламеняло порох в затравке, и в полдень по городу раскатывался выстрел. А механик Ренье, служивший в XVII в. у герцога Шартрского, соорудил для своего господина «солнечные куранты»: линзами воспламенялся порох не в пушке, а в цилиндрах с поршнями, от которых и звонили колокола.

В XIX в. солнечные часы повсеместно вышли из употребления, хотя бывалые путешественники по-прежнему ценили в них безотказность и время от времени заказывали такие часы «последним могиканам» гномонического искусства. Таким «могиканином» был московский мастер А.С. Трындин: с солнечными часами его работы не расставался известный русский полярный исследователь Ф.П. Врангель. Сейчас эти часы с компасом хранятся в музее Петропавловска-Камчатского.

А чтобы знать время ночью, был придуман «ноктураль» — несложный прибор, который показывал часы по положению Большой Медведицы относительно Полярной звезды.

Солнечные часы и ноктураль работали только при безоблачном небе, что делало их не особенно удобными. Безвестные изобретатели древности сумели поставить на службу времени наравне с движением небесной сферы простое течение воды.

«Похитительница воды» следит за временем

Капля за каплей падает из сосуда, а когда он опорожнится, раб снова наполняет его. Уровень воды показывает, сколько времени прошло после наполнения. Клепсидра похитительница воды значит по-гречески это слово — считала время еще во II тысячелетии до н.э. все в тех же колыбелях цивилизации — Индии, Египте (где для нее был придуман даже особый иероглиф), Китае. Потом она стала известна жителям стран восточного Средиземноморья, перекочевала в Грецию, а оттуда в Рим.

Ораторы в римских судах выступали, поглядывая на клепсидру: дабы не давать никому из тяжущихся преимущества, истцу и ответчику отводили времени поровну.

Очень серьезное применение нашли клепсидре карфагеняне. В IV в. до н.э., пишет

греческий писатель Полибие, они передавали на войне приказы с помощью «водяного телеграфа». Карфаген воевал тогда с сицилийским правителем Дионисием Старшим, и на обоих берегах моря африканском и сицилийском были якобы устроены две башни. Там стояли клепсидры, а в них плавали куски пробки с воткнутыми палочками, на которых были нанесены деления. Сосуды держали наполненными, и когда требовалось передать сообщение, показывали факелом, что пора открыть клепсидру, а второй факел означал, что воду нужно остановить. Сигнал «стоп» подавали, когда на передающей станции палочка опускалась до нужного деления. Офицер на приемной станции смотрел на палочку своей клепсидры и против деления читал приказ. Конечно, таким образом можно было передавать лишь очень ограниченный круг сообщений, к тому же только оговоренных заранее. Внезапное изменение обстоятельств войны могло сделать такой телеграф ненужной игрушкой. Поэтому в дальнейшем систему усовершенствовали. В книге греческого военного писателя Энея Тактика об осаде городов рассказывается о «телеграфных клепсидах», у которых на палочках было 24 деления по числу букв алфавита. Неудобно только каждый раз ждать, пока наполнят сосуд после передачи очередной буквы. Но кто знает, не додумались ли изобретательные греки до применения двух клепсидр для передачи и двух для приема? Пока одну приводили в исходное положение, другая могла работать в «активном режиме»...

Клепсидра была штурманским прибором на кораблях, плававших по Великому морю Заката, как именовалось Средиземное море в книгах Древнего Востока. Брал ее с собой в Британию Юлий Цезарь и благодаря ей заметил, что летом на острове дни длиннее, чем на материке, в Галлии.

Но это было вовсе не первое применение клепсидры для целей астрономии. Философ II в. н.э. Секст Эмпирик писал, что именно с помощью водяных часов древние обозначили границы двенадцати созвездий Зодиака. Они разделили воду, вытекавшую из клепсидры за сутки, на 12 частей. Потом смотрели, какие звезды проходят через полуденную линию в тот момент, когда из сосуда вытекала каждая такая часть. За год еженощных наблюдений перед глазами астрономов прошел весь небесный «зверинец», как переводится с греческого слово «зодиак», и обрисовались границы каждого созвездия.

Иные клепсидры древнего мира выглядели истинными чудесами гидравлики и механики. Я не оговорился: именно механики. Вода вращала колеса с лопастями, от которых приводились в ход зубчатые передачи. Она заставляла двигаться поршни гидравлических цилиндров, благодаря ей в нужные моменты срабатывали сифоны словом, буквально все достижения тогдашней техники концентрировались в механизмах водяных часов.

Знаменитостью был на переломе II...I вв. до н.э. александрийский механик Ктезибий. Он строил множество удивительных механизмов. Музыканты исполняли свои произведения на его водяных органах «гидравликосах», в рудниках работали его водяные насосы, идея которых сохранилась в неизменности вплоть до наших дней, его метательные машины посылали тяжелые стрелы в стан врагов силой сжатого воздуха. Его клепсидра с «вечным» заводом, с календарем на весь год и указателем часов сделала бы честь любому механику нашего времени.

Подойдя к ней, мы сразу бы видели, работает она или нет: если грустный маленький амур ронял капельки слез в стоящую перед ним чашу, значит, часы были в полном порядке. А вот и циферблат: высокий цилиндр, испещренный линиями. Его поверхность разделена вертикальными черточками на 365 частей, по числу дней года. Извилистые горизонтальные линии — это линии часов: от восхода до заката ровно 12, и столько же от заката до восхода. Но длина дня и ночи на протяжении года меняется, линии «знают» об этом, вот потому они и извилисты. Стрелка часов — указка в руке другого, веселого амура, стоящего на дельфине. По мере того как течет время, слезы его печального собрата заполняют сосуд с поплавком-дельфином, и амур-указатель поднимается все выше и выше, показывая часы. Когда сутки кончаются, трубка-сифон опорожняет сосуд, в котором плавает дельфин, и счет времени начинается снова. Вылившаяся вода вращает лопасти колеса и через систему зубчаток поворачивает цилиндр-циферблат на $1/365$ окружности. Начинается новый день.

И так круглый год.

Столь сложные машины стоили безумных денег. Даже царям были они не по карману. Только несметно богатые храмы могли их заказывать, и действительно, часы Ктезибия стояли не во дворце, а в храме Арсиноя.

Отдал должное конструированию клепсидр великий Архимед: его водяные часы с механическими передачами показывали не только время, но и движение Солнца, Луны и планет.

Арабские механики делали водяные часы с боем; в звонкую чашу падали шарики — по числу прошедших часов. На круглом циферблате, очень похожем на нынешний, стрелка показывала время, а из открывшихся окошечек каждый час выходили рыцари. Халиф Гаруналь-Рашид подарил в 809 г. этот восхитительный механизм императору франков Карлу Великому. Вторые подобные часы, в виде дерева с золотыми листьями и золотыми и серебряными щебечущими птицами, остались в Багдаде.

Но все это уникальные, подарочные устройства. А время нужно было знать и придворным, и ученым, и цеховым старейшинам, и монахам (пропущенный час молитвы страшный грех!).

Спрос рождает предложение. Появляются очень простые, остроумные конструкции, вполне «пригодные для массового производства».

Вот одна из них. Если взять колесо, крепко насадить на ось, а потом подвесить на двух нитках, намотав их на ось, получится детская игрушка. Когда мы дадим колесу возможность свободно падать, оно станет вращаться, дойдет до самого нижнего положения, а потом силой инерции вращения снова намотает на свою ось нити и поднимется вверх. Яркие раскрашенные, такие игрушки можно кое-где увидеть и сейчас. Но изобретатель превращает игрушку в часы, и для этого замедляет вращение колеса. Теперь колесо — полый цилиндр, разделенный внутри радиальными перегородками на несколько камер. В каждой — по дырочке, а одна из получившихся камер наполнена водой. Жидкость неторопливо переливается из одной камеры в другую, колесо медленно опускается, разматывая нити. Приделать шкалу, на которой осью отмечалось бы время, дело уже несложное.

Леонардо да Винчи предложил водяной будильник? коромысло весов с двумя чашами, соединенными трубкой. Одну наполняют перед сном водой, в другую капает вода из кляпсидры. «Это часы для тех, кто бережет свое время», описывает их конструкцию Леонардо, и действуют они так. Когда из кляпсидры натеет столько воды, сколько помещается в противоположной чаше весов, то последняя, приподнимаясь, изливает свою воду в первый сосуд, который, так как вес воды в нем удвоился, с силой приподнимает ноги спящего. Он просыпается и отправляется по своим делам».

Тут же нарисован чертеж: захваты водяного будильника приподнимают постель с сонным синьором.

В обсерватории Тихо Браге наполненные ртутью кляпсидры (тогда еще не знали, что ртуть ядовита) отсчитывали не только часы, но минуты и даже секунды. Не случайно ведь точность измерений знаменитого датского астронома десятикратно превзошла точность, полученную Галилеем. Наблюдения Тихо стали базой для теоретических изысканий Кеплера, завершившихся выводом его знаменитых законов движения планет — законов «вечных», если можно так выразиться.

Кстати, о минутах и секундах. Родились они вовсе не для измерения времени, а для отсчета углов. Отцом их был астроном Птолемей, тот самый, система построения мира которого просуществовала чуть ли не две тысячи лет. Диаметр круга, служившего ему

для отсчета положений звезд, он разбил на 120 больших делений, далее каждое на 60 патрес минута прима, первых малых частей, а их еще на 60 патрес минута секунда, вторых малых частей (деление это было столь же произвольно, как и деление древних иудеев, у которых час состоял из 1080 частей, а часть из 76 мгновений).

Когда в средние века час делили на меньшие доли, этим занимались люди, прекрасно знакомые с трудами Птолемея, одобренными католической церковью. Полтора тысячелетия его книги служили для астрономических расчетов; разбивка на 60 и еще раз на 60 выглядела чуть ли не божественным откровением. В наш век десятичных систем только меры времени и углов сохранили старинное, крайне неудобное для расчетов деление, что же, не исключено, что и этот архаизм когда-нибудь отправится на покой...

Клепсидры принесли пользу не только астрономии. Мастера, изготавливавшие их, нуждались в точных формулах для расчета сосудов. «Как добиться, чтобы вода истекала равномерно?» этим вопросом занимался, в частности, знаменитый Даниил Бернулли, выдающийся физик и математик своего времени. Одну из присужденных ему десяти премий Французской академии наук он получил в 1725 г. именно за исследование о клепсидре — первый мемуар из целой серии работ, составивших его «Гидродинамику», фундаментальный труд по теории движения жидкости, формулами которой пользуются и сейчас строители кораблей, гидротурбин, насосов и тысяч других машин.

Клепсидры, несмотря на свою исключительно простую конструкцию, оказались живучими приборами. «Клепсидра ле-Буланже определяет время полета снаряда на различные дальности. Клапан прибора соединен электрической цепью с двумя рамами, через которые проходит снаряд. По весу вытекшей ртути определяют время полета снаряда. При времени полета до 20 с точность прибора $\pm 0,01$ с», сообщает «Техническая энциклопедия», изданная в 1930 г.

А полистайте издающийся в наши дни реферативный журнал «Метрология»: гидравлические измерители времени самых разнообразных видов встречаются чуть ли не в каждом номере, их патентуют изобретатели США, Англии, Франции и многих других стран. Деталей по сравнению с обычными часами во много раз меньше: бедность, которая лучше иного чрезмерного богатства.

Но разве только воде свойственна текучесть? Песок умеет это делать ничуть не хуже. И древние изобретатели создали песочные часы. Однако простой песок для них не годился. Рецепты его приготовления мастера хранили в строжайшем секрете. Технология была очень сложной. Песок кипятили в вине и лимонном соке, потом сушили, просеивали и снова кипятили, и так девять (магическое число!) раз.

Считалось, что только так можно получить особо тонкий и однородный, не слеживающийся порошок, который будет пересыпаться из одной склянки часов в другую совершенно равномерно.

[М.В. Ломоносов](#) предлагал наполнять песочные часы «искусственным песком», как мы назвали бы такой продукт сейчас: крошечными металлическими шариками, выплавленными из мелко нарезанной тонкой проволоки. Совершенно одинаковые, они, по мысли ученого, высыпались бы очень ровно, точно отмеряя время.

Песочные часы пользовались особым, вниманием не случайно. Они были важным инструментом мореплавателей, по ним отмечал скорость хода своего корабля еще Колумб: он наблюдал, сколь, быстро проплывают вдоль борта пузырьки пены (лаг тогда еще не был изобретен). Триста лет спустя лаг все-таки придумали, он вошел во всеобщее употребление, и теперь без 30-секундных песочных часов капитаны чувствовали бы себя так же неуютно, как если бы их лишили компаса.

Чтобы измерить скорость хода, за борт на веревке с узлами через каждые 50 английских футов и 8 дюймов (15,4 метра) выбрасывали какой-нибудь предмет, например бочонок потом для этой цели сделали из дерева специальный сектор, который вел себя в воде, как всем известный «воздушный змей», и следили, с какой скоростью он, оставаясь, относительно судна неподвижным, тянул за собой веревку. Сколько узлов пробежало мимо ладони матроса, пока пересыпался в часах песок, столько узлов (или миль в час) делал корабль. Матросы английского флота прозвали эти часы гласе, что значит стекло, склянка.

Время вахт отмечали по 30-минутным часам: каждый раз, переворачивая «склянку», вахтенный матрос бил в колокол отбивал склянки, и традиция эта сохранилась на флоте по сию пору, хотя, конечно, всюду на кораблях есть современные часы.

Во время сражения склянок не били: до того ль, когда каждый человек на счету. И штурману предписывалось: «С началом сражения оборотить трех- или четырехчасовую склянку; записывать курс в погонном и отступном бою, время разных случаев и обстоятельств баталии».

Прошли столетия, но, как это всегда бывает в истории техники, изобретения далеких веков не забывались. Врачи, фотографы да мало ли кто еще прибегает ныне к услугам песочных «склянок»...

Последний шаг на пути к «настоящим» часам

Только консерватизмом человеческого мышления можно объяснить, почему часы с приводом от гирь не были изобретены хотя бы тем же Ктезибием или Архимедом. И уровень их знаний, и тогдашняя технология производства всего этого было достаточно (даже зубчатые колеса умели делать), а придерживались конструкторы все-таки испытанных «водяных» решений. Впрочем, в наши дни, когда число возможных вариантов не в пример больше, чем во времена Архимеда, «школы» главных конструкторов очень часто тоже поражают упрямой приверженностью к какому-то одному приему, одной (видимо, лучше знакомой) технике. Если «шеф» поотстал в полупроводниках и хорошо разбирается в релейной автоматике, будьте уверены, что в машинах его КБ будет полным-полно обмоток и контактов, а транзисторов раз-два и обчелся. Так что не нам осуждать предков за любовь к традициям...

Итак, механические часы. Вот она, падающая гиря, привязанная к веревке. Просто дать ей лететь вниз не годится. Нужно сделать так, чтобы она падала медленно, чтобы в такт с движением Солнца по небу двигалась по циферблату часовая стрелка. Одна-единственная часовая. Никому, кроме чудаков-астрономов, не нужны были в ту эпоху минуты, а тем паче секунды.

Хотя о трении еще не было никаких понятий, механики все-таки подметили; когда много зубчатых колес цепляются друг за друга, первое, самое тихоходное, вращать бывает очень трудно. А если последнее, самое быстрое, еще и подтормозить, то связанная с первым колесом гиря начнет опускаться с нужной скоростью. Так получилась колесная система; которую вы увидите в любых нынешних механических часах. Правда, в них скорость движения стрелок регулирует не тормоз, а маятник, но о нем разговор впереди.

Где же и когда были такие часы изобретены? Одни историки говорят: более тысячи с лишним лет назад в Италии. Другие утверждают, что в Византии: в хрониках 578 г. написано, что часы с гирями появились именно там. Но, может быть, летописец, не очень искушенный в технике, ошибся? Может быть, речь шла о клепсидре с механической передачей? Странно, что потом византийцы нигде не упоминают такой удивительный механизм, как часы с гирей. Видимо, все-таки придется отправиться в Италию...

Правда, и здесь свидетельства историков не отличаются четкостью. Честь изобретения приписывают то некоему Пацификусу из Вероны тогда это IX в., то Герберту Аурелаку, бывшему пастуху, бывшему монаху, прилежному ученику богословской школы где-то в Испании, ставшему, потом папой Сильвестром II, тогда это самый конец X в. Что поделаешь, на таком расстоянии столетия выглядят уже как миги.

Единственное, что мы знаем точно, так это слова Данте из его «Божественной комедии»:

...в часах колеса ходят сами,
Но в первом ход неразличим извне,
А крайнее летит перед глазами...

Стало быть, в конце XIII начале XIV в., когда творил поэт, эти часы были хорошо знакомы всем. И не только внешне. Устройство их представлялось читателю вполне ясным, так что поэт мог спокойно употребить колеса механизма в качестве сравнения.

Дошло до нас известие и о том, что в 1314 г. механик Бомон установил часы с боем на башне у моста в городе Канны.

До самого конца XVII в. часовщиков, строивших башенные часы, почтительно именовали «свободными художниками». И не случайно. Вся жизнь порой уходила у них на то, чтобы рассчитать механизм, изготовить колеса и другие части, а потом собрать конструкцию, зачастую чрезвычайно хитрую. Заказчики требовали не только, чтобы часы отбивали время да играли незатейливые мелодии, им хотелось, чтобы видно было все: и движение планет, и фазы Луны, и моменты солнечных и лунных затмений. Речь шла, конечно, не о пропаганде астрономических знаний. Цель была иная, и о ней прекрасно сказал Анатоль Франс: «Нам трудно представить себе духовный мир человека былых времен, твердо верившего, что земля — центр вселенной, а звезды вращаются вокруг нее... Тогда у бога не было других детей, кроме сынов и дочерей человеческих, и все его творение имело устройство наивное и поэтическое, подобно огромному собору. Так понятая вселенная была до того проста, что ее изображали иногда всю целиком, в ее подлинном виде и движении, на больших башенных часах, снабженных особым механизмом и раскрашенных». Вера в могущественное влияние планет заставляла любого мало-мальски заботящегося о своих делах горожанина требовать составления гороскопа и сверяться со звездами, затеявая сватовство и назначая день свадьбы, отправляясь в дальнюю дорогу и закладывая новый дом...

Шестнадцать лет вытачивал колеса для своих часов в Падуе мастер Джиокомо де-Донди. Почти пятьсот лет, начиная с 1352 г., строились и перестраивались уникальные часы Страсбургского собора, считавшиеся одним из чудес света. В «астрономических» часах Джуанелло Туриано, построенных в 1550 г., насчитывалось 1800 колес.

Часы были невероятно дороги, и потому считались знатной военной добычей. Захватив город, могущественные феодалы нередко приказывали разбирать механизмы и перевозили их к себе, как сделал в конце XIV в. бургундский герцог Филипп Смелый, переправивший в свой Дижон часы из разграбленного фламандского города Куртрэ.

Вместе с работами практиков развивалась теория часовых механизмов. Первым часовщиком-теоретиком стал итальянский математик, философ и медик Джироламо Кардано (1501...1576) или, как его чаще называют, Кардан. В своем трактате он пишет о «математических принципах», которые положены им в основу расчета механизма, предупреждает будущих часовых дел мастеров, что «передача движения, которая применяется как у мельниц, так и в часах, хотя очень проста, но очень тонкого устройства».

Механический тормоз в XIV в. был заменен иным регулятором хода — шпindelным, и «тонкое устройство» его требовало неустанного надзора. Шпindel — это вертикальная ось с двумя пластинками, расположенными так, что конструкция в целом напоминала двузубую шестерню. Пластинки-палеты упирались в зубцы ходового колеса, через систему шестеренок связанного с осью, на которую наматывалась веревка с гирей. Ходовое колесо под действием веса гири стремилось вращаться, но не тут-то было: на пути зубцов колеса вставала палета, ее требовалось оттолкнуть. Но едва палета поворачивалась и пропускала зубец ходового колеса, другая палета останавливала движение. Затем они менялись ролями: вторая палета пропускала зубец, а первая останавливала колесо. Шпindel, таким образом, поворачивался то в одну сторону, то в другую. Чтобы сделать его вращение медленным, на него навешивали коромысло с грузами — билянец. Чем дальше от оси отстояли грузы, тем медленнее крутился шпindel — переставляя их, мастера «регулировали скорость хода часов».

Все было бы хорошо, но время колебаний зависело еще и от силы, с которой ходовое колесо могло подтолкнуть палеты, а силу эту невозможно сделать постоянной. Она ведь зависит от того, хорошо ли передаст колесная система вращающий момент гири, насколько этот момент будет «съеден» трением в зубцах шестеренок и подшипниках осей. Обработать с высокой точностью детали тогда не умели, хорошей смазки, которая не густела от холода и не растекалась от жары, не было. Силы сопротивления все время менялись, колесный механизм подталкивал билянец с разной силой. Равномерного движения не получалось, и часы то бежали вперед, то медлили. Самые точные вали как минимум на четверть часа в сутки. Но все равно: с 1550 г. на их циферблатах, правда, далеко не всюду, стали появляться минутные стрелки.

Башенные городские часы шли по европейским городам из Италии на запад и на восток: 1360 г. Майнц, 1401 г. Севилья, 1405 г. вольный город Любек. А годом раньше, в 1404 г., по заказу сына Дмитрия Донского, великого князя Василия Дмитриевича, поставил часы на Соборной площади Московского Кремля ученый монах Лазарь, выходец из Сербии, за что и прозывался Сербянином. Это были первые московские часы, о которых сохранились восторженные слова летописца, приведенные Н.М. Карамзиным в «Истории государства Российского»: «Сей же часник наречется часомерье; на всякий же

час ударяет молотом в колокол, размеряя и расчитая часы ночные и дневные, не бо человек ударяше, но человековидно самозвонно и самодвижно, станнолепно некако сотворено есть человеческою хитростью, преизмечтано и преухищрено».

Часы были, на наш взгляд, странными: с единственной неподвижной стрелкой, укрепленной «на 12 часов». Под нею вращался циферблат. Вместо арабских цифр старославянские буквы: А единица, В двойка и так далее. Но букв-цифр не двенадцать, а семнадцать, ведь самый длинный летний день в Москве продолжается 17 часов.

Фроловская, ныне Спасская, башня украсилась часами около 1500 г.. Троицкая и Тайницкая получила их в середине или последней четверти XVI в.

В бумагах старинных архивов названы имена часовщиков, отвечавших за точность хода и исправность механизма: у Тайницких ворот был в 1613...1614 гг. Потап Моисеев, у Фроловских Микифорко Микитин, который в тот год делал «у часов шестерню, да к часам подъем перечасный», т.е. ремонтировал механизм боя четвертей «перечасье». А у Троицких часов в 1626 г. механик, должно быть, все тот же Потап Моисеев, «подделывал ветренник, да у ветренника репей зубчатый, да в колесо трубку большую на вал ходовой», и у этих испортился ненадежный механизм боя.

Наверное, они же помогали в 1625 г. английскому мастеру Христофору Галовею ставить на Спасскую башню новые часы взамен прежних, обветшавших за полтора года. Делались новые часы четыре года, для них на башне возвели новый верх: работой зодчего Бажена Огурцова любуются москвичи и приезжие вот уже четвертое столетие. Подручными были у Галовея еще и кузнецы Устюжинского уезда: мастер Ждан, сын его Шумило Жданов да внук Алексей Шумилов Вирачев. Колокола же для перечасья отлил мастер Кирилл Самойлов, и главному колоколу была уготована трагическая судьба: через сто пятьдесят лет, в 1771 г., он по приказу Екатерины II был снят и лишен языка за то, что ударили в него в набат, призывая народ к бунту. Сейчас этот колокол стоит в Оружейной палате.

Мастера постарались. Два пятиметровых в диаметре деревянных циферблата, усыпанных золотыми и серебряными звездами, с ликами солнца и луны на каждом, смотрели один на Красную площадь, другой на соборы Кремля. Часы восхищали каждого, кто их видел. «...Чудесные городские железные часы, знаменитые во всем свете своею красотою и устройством и громким звуком своего большого колокола, который слышен не только во всем городе, но и в окрестных деревнях, более чем на десять верст», писал Павел Алеппский, сын антиохийского патриарха Макария, побывавший с отцом в Москве в 1656 г. «Это самые богатые часы в Москве», отмечал Августин Мейербер, посол австрийского императора.

На заре и на закате циферблат поворачивали, так что стрелка приходилась на первый час А, и счет часов начинался сначала. Поворачивать циферблат и следить за его движением, «водить часы», было делом серьезным, требовавшим внимания и искусства. В 1688 г. поступил государю донос на вдову часовщика Спасской башни Данилову Улиту, которая приняла по наследству ремесло после смерти мужа, что-де «бывает у нее один час продлится против дву часов, а в нынешнее время бывает в одном часе два проскорит». Чтобы знать, какой длины день, а какой ночь, часовщикам выдавались таблицы деревянные бирки. На них все было размечено, но, видать, не шибко грамотной была вдова Улита...

Не лучше обстояло дело с точностью хода часов и в других городах Европы. Но, как всегда бывает, когда ошибки измерительных приборов становятся особенно раздражающими и недопустимыми, наука находит рецепт для лечения болезни.

Хранители времени отходят от Аристотеля

«Время... кажется движением сферы», писал Аристотель в своей «Физике», называя сферой небосвод, и все позднейшие мыслители понимали, да и сейчас понимают время как нечто движущееся только в одном направлении, без зигзагов и остановок. В полном соответствии с этим принципом время во всех конструкциях часов измерялось чем-то текущим: движением тени, потоком воды, струйкой песка или медленным падением гирь. «Возможно, не существует в природе совершенно равномерных движений, которые могли бы послужить для определения точного времени», заметил Ньютон, и вся практика часового дела решительно подтвердила его осторожные слова. Часовщики в поисках все более равномерных движений не раз заходили в тупик.

Тупиком был и билянец.

Новая эпоха в измерении времени началась с появлением маятника.

«В 1583 году, имея 20 лет от роду, Галилей находился в Пизе, вспоминал ученик великого итальянца Винченцо Вивиани, где, следуя совету отца, изучал философию и медицину. Однажды, находясь в соборе этого города, он, со свойственной ему любознательностью и смекалкой, решил наблюдать за движением люстры, подвешенной к самому верху, не окажется ли продолжительность ее размахов, как вдоль больших дуг, так и вдоль средних и малых, одинаковой, ибо большой путь, как он думал, должен уравниваться большей скоростью... И пока люстра размеренно двигалась, он сделал грубую прикидку его обычное выражение того, как происходит ее движение взад и вперед, с помощью биений собственного пульса, а также темпа музыки,

в которой он уже тогда был искушен с немалою от того для себя пользой. И ему на основании таких подсчетов показалось, что он не заблуждался, но, не удовлетворенный этим, вернувшись домой, он, чтобы надежнее в этом удостовериться... привязал два свинцовых шара на нитях совершенно одинаковой длины так, чтобы они могли свободно раскачиваться... Оба шара, лишь бы они были на нитях равной длины от их центров до точек подвеса, сохраняли достаточно постоянное равенство (времени) прохождения по всяким дугам...»

Так был открыт замечательный факт: период колебания маятника не зависит от его размахов амплитуды колебаний.

Отметим любопытную деталь: пульс играл роль секундомера! В трудах Галилея то и дело встречаются фразы: «свинцовое ядро в сто фунтов весом прошло за четыре биения пульса расстояние больше, чем в сто локтей», «мы не находим никакой разницы даже на одну десятую времени биения пульса» и так далее (кстати, вот загадка: как мог Галилей, а у нас нет оснований ему не доверять, измерить $1/10$ времени биения пульса?).

Считают, что законы падения тел Галилей открыл, бросая с Пизанской падающей башни шары разного веса. Эта школьная легенда вряд ли истинна, во всяком случае в сочинениях ученого о подобных опытах нет ни слова. Ведь несравненно более точные доказательства он нашел, изучая именно колебания маятника. Вернее, маятников: одного с грузом из пробки, другого с грузом из свинца. Подвешенные на нитях равной длины, они качались (если размахи были не слишком велики и сопротивление воздуха не вносило искажений) совершенно одинаково, демонстрируя равенство скоростей падения легких и тяжелых тел.

Галилей занимался маятником всю свою жизнь. За год до смерти он издал «Беседы и математические доказательства», посвященные многим вопросам физики и механики. Среди прочих заметок там есть и такая: «Если мы пожелаем, чтобы один маятник качался в два раза медленнее другого, то необходимо длину его сделать в четыре раза больше». Эта формула стала краеугольным камнем всего последующего часового искусства.

Галилей понял, как должны выглядеть часы, в которых маятник придет на смену неточному билянцу. Но смерть уже стучалась к нему в дверь. Дряхлый и слепой, Галилей завещал окончание работы над часами своему сыну Винченцо. После смерти отца Винченцо долго не мог приняться за дело, а когда вместе с Вивiani приступил к изготовлению механизма, внезапно скончался.

Изобретенный Галилеем способ передачи движения от маятника ходовому колесу и от колеса маятнику был весьма совершенен. Увы, часовщики не воспользовались идеями

ученого... Спустя почти полтора столетия аналогичную передачу «ход» на профессиональном языке снова изобрели, чтобы применить в морских хронометрах.

Галилей или Гюйгенс?

Свято чтивший память учителя, Вивiani был глубоко уязвлен, когда спустя 16 лет после смерти Галилея ему попала в руки небольшая книжка, изданная в Голландии: «Трактат о часах». Ее автор Гюйгенс называл изобретателем маятниковых часов не Галилея, а себя. Он писал, что в 1657 г. заказал в Гааге мастеру Соломону Костеру механизм и уступил ему привилегию, выданную на это изобретение Генеральными штатами Нидерландов. Вивiani написал опровергающий памфлет, а принц Леопольд Медичи, к которому он обратился, взял на себя роль посредника в этом щекотливом деле.

Когда Гюйгенс получил письмо принца, оно прозвучало для него громом с ясного неба. Его обвиняли в плагиате! Как доказать, что он даже не подозревал о намерении глубоко уважаемого им Галилея построить подобные часы? А письмо прямо ставит точки над *i*: тайно сумел-де ознакомиться с секретной перепиской Галилея с Генеральными штатами, использовал его чертежи. Приложены копии рисунков Галилея смотри, уравнивай...

Гюйгенс, к счастью, был знаменит. Математик, астроном, оптик, в свои 29 лет он уже признан ученым миром Голландии, Франции, Англии. Его допустили к секретным архивам Нидерландов, дали прочитать переписку с Галилеем. Оказывается, в ней говорится не о часах, а об открытом итальянским ученым способе определения долготы по спутникам Юпитера, хорошо видимым в галилеевский телескоп.

Второе, не менее важное обстоятельство: механизм Галилея совсем не похож на механизм, изобретенный Гюйгенсом.

Все это молодой голландец изложил в вежливом ответе принцу Медичи. В конце приписал, что считает для себя большой честью решить задачу создания маятниковых часов*, с которой не справился великий Галилей, но безоговорочно признает первенство Галилея в открытии свойств маятника.

* Наверное, все участники спора были бы поражены, узнай они, что за 200 лет до Гюйгенса и Галилея маятниковые часы изобрел Леонардо да Винчи. Но бумаги Леонардо были обнаружены только спустя еще три столетия.

Доказав несостоятельность обвинений, Гюйгенс выпустил в 1673 г. второе издание «Трактата о часах», но уже не краткое описание механизма, а глубокий анализ проблемы. В пяти частях, составлявших книгу, лишь первая была посвящена собственно

часам. Далее исследовался маятник и идеальный, математический, и реальный, физический, работа которого оказалась, как всегда это бывает, гораздо сложнее для понимания, нежели принципы действия идеала. Гюйгенс связал длину физического маятника и период его колебаний с силой тяжести (этой формулы не смог вывести Галилей) и высчитал знаменитую g — постоянную силы тяжести, причем с очень высокой для того времени точностью. Словом, как пишет известный советский историк техники Н.И. Идельсон, книга «вошла в историю науки как пример слияния технической, конструктивной проблематики с совершенно новой теоретической базой для ее полного решения».

И еще об одном чрезвычайно важном вопросе шла речь в книге Гюйгенса. Математически доказывалось, что, вопреки Галилею, период колебаний маятника зависит от амплитуды размаха. Разницу нельзя заметить, пользуясь для измерений собственным пульсом, не удивительно, что Галилей о неравномерности этой не знал.

На практике это означало опять все то же: часы будут врать. Несовершенство колее приведет к тому, что сила, толкающая маятник, будет все время изменяться. Амплитуда колебаний и период окажутся переменными, а секунды, отсчитываемые маятником, разными. Конечно, ошибки можно снизить, уменьшив амплитуду, но они принципиально неустранимы.

Что же делать? В «Трактате» приводилось описание не только болезни, но и лекарства. Исправить маятник можно, заставив качаться его груз по дуге не окружности, а циклоиды (по этой волнообразной кривой движутся точки колеса, катящегося по ровной дороге). Гюйгенс предложил делать стержень маятника гибким и зажимать в точке подвеса между двумя расходящимися щечками, каждая из которых изогнута по циклоиде. Тогда, доказывал Гюйгенс, изгибающийся стержень заставит чечевицу маятника двигаться тоже по циклоиде.

Увы, изобретение не выдержало проверки практикой. Трение стержня о щечки влияло на период значительно, нежели переменность размаха. Хорошим часам циклоидальный маятник точности не прибавлял, а плохим просто был не нужен. После нескольких неудачных попыток Гюйгенс сам от него отказался. Описывать правильную циклоиду без всяких щечек маятник научился лишь триста лет спустя благодаря изобретению советского часовщика Ф.М. Федченко, о работах которого мы еще будем говорить.

Но и в своем простейшем виде маятник как регулятор хода был все-таки прекрасной находкой. Ошибка показаний часов сразу уменьшилась в 15...20 раз, на часовщиков перестали жаловаться. Точность измерялась уже не четвертью часа, а минутами и даже

несколькими десятками секунд в сутки. Колоссальную роль в быстром распространении новшества сыграла «технологическая пригодность» изобретения. В отличие от маятникового хода Галилея ход Гюйгенса не требовал почти никаких переделок механизма: нужно было только выбросить билянец и поставить на его место пару дополнительных колес да устроить маятниковый подвес. И то и другое было по силам часовщику средней квалификации. Налаживать часы после доработки не было нужды: они начинали идти сразу. Новинка быстро распространилась по Европе. Не обошла она и Россию.

Главные часы страны

В 1702 г., чуть утихла война со шведами, Петр I решил позаботиться о столице и заказал на родине Гюйгенса в Голландии часы для «белокаменной»: двое новых курантов ценой в 42 474 золотых ефимка. Через два года они были доставлены в Архангельск и на тридцати возах прибыли в Москву.

Механизм на Спасской башне, построенный Галовеем, совсем обветшал, и кузнец Никифор Яковлев с тремя товарищами, двумя молотобойцами да тремя кровельщиками принялся разбирать старые и ставить новые часы. Работали почти год, без выходных дней, а за работу получили на всех 16 рублей 26 алтын 4 деньги. В январе 1706 г. куранты снова зазвучали над Красной площадью.

К сожалению, они не дожили до наших дней. Довольно быстро они «пришли в пущую ветхость», как доносил часовщик Спасской башни Гаврила Паникадильщиков, а после пожара 1737 г. окончательно испортились. В ту пору на Москву уже перестали обращать внимание, ее затмил блеск Петербурга. Лишь в 1763 г. Екатерина II, считавшая себя наследницей дел Петра, велела восстановить Спасские куранты. Оказалось, однако, что починить механизм нельзя, и тогда на его место был поставлен найденный в подвале Грановитой палаты какой-то другой, неведомо как там оказавшийся. Он и показывает время с 1770 г. по наши Дни.

Часовщики, которым довелось прикасаться к Спасским часам, отмечены вниманием истории. Иван Полянский ставил механизм в 1770 г. Мастер Яков Лебедев два года чинил их после изгнания Наполеона, и, заметим, бесплатно. Братья Бутенко в 1850 г. оказались не альтруистами: взяли за ремонт 12 тыс. рублей. В 1918 г., после того как часы встали, поврежденные снарядам во время атаки на засевших в Кремле юнкеров, пришлось их снова чинить. Фирмы Павла Буре и Рожинского потребовали 90 тыс. за ремонт, но обошлись без них: слесарь Н.В. Беренс, которому помогал художник М. М. Черемных, исправил механизм. Куранты стали играть вместо «Преображенского марша» и псалма «Коль славен наш господь в Сионе» революционные мелодии: в 12

часов «Интернационал», а в 24 часа «Вы жертвою пали». В октябре 1951 г. чинил механизм сварщик А.Г. Назаров. Он произвел уникальную операцию: не останавливая хода часов, в невероятно тесном пространстве заварил трещины в чугунных колесах. Чугунных! Даже в заводских условиях этот металл не каждому поддается, а тут сварщик работал, как говорится, «на коленке».

Последний раз чинили часы Спасской башни совсем недавно — летом 1974 г. опытнейшие мастера НИИ часовой промышленности Н. Елисеев, В. Толстиков, В. Лутцау, С. Макаров, А. Карандеев, Д. Вертепов.

Мы впервые взялись за ремонт таких громадных часов, — рассказывал мне кандидат технических наук В.А. Лысый, начальник отдела механических приборов времени. Да к тому же шутка ли — Спасские часы! Колоссальная ответственность... И никаких чертежей, кроме самых общих эскизов. Так что мы одновременно и чинили механизм, и изучали. Надо прямо сказать! часы сделали наши предки действительно по последнему слову тогдашней техники. Применены всевозможные противовесы, разгружающие детали механизма и в особенности привод стрелок. Оси разгружены от ветровых и температурных воздействий. Металл — изнosoустойчивая бронза, самый высококачественный по тем временам материал. Скажу больше: если бы мы сейчас начали «на пустом месте» создавать подобные часы, мы бы взяли на вооружение многие конструктивные особенности этого механизма.

Кое в чем, конечно, мы его усовершенствовали. Устроили систему централизованной смазки, которой раньше не было. Прежде часы смазывались самым что ни на есть примитивным способом: два раза в неделю поливали трущиеся части из леечки. А точек смазки — более 200, и требуют они весьма индивидуальной дозировки количества масла. Здесь нельзя действовать по правилу «кашу маслом не испортишь». Для элементов хода нужно поменьше смазки, для ветряков — там скорости очень большие — постоянно нужно подавать... И ведь часы на улице, перепад температур от зимы к лету достигает 75 градусов. Нужна всепогодная смазка, такую именно и применили.

Единственное, что нас поставило в тупик, — это одна странная особенность. Братья Бутеноп, а может быть, и не они, а прежние часовщики, применили очень странный маятниковый ход. Он не опирается ни на какие известные нам теоретические выкладки. Поэтому период качания маятника у них получился не секундным, как обычно принято. Нам пришлось скрупулезно повторить все их ошибки, чтобы пустить часы.

Но теперь мы ставим перед собой иную задачу. Теперь мы хорошо изучили механизм, и можем заменить старый маятниковый ход на новый, самый лучший для подобных часов ход Грагама. Он обеспечит секунднoй период, и тогда кремлевские куранты мы

засинхронизируем от государственного эталона.

Конечно, могут сказать: «К чему вся эта возня? Не проще ли удалить механизм, поставить синхронный электромотор и крутить его от эталона? Никто и не заметит подмены». Но разве на такое у кого-нибудь поднимется рука? Это ведь не просто часы, а реликвия. Пусть уж будут такими, какими их донесло до нас Время...

Знаменитые имена

Монументальные часы — гордость города, государства, истории часового дела. Однако человеку нужно знать время не только на городской площади, но и в глухой деревне, в дороге, в конце средневековья деловым людям уже не хватало церковного колокола для размерения ритма жизни.

Мы помним: песочные и солнечные часы изготавливались и для личного пользования. Когда же настал черед часов механических? И мы возвращаемся на четыре с половиной столетия назад, чтобы познакомиться с нюрнбергским слесарем Питером Хенлейном.

Биографических сведений о нем сохранилось мало. Кого в 1510 г. интересовал обыкновенный слесарь, пусть даже он и умел делать часы? Для нас это тем более обидно, что именно Хенлейн открыл в часовом деле новую главу — главу фабрикации индивидуальных механических часов, сперва карманных, потом наручных. Для этого нужно было догадаться, что гирю может заменить спиральная пружина. Нюрнбергский часовщик догадался.

Часы Хенлейна быстро стали известны по всей Европе. Их называли «нюрнбергскими яйцами» — название, немного не отвечающее сути дела, поскольку формой они походили не на яйцо, а на барабан. «Он делает их из железа со множеством колесиков. Они ходят и отбивают время в течение сорока часов. Их можно носить в кошельке», — делился своими впечатлениями о часах Хенлейна современник, нюрнбергский географ Иоанн Комлей. Впрочем, между «можно» и «на самом деле» имелась некоторая дистанция: механизмы «из железа» были столь тяжелы, что кавалеры — часы были деталью сугубо мужского туалета — носили их на груди на цепочке, дабы четвертькилограммовый груз не оттягивал карман.

Технология производства этих сравнительно маленьких часов была несовершенной, ходили они плоховато. Даже спустя сто лет после того, как они были изобретены, над ними посмеивался Шекспир в «Бесплодных усилиях любви»:

Как! я люблю? Как! я ищу жену?

Жену, что, как известно, вечно схожа
С немецкими часами: как ты их
Не заводи идти не могут верно
И требуют поправки каждый день?!

восклицал Бирон, вельможа короля Наваррского.

И все-таки ничто не может умалить значения свершившегося: часы стали доступны простому человеку, они впервые лицом к лицу столкнули его с механикой. Пусть пока приобщение выглядело чисто шапочным, кто знает, сколько любознательных мальчишек толкнули на занятия техникой и наукой такие часы?

Да и не только мальчишек. Увлекся неожиданно часовым искусством такой солидный человек, как Карл V, император Священной Римской империи. Он чинил часы, даже конструировал самостоятельно механизмы, крайне сердясь, что никакими усилиями не может заставить «идти в ногу» несколько часов (мы-то теперь знаем, что неточность хода неизлечимый порок шпиндельной системы, но императору, конечно, это было не ведомо). После неудач, которые Карл V потерпел в борьбе с Реформацией, он удалился в монастырь, где занятия часовым делом были единственным его развлечением. Экс-император любил повторять, глядя на разбросанные всюду инструменты и детали: «Раньше я был всего лишь одним из смертных, а теперь я творец». У всякой легенды есть «двойное дно». Не раз, наверное, часовщики той эпохи находили утешение и гордость в этих словах.

А вот уже не легенды, подлинные истории. Бомарше и Вольтер познаменитее всех императоров, вместе взятых, и часовщики любят вспоминать, что эти гении мысли и пера имели отношение к их цеху.

Немецкий философ Лихтенберг заметил, что историки напрасно пытаются представить историю как строго логическую цепь поступков и событий: намерения лиц исторических очень часто приводили совсем не к тому результату, о котором думали в начале предприятия. Вся жизнь Пьера Огюста Карона Бомарше живая иллюстрация этого парадокса.

Родившись в семье часовщика, он поначалу не думал не о чем ином, как только превратиться из подмастерья в мастера, хозяйствовать в наследной мастерской и поднакапливать деньгу. Да и о чем еще мог мечтать в конце XVIII в. благонамеренный представитель третьего сословия?

Что же касается намерений, давших результат, весьма отличный от планируемого, то все началось с изобретения. Юный Пьер Огюст усовершенствовал механизм

маятниковых часов. Точнее, тот узел, от которого зависит легкость качания маятника и надежность хода всей системы. Но действительно ли изобретено нечто стоящее? Бомарше отправился к господину Лепоту, почтенному члену Парижского цеха часовщиков. И произошло то, чего вполне можно было ожидать: «консультант» воспользовался неопытностью подмастерья и присвоил себе удачную новинку. Бомарше не побоялся затеять против влиятельного Лепота судебный процесс, произнес на нем блестящую, изумительно остроумную речь и выиграл дело. Имя никому не известного юноши сразу привлекло внимание. Ничто не ценилось в бездумную эпоху Людовика XV так, как острая шутка. Завязались знакомства с аристократами, последовало приглашение во дворец, и неслыханная удача! бывший часовщик становится учителем музыки, дает дочерям короля уроки игры на арфе, ибо среди прочих талантов он имел еще и талант музыканта. Словом, история вполне в духе его будущих комедий.

Пригодились и способности часовых дел мастера. Бомарше преподносит королевской фаворитке маркизе Помпадур перстень, в который искусно вделаны часы собственной работы. Маркизе доставляет особенное удовольствие маленькая деталь: часы заводятся не ключиком, а вращением ободка циферблата. Даже сейчас такие часы не слишком распространены, легко представить, какое любопытство возбуждала изящная игрушка тогда. Карьера начата стремительно и удачливо. Выгодная женитьба, потом другая, потом щекотливое дипломатическое поручение, с которым сановник Бомарше отправляется в Испанию, где блестяще его выполняет, попутно очаровав общество неиссякаемым весельем и редким остроумием. Каждая его пьеса событие театральной жизни Франции, его имя известно всем. И когда придворные пытаются язвительно намекнуть, что он выскочка, парвеню, и на светском рауте просят починить якобы остановившиеся часы, бывший часовщик Бомарше позволяет себе ответную, далеко не невинную шутку: намеренно роняет дорогой механизм на паркет и сокрушенно разводит руками, извиняясь за неловкость. Знаменитый драматург больше не вспоминает о верстаке часовщика.

А для великого Вольтера занятие часовым делом это то, что мы сейчас назвали бы хобби. Оно подстерегло писателя в Швейцарии, в Фернее, куда он уехал от преследований королевской власти. Там он приютил несколько семей часовщиков, бежавших из Женевы, как и он, от преследования властей, увы, республиканских. Мастерской человек не любит сидеть в безделье. В Фернее наладилась своего рода мануфактура. А гений всегда гений. И Вольтер, дотоле не помышлявший о коммерции, развернул дело основательно, с размахом.

Прежде всего он позаботился о сбыте. Он отправил в Париж своей приятельнице графине де-Шуазель несколько штук часов. На войне все средства хороши, и он,

посмеиваясь, упаковывает в коробку часы с портретом короля Людовика XV, и еще одни с портретом наследного принца, будущего Людовика XVI. Пусть думают, что он хочет подольститься, и не мешают торговле...

Полетели письма к французским дипломатам во все европейские столицы: не согласятся ли они пропагандировать эти изящные фернейские игрушки среди своих знакомых? К посланиям прилагались образцы продукции. Одни часы комиссионер мог взять себе бесплатно за услуги. Это была первая в истории рекламная кампания в стиле нынешнего «маркетинга». Часы из Фернея разошлись по всей Европе, попали даже ко двору китайского императора.

А как оперативно откликалась мануфактура на технические новинки! Едва появилось какое-нибудь изобретение, делающее часы более удобными и привлекательными, пожалуйста, оно уже в фернейских часах. Даже в наш век стремительного технического прогресса десять лет на «внедрение» пустяк. А Вольтер писал в 1771 г., спустя десятилетие после изобретения секундной стрелки, испанскому послу в Париже графу дуранде: «Если вы пожелаете украсить пальчик какой-нибудь знатной испанки часами в кольце, с репетицией, секундной стрелкой и боем каждые четверть и полчаса, с украшением из бриллиантов, вы их получите в моей деревушке... Я это говорю не хвастая». Были среди фернейских часов и часы с календарем, и часы на браслете, мануфактура процветала, оборотный капитал ее достигал полумиллиона франков в год, по нынешним временам около двухсот тысяч золотых рублей.

Правда, качество тогдашних механизмов оставляло желать много лучшего, и современник Вольтера драматург Себастьян Шамфор справедливо жаловался: «Самые неточные это часы с репетицией, особенно если у них есть минутная стрелка; ну, а если они еще показывают дни недели и месяцы года, то поломкам нет конца».

Но я привел его высказывание не для того, чтобы опорочить торговую деятельность автора «Орлеанской девственницы», а чтобы еще раз показать, каких высот достигло в конце XVIII в. часовое мастерство: секундник, бой, календарь достижения нынешних часовых заводов оказываются с почтеннейшей бородой!..

Собственноручно сделанные часы были в ту пору своеобразным дипломом на звание мастера не только по механическим работам, но и по математике, физике и астрономии. Всеми этими науками в той или иной степени должен был владеть тогдашний часовщик, чтобы самостоятельно рассчитывать колесные системы, периоды колебаний маятника, выбирать материалы для деталей, настраивать куранты и создавать указатели положения Солнца и планет.

С часов должен был начать и наш замечательный механик и изобретатель Иван Петрович Кулибин, современник Бомарше и Вольтера.

Первое о нем печатное известие мы находим в «Опыте исторического словаря о российских писателях», изданном знаменитым просветителем и демократом Н. Н. Новиковым в 1772 г. При чем здесь писатели? Оказывается, Кулибин занимался поэзией, и хотя стихи его нельзя назвать выдающимися, он все-таки был замечен на общем фоне тогдашней литературы. Новиков не покривил душой, поместив его биографию в одном ряду с жизнеописаниями Кантемира, Ломоносова и Сумарокова.

Издатель словаря не забывает и о деятельности поэта в области техники: «...по врожденной склонности хаживал всегда рассматривать колокольные часы, а на 17 году своей жизни выпросил у соседа своего стенные деревянные часы, и старанием дошел до того, что по некотором времени, без всяких нужных к тому орудий сделал им подобные. После того быв по случаю в Москве, ходил к часовому мастеру и рассматривал ход часов стенных... По приезде в дом... сделал стенные деревянные часы с кокушкой, гораздо исправнее первых; потом делал медные и стенные часы, починивал карманные, и стенные с курантами».

«А когда удалось ему поправить английские столовые часы с репетицию, слава его распространилась в городе (Нижнем Новгороде. В.Д.), и все начали отдавать ему часы в починку, не имея более нужды посылать их в Москву», продолжает спустя полвека рассказ о Кулибине популяризатор науки и техники журналист Павел Свиньин.

Авторитет Кулибина как механика был тем более значителен, что он занимался не только часами: электрическая машина, телескоп, микроскоп, подзорные трубы все, за что он ни брался, выходило отменного качества.

Его незаурядное мастерство отразилось и в том договоре, который он заключил с нижегородским купцом М. А. Костроминым в 1764 г.: Костромин содержит всю семью Кулибина и платит жалованье подмастерью, дает деньги на материалы и инструмент, а Кулибин делает для «матушки-государыни» Екатерины II редкостные часы «величиной в среднее гусиное яйцо».

Мастер начал готовить для себя небывалые инструменты: в часах должно было быть более тысячи деталей, одна меньше другой (пригодился собственноручно сделанный микроскоп!). Три года продолжался поединок с непокорным металлом. Победил человек. В конструкции было сконцентрировано буквально все из того обширного набора возможностей, каким располагало тогда часовое искусство.

«В исходе каждого часа отворялись в середине оных (часов) двери и представлялся великолепный чертог, в котором поставлен гроб господень с дверью, заваленной тяжелым камнем. Через полминуты являлся в чертогах ангел, камень от дверей отваливался, двери разрушались, стражи падали ниц, и через полминуты приближались к ангелу две жены мироносицы (фигурки вылиты им самим из серебра и золота), а между тем в часах слышалась гармония известного напева: «Христос воскрес из мертвых, смертью смерть поправ и сущим во гробах живот даровав». По троекратном повторении оно, двери затворялись. Таким образом стих сей повторялся перед каждым часом, начиная с осьми часов пополуночи и до 4 пополудни, а в остальные часы заменялся другим, а именно: «Воскрес Иисус от гроба, яко же прорече, даде нам живот вечный и велию милость», который игрался только по одному разу перед каждым часом. Сверх того всякий раз по пробитии 12-ти часов в полдень часы играли прекрасную музыку, им положенную на слова им же самим сочиненной кантаты на прибытие Екатерины в Нижний Новгород 1767 года мая 22-го... Всякую из сих трех музык можно было пустить по произволу, помощью стрелок. Кроме того, они били часы и каждую четверть», писал в «Отечественных записках» Свиньин.

Какими же удивительными способностями обладал мастер, ухитрившийся спрятать в корпусе часов девять программных механизмов, не считая самой колесной системы привода стрелок! Императрица была поражена. Она назначила Кулибина «при Академии Наук иметь главное смотрение над механическими и оптическими мастерскими, чтобы все работы с успехом и порядочно производимы были, и делать нескрытое показание академическим художникам (мастерам. В.Д.) во всем том, в чем сам он искусен».

Изобретатель получил должность, жалованье, а главное возможность заниматься своей любимой механикой. И часами, для которых он изобрел, в частности, оригинальный способ защиты от влияний температуры способ, по свидетельству Большой советской энциклопедии, «сохранивший практический интерес». Он давал консультации другим часовщикам, строил свои собственные механизмы (с календарем дней, недель, месяцев и указателем фаз Луны), разработал проект башенных часов.

Но это лишь эпизод из его неутомимой изобретательской деятельности. Кулибин освещает темные переходы царскосельского дворца с помощью зеркал, строит невиданной величины водяные мельницы, предлагает желающим кататься на его «самокатной тележке», изобретает прожектор, лифт, оптический телеграф, протез ноги для увечных воинов (какой-то предприимчивый делец украл у Кулибина идею конструкции, организовал производство во Франции и разбогател), разрабатывает проекты необычайного по смелости одноарочного моста через Неву («...моста из 12 000 брусков и 50 000 винтов и скобок и любой мог быть вынут для починки, не затрагивая

прочности») и судна, которое «ходило противу воды, помощью той же воды, без всякой посторонней силы».

При этом он еще находит время устраивать фейерверки, чинить механические игрушки (в том числе знаменитые часы «Золотой павлин», которые Потемкин купил для Екатерины в Англии испорченными, ими сейчас любят посетители Эрмитажа), разрабатывать новые методы расчета мостовых ферм, новую технологию шлифовки стекол для микроскопов и телескопов.

Да еще руководит механической мастерской Академии, которая только называлась мастерской, а на самом деле была первым в России предприятием точного приборостроения, где выпускались «математические, физические, гидравлические, астрономические инструменты и разного рода часы» для нужд не только Академии наук, но армии и флота. Снабжала мастерская приборами и «отправленные экспедиции для открытий», в том числе и экспедицию Г.И. Шелихова*, основавшего в 1784 г. первое русское поселение на Аляске.

* Прожектор Кулибина, который Шелихов взял с собой, оказал неожиданную услугу экспедиции. Когда отношения с местными жителями внезапно обострились, Шелихов велел поднять огонь ночью на мачте: испуганные туземцы-солнцепоклонники признали пришельцев детьми Солнца, и конфликт прекратился.

...Уволенный по старости от заведования мастерской; Кулибин умер в Нижнем Новгороде забытым и почти нищим. Деньги на его похороны собирали по подписке...

Часы XXI века

Вплоть до конца прошлого столетия собственные часы были предметом если не роскоши, то свидетельством серьезного достатка, вещью недоступной для простого человека. Не изменила положения дел и организация сборочных мануфактур, первая из которых была открыта в Женеве в 1804 г. И все-таки массовое производство стало первым шагом к «демократизации» часов. С их крышек постепенно исчезли драгоценные камни, массивные золотые корпуса сменились позолоченными. В конце XIX в. на фабриках США было налажено производство очень дешевых карманных часов, которые, однако, не нашли покупателей в Европе, где по-прежнему ценилась «ручная» работа.

Двадцатое столетие подарило людям скорость и придало времени неслыханную дотоле ценность. Неторопливый жест, которым владелец карманного хронометра извлекал его из-под полы сюртука, сменился стремительным взглядом на запястье, где прочно заняли свое место наручные часы, поначалу принадлежность экипировки морских и

артиллерийских офицеров (мелкий факт, но показательный: первая страна, которая заказала для своих военных такие часы, была Пруссия!). Часы перестали бояться ударов, приобрели герметичность, автоматический подзавод и прочие важные для потребителя достоинства. В какой-то мере часовая промышленность повторяла достижения часовщиков прошлого, но принципиальная разница была в том, что из свидетельства вершин «рукомета» все эти особенности механизма превратились в рядовую, будничную его принадлежность.

А что принесла часовому делу последняя четверть нашего века? Во-первых, часы становятся все более разнообразными по форме. Во-вторых, человек, покупая часы, хочет не просто знать время, а знать его с максимальной пользой для себя, для своего дела. Соответственно становится узкоспециализированным лик часов, предназначенных для представителей различных профессий.

Рыбаки ловят рыбу на побережье моря — фирмы предлагают часы, показывающие время приливов и отливов, и не только ближайших, но и следующих шести. Аквалангисты надевают на руку часы со шкалой, по которой видно, сколько можно пробыть на данной глубине, сколько потом уйдет на подъем и декомпрессию. Для любителей футбола, хоккея, конных и мотоциклетных состязаний, автогонок и прочих динамичных видов спорта выпускаются часы со встроенным секундомером. Моделей множество, общее производство часов в мире уверенно приближается к 230 млн в год, коллекция швейцарской фирмы «Е. Пикерец», например, ежедневно пополняется новым типом механизма, циферблата или корпуса. Среди экспонатов — «Диастар» швейцарской фирмы «Рад»: часы, механизм которых спрятан в броню из карбида вольфрама и титана, а стекло сделано из синтетического сапфира. Их можно скрести напильником, и нигде не останется ни царапины, скорее напильник затупится, можно положить под грузовик или ударить каблуком — они останутся целы и невредимы.

Но все-таки, где же радикальные перемены? Во всех этих часах по-прежнему снует маятник — баланс, колеса вертятся от стальной пружины...

Перемены наступили в начале шестидесятых годов, когда в наручные часы пришел камертон. Его каждый видел на уроке физики; легкий удар, и он отзывается чистым тоном «ля». Только камертон из физического кабинета отличается внушительными размерами (такие «хранители частоты» использовались в двадцатых годах в настенных и настольных часах), а в механизме, уместившемся на руке, он должен быть соответственно миниатюрным. Это, впрочем, не мешает ему вполне заменить баланс и пружину. Три секунды в сутки — вот отклонение хода таких часов, выпускаемых 2-м Московским часовым заводом.

В этих часах есть прелюбопытная деталь: колесико диаметром 2,4 мм. Когда на него смотришь – ничего особого. Ну маленькое, ну тоненькое. Да в часах все детали такие. «Нет, не все», – кладет его под микроскоп начальник отдела обработки металлов НИИчаспрома Геннадий Алексеевич Круглов. Нагибаешься к окуляру и ахаешь: по окружности бегут триста аккуратных зубцов. Высота – микрон, шаг – полтора. Как же ухитряются нарезать такое? «Секрет фирмы», – отшутился Г.А. Круглов. Одно могу сказать: когда зуборезный станок работает, токарь выходит из комнаты, иначе тепло его тела исказит размеры детали и она пойдет в брак». Пружины в этих часах нет, заводить не нужно: микроскопической батарейки хватает на год. Почти не осталось колес. Но часовщики на этом не успокоились.

Японская фирма «Сейко» однажды дала такую рекламу: «Если вам нужно точное время, есть два пути: носить с собой астрономические часы Гринвичской обсерватории – или наручный кварцевый хронометр «Сейко». Да, крошечная кварцевая пластиночка затрепетала, словно камертон, в корпусе наручных часов. Реклама фирмы, конечно, преувеличивает: астрономические маятниковые часы ошибаются не более чем на 0,001 секунды в сутки, а наручные кварцевые – на 0,17 секунды. Но, в конце концов, разве для обычного человека требуется большая точность? Радисты знают: как только произнесено слово «кварц», должны быть сказаны и слова «пересчетная схема», превращающая стремительные колебания кварца в мерное падение секунд, – где же этот набор транзисторов, конденсаторов и сопротивлений? Чтобы их увидеть, нужен микроскоп. Три с лишним тысячи транзисторов и прочих деталей – три с лишним тысячи! уместились на кремниевой пластиночке диаметром не более шляпки небольшого гвоздя.

И еще одна радикальная перемена в часах последней четверти столетия: они расстались с традиционными стрелками.

Вообще говоря, электрические часы, в которых светящиеся лампочки рисуют цифры часов и минут, не новость. Журнал «Всемирное техническое обозрение» сообщал о них еще в 1905 г.: их изобрел русский инженер Н.А. Ромейко-Гурко и они были установлены на Николаевском (ныне Московском) вокзале Петрограда. Но лампочки на руке? Конечно же нет! Чтобы они светились, не хватит емкости батарейки, даже если бы и удалось создать такие сверхминиатюрные светильнички.

Новые часы не светятся сами. Они рисуют цифры, потому что кругом светло. Цифры составлены из миниатюрных тоненьких палочек, которые то отражают свет, то поглощают, подчиняясь командам пересчетной схемы. Внутри палочек – жидкий кристалл, вещество, счастливо сочетающее в себе свойства жидкости и кристалла. Его молекулы под действием тока выстраиваются правильными рядами и пропускают мимо

себя свет. Ток исчез — молекулы хаотически разбрелись, свет от них уже отражается. Для перехода из одного состояния в другое нужна микроскопическая мощность. И что самое главное — эти «лампочки» никогда не перегорят: перегорать нечему.

Вообще надежность «бесколесных и бесстрелочных» часов невероятна. Фирма «Гамильтон», выпустившая такие часы под маркой «Пульсар», утверждает, что они способны работать без ремонта 800 (именно так: восемьсот!) лет.

А кто не верит — пусть купит и убедится. Цена, правда, соответствующая: 2500 долларов. Столько в 1972 г., когда родилось это чудо, стоил американский легковой автомобиль среднего класса.

Полностью электронные часы поставили часовщиков в трудное положение. Микроэлектроника требует от рабочих совсем иных навыков, нежели точное приборостроение, иного стиля мышления от инженеров-проектировщиков. А самое главное: чтобы ею заниматься, нужны колоссальные капиталовложения, полная замена всего оборудования. Швейцарским фирмам пришлось срочно искать средство борьбы с опасными американскими и японскими новинками. Этим средством стала полиацетатная пластмасса, разработанная (ирония судьбы!) опять же американской фирмой «Дюпон». Главное достоинство нового полимера в том, что он необыкновенно точно заполняет самую сложную форму, способен пробраться в самые глухие ее закоулки. Из-под пресса выходят шестеренки и оси, не нуждающиеся абсолютно ни в какой дальнейшей отделке. Пластмассы традиционно считались непригодными для точной штамповки или литья, поэтому известие о том, что новый пластик обеспечивает отклонение размеров не более 0,01 миллиметра, вызвало у специалистов буквально восторг. Трение между этой пластмассой и металлом очень низкое: становятся ненужными рубиновые часовые камни, в которых вращались стальные оси. Наконец, пластик можно насытить в нужных местах веществами, снижающими трение в десятки и сотни раз, чтобы часы никогда не нуждались в смазке. Эту пластмассу и купили швейцарские фирмы.

И вот они перед нами, первые полностью пластиковые часы «Астролон». Стоимость их производства в несколько раз ниже, чем обычных. Число деталей сократилось с 90 до 52, а вместо 40 операций, которым подвергались некоторые детали, осталась одна штамповка. За лентой конвейера сидят уже не сто с лишним человек, а всего пятнадцать. Словом, сделано все, чтобы превратить часы в некое подобие бумажного стаканчика: как только они начинают идти неверно, их не чинят, а просто выбрасывают.

Кто-то из остроумных людей сказал: «Зачем вы пытаетесь всучить мне вечную ручку, я не собираюсь жить вечно». Фирмы, выпускающие часы традиционной конструкции,

серьезно надеются противопоставить «вечной» и очень дорогой электронике недолговечную продукцию, но доступную абсолютно каждому.

Однако нельзя сбрасывать со счетов и прогресс методов радиоэлектроники. Когда-то полупроводниковые триоды стоили десятки рублей, сегодня цена им — копейки. Такая же метаморфоза происходит и с электронными часами. Когда их выпуск измерялся несколькими тысячами штук, естественна была высокая и даже сверхвысокая цена. Когда счет пошел на сотни тысяч, их продавали раз в 20 дешевле. В 1974 г. таких часов было произведено 6 млн штук, они стали еще более доступны.

Нет, видимо, будущее за электронными часами, все-таки это приборы XXI столетия.

Не исключено, что в самом недалеком будущем в корпусе электронных часов уместится и микроскопический радиоприемник, настроенный на одну-единственную станцию: станцию передачи сигналов времени государственного эталона.

Наивысшая из возможных точность станет достоянием каждого.

Проекты, проекты...

Журнал «Метрология и измерительная техника» сообщает: «Французский метролог Б. Брий предлагает заменить существующий неудобный счет часов, минут и секунд десятичным, а основой нового деления времени сделать «метрическую секунду», т.е. $1/73 \cdot 10^6$ часть тропического года, что в атомных единицах будет равно 3 973 852 058,7 периода колебаний электромагнитной волны, испущенной атомом цезия-133. В М-минуте должно быть 100 М-секунд, а в М-часе — 100 М-минут. Соответственно окружность и сферу предлагается разделить на 400 М-градусов, каждый градус — на 100 угловых М-минут, а минуту — на 100 угловых М-секунд. Таким образом, на вращающейся Земле каждые 5 М-минут времени окажутся равными одной угловой М-минуте.

Экватор к востоку и западу от Гринвича должен быть разделен на 20 зон по 10 М-градусов в каждой, аналогично будет выполнено деление и в широтном направлении».

На ту же тему заметка в популярном журнале: «Электронные вычислительные машины все решительнее берут на себя функции расчетчиков заработной платы и счетов за пользование телефонами, все увереннее составляют графики работ и движения транспорта. Однако при этом они сталкиваются с неожиданной трудностью: вычислением времени. Мы привыкли к тому, что оно измеряется причудливой смесью дней, часов, минут и секунд. Машина же, работающая в системе единиц, кратных десяти, чувствует себя очень неловко, принимаясь считать, сколько времени трудился рабочий

с 20 часов 27 минут 18 февраля до 5 часов 12 минут 19 марта. Сотрудники компании «Уэстерн электрик» (США) предлагают коренным образом изменить существующий способ времяисчисления и приспособить его к «мышлению» ЭВМ. Прежде всего, устранить деление на месяцы. Дни начинаются с №1 (1 января) и кончаются №365 или 366 (в високосный год). Далее вместо часов, минут и секунд вводятся «миллисутки» $1/1000$ доля суток, которая будет равна 1,44 минуты или 86,4 секунды. Тогда 18 февраля окажется №49, а 18 часов 00 минут 18 февраля запишется как 049,750 суток».

Забавнее всего, что новинки эти с почти двухвековой историей. Она началась 31 июля 1793 г. 13 термидора первого года республики декретом Конвента, вводившим метрическую систему во Франции. Одновременно с метром и граммом, литром и аром, заменившими старые единицы мер, предложено было переделать и часы: в сутках 10 часов, час 100 минут, минута 100 секунд. Изготовили даже несколько образцов часов с новыми циферблатами и по-новому рассчитанными зубчатками. Хотели распространить десятичную систему и на угловые меры, тем более что знаменитый французский математик Лагранж еще в 1782 г. предлагал это, были даже изданы соответствующие таблицы логарифмов.

Метрическая система мер длины, веса, объема хоть и не сразу, но вошла в жизнь сначала науки, а потом и государств почти всего мира. Даже Англия и США, упрямо державшиеся старинных, неудобных мер, сейчас сдали позиции и готовятся к переходу на десятичный счет.

Но почему французы не осуществили вторую часть предполагаемой реформы? Трудно сказать, хотя начать именно тогда, в конце XVIII в., было наиболее удобно, менее всего болезненно. Часов было мало, настолько мало, что, как пишет Шамфор, крестьяне где-то в Бретани приняли однажды стенные часы, полученные неким священником в подарок от своего сеньора, за ненавистный «габель» соляной налог, и «уже начали запасаться камнями, намереваясь уничтожить злополучные часы, но тут подоспел священник и уверил их, что это вовсе не габель, а свидетельство о полном отпущении грехов всем его прихожанам, присланное папой». Пусть даже этот рассказ и преувеличение, оно тем более показательное. Если бы Франция двести лет назад сделала в отношении времени столь же решительный шаг, как и в отношении всех остальных мер, сегодня разделенный на 10 частей циферблат не вызывал бы у нас недоумения, а 12-часовая шкала выглядела бы жалким архаизмом.

Но... момент был упущен, и вводить новое деление суток сейчас, когда существуют многие сотни миллионов часовых механизмов, когда напечатаны миллионы томов научных книг с формулами, выведенными на базе традиционного счета времени, когда все радиотехнические системы опираются на совершенно условный герц (условный в

том смысле, что он не связан ни с каким физическим процессом), вряд ли разумно. Сомнительно, чтобы наука и техника согласились перейти на десятичный отсчет. Хотя, с другой стороны кто знает? Может быть, в будущем выгоды от такого перехода перекроют нынешние потери?

Глава четвертая.[В поисках абсолюта](#)

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде n-t.

ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)

[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)

Участник	15 789	
Rambler's	9 195	
TOP 100	7 940	

Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Глава четвертая. В поисках абсолюта

Столетия разрешаются от бремени,
Плоды приносят год, и день, и час.
Пока в руках у нас частица времени,
Пускай оно работает на нас!

С. Маршак

Семнадцатый век был веком мореплавателей. Мыс Горн, материк Австралия, остров Новая Зеландия, Баффинов залив на карте мира появлялись все новые и новые названия. Один за другим уходили из гаваней многопарусные военные фрегаты, вместительные «купцы». Многие, чтобы уже никогда не вернуться к родным берегам... Жестокий шторм, предательская тишина затяжного штиля, подводный риф, неведомо откуда взявшийся пиратский корабль — тысячи опасностей, и весьма приблизительные карты, и неточные мореходные инструменты.

Далеко ли до берега? Хватит ли воды и сухарей? Не урезать ли и без того ничтожные порции? В маленькой Голландии было 15 тысяч торговых судов, и каждый год две, а то и три сотни объявлялись погибшими, пропавшими без вести.

Премии, которые так никто и не получил

Правительства морских держав, обеспокоенные таким положением дел, назначили колоссальные награды за изобретение способа узнавать долготу в открытом море. Король Филипп II Испанский в 1598 г. обещал десять тысяч дукатов (примерно 36 килограммов золота), Генеральные штаты Нидерландов предложили в 1606 г. втрое больше. Но годы шли, а претенденты так и не объявлялись.

Почему речь шла только о долготе? Потому что широту умели отлично определять еще

финикийцы и викинги.

Чем ближе к экватору подходит корабль, тем ниже к горизонту спускается Полярная звезда, тем выше поднимается в полдень солнце. Для измерения высот светил мореплаватели с XV в. пользовались градштоком и астролябией.

А долготу вычисляли по скорости хода в общем, на глаз. Из-за того, что размеры Земли не были точно известны, получались огромные ошибки. Правда, во время своего первого путешествия в Индию Колумб сделал важное наблюдение, которое, казалось, решит задачу определения упрямой долготы. 13 сентября 1492 г. он заметил, что стрелка компаса, до того отклонявшаяся к западу от Полярной звезды, устояла строго на нее. На следующий день стрелка указывала уже направление к востоку от Полярной. Колумб «пришел к заключению, что эта линия, не дающая магнитного отклонения, была линией меридиана и что отклонения от нее к востоку или к западу должны представлять правильность, которая может дать средство для определения долготы гораздо вернее, чем с помощью таблиц и водяных часов. Известно, что четыре года спустя он пробовал направлять ход корабля на основании наблюдений этого рода», читаем мы в книге Дж. Уилера «Христофор Колумб и открытие Америки». Увы, кроме изобретателя, никто не умел водить суда таким способом, да потом еще выяснилось, что склонение магнитной стрелки вещь страшно непостоянная, от года к году изменяющаяся, так что любые карты станут непригодными раньше, чем смогут быть напечатаны.

Почти двести лет спустя задачу решил Галилей. Он даже вел по этому вопросу переписку с правительством Нидерландов. Изобретатель телескопа предлагал воспользоваться для вычисления долготы спутниками Юпитера, так хорошо видимыми в зрительную трубу. Они играли бы роль стрелок часов, настроенных по времени порта, откуда вышел корабль. Для этого требовалось только составить необходимые таблицы. Еще удобнее было бы принять какой-то меридиан за начальный и вычислить таблицы, опираясь на него. Тогда, зная местное время и время начального меридиана, легко узнавалась бы долгота; известно ведь, что Земля ежечасно поворачивается на 15 градусов.

Но попробуйте-ка поймать в трубу планету, стоя на качающейся палубе! Способ признали неудобным, переговоры кончились ничем, хотя на сухопутье им пользовались еще долго и первый раз определили скорость света (правда, с огромной ошибкой) именно по спутникам самой большой планеты Солнечной системы.

Более приемлемой была бы Луна, но ее движение среди звезд не удавалось подвести под хорошую теорию и составить нужные таблицы. Да и инструменты были

недостаточно верны, чтобы воспользоваться ими. Луна стала объектом пристального внимания моряков только после 1731 г., когда англичанин Гадлей изобрел секстант, позволивший измерять угловую высоту светил раз в пятнадцать точнее, чем раньше. Петербургский академик Леонард Эйлер вывел, наконец, формулы движения Луны, немецкий астроном И.Т. Майер составил по ним таблицы, более ста лет пользовались их трудами моряки.

Но мы забегаем вперед. В XVII в. обращаться к светилам оказалось невозможным. Их язык не удавалось расшифровать. И тогда возникает новая идея, на этот раз связанная уже не с небом, а с Землей.

Ведь Земля — это тоже «часы». Каждую минуту она поворачивается на 15 угловых минут. Значит, если на борту судна есть часы, поставленные по времени нулевого меридиана (скажем, меридиана порта, откуда вышел корабль), штурман легко определит свою долготу, вычтя из местного времени время, показанное бортовыми часами. Ну, а узнавать местное время по солнцу и звездам моряков не надо учить...

С мыслью о морском применении проектировал свои часы Галилей. Эти же соображения высказывал и Гюйгенс в одном из писем 1657 г.: «На днях я нашел новую конструкцию часов, при помощи которой время измеряется так точно, что появляется немалая надежда на возможность определения при их помощи долготы, даже если придется везти их по морю».

Гюйгенс знал, что в море на маятник будет действовать не только сила тяжести, но и ускорение, возникающее от качки корабля. Поэтому он укрепил свои часы в кардановом подвесе наподобие компаса. Он надеялся, что таким образом удастся защитить маятник от влияния качки. Опытное плавание не подтвердило предположений ученого. И попытки последующих изобретателей кончились ничем.

Гюйгенс, однако, не терял присутствия духа. Во всем виновата сила тяжести? Значит, ее нужно убрать! Но как? Ответить на вопрос он смог только спустя почти двадцать лет.

На сцену выступает баланс

Гюйгенс установил в часах вместо маятника круглое колесико — баланс, а силу тяжести заменил силой спиральной пружины, которая то закручивалась, то раскручивалась по мере того, как баланс колебался взад-вперед. По сути, это было возвращением к билянцу, но на более высоком уровне знаний. Билянец, как вы помните, был плох потому, что время его колебаний резко зависело от силы толчков. Свойства колеса со спиральной пружиной — волоском — были точной копией свойств маятника: период

колебаний очень мало зависел от размаха, а следовательно, и от качества работы колесной системы часов. Откройте любые наручные, карманные часы или будильник, и вы сразу увидите это хлопотливо снующее колесико. Тряска и качка мы отлично знаем это по собственному опыту на такие часы практически не влияют.

Победа? Нет, до нее было еще далеко. Новорожденный баланс в 1674 г. парижский часовщик Тюре сделал по указаниям Гюйгенса первые балансовые часы оказался тепличным созданием. Достаточно было температуре воздуха измениться на один градус, как стальной волосок удлинялся, и часы начинали уходить в двадцать раз резвее маятниковых. Просто руки опускались.

К тому же новые обвинения в плагиате. Привилегию в Париже Гюйгенсу не выдали, потому что заявил претензию некий аббат Отфей. Попытка получить патент в Англии вызвала резкий протест Роберта. Гука: оказывается, он десять лет назад говорил на лекции, что спиральная пружина может сыграть в часах роль силы тяжести, действующей на маятник. Претензии Гука были тем основательнее, что именно он прославился своими исследованиями свойств упругих тел, в частности спиральных пружин. И хотя его называли «научным разбойником» за постоянное сутяжничество с другими учеными (в том числе и Ньютоном), якобы кравшими у него идеи, в случае с балансом первенство Гука несомненно. Идею он высказал, как утверждал его современник член Королевского общества (английской Академии наук) Вильям Дергам в 1656 или 1658 г., а в 1678 г. мастер Томпион изготовил такие часы для короля Карла II Английского.

Несомненно, Гюйгенсу очень помогли известия, что часы с балансом вместо маятника создать принципиально можно. В 1660 г. об изобретении «пружины вместо маятника» рассказывал ему кто-то из друзей, в 1665 г. ему писал об идеях Гука один из английских ученых. Но все это были не более чем намеки. Никаких чертежей, как и чертежей часов Галилея, Гюйгенс ни от кого не получал. «Если Гюйгенс не может считаться первым изобретателем регулирующего устройства баланс-спираль, то во всяком случае его заслуга в том, подводит итог советский историк часового искусства В.Н. Пипуныров, что он создал с таким регулятором модель часов, которая стала исходной для дальнейшего развития и усовершенствования их».

История рассудила спор. Но триста лет назад мнения резко разделились. Англичане поддерживали Гука, ученые же «с континента» Гюйгенса. Гюйгенс устал от бесконечных обвинений, от обязанности доказывать свою честность. Никого не интересует, что его труды о выборе смазочного масла для часов, о влиянии на их ход температуры и влажности воздуха, не говоря уже о теории маятника, знакомы каждому серьезному часовщику, надо защищаться, словно преступнику...

И Гюйгенс бросил заниматься часами: в конце концов есть столько интереснейших физических и математических проблем. «...Я предоставил свободу всем часовщикам работать над этим изобретением, так как видел, что привилегия стоила бы мне просьбы о регистрации в Парламенте и что даже потом у меня будут судебные процессы и новые неприятности», писал он одному другу. И конечно же он не мог знать, что за два года до его смерти в английском городе Барроу в графстве Йоркшир у плотника Гаррисона родился сын Джон, которому судьба предназначила вывести баланс «в люди».

Мастер Гаррисон начинает эпоху хранения времени

Впрочем, его юность никак не пророчила будущей знаменитости. Он плотничал вместе с отцом, и единственное, чем Джон отличался от других плотников, была его любовь к механике, вернее к часам. Он выучился их чинить, и когда под рукой не бывало подходящего колесика, смело вырезал его из дерева.

В 1714 г. английский парламент выслушал доклад Ньютона о проблеме морских часов. Ученый закончил свою речь словами: «Часы, на ход которых не должны влиять ни качка корабля, ни изменения температуры и влажности, ни различия в силе гравитации на разных широтах, такие часы еще не созданы». Более чем столетней давности премии Испании и Нидерландов по-прежнему дожидаются счастливых, но о них мало кто уже помнит, и потому парламент решает объявить: мастеру, сделавшему часы, пригодные для определения долготы в море, выплатят 20 тыс. фунтов стерлингов (почти 150 килограммов золота), если часы, «будучи испытаны в пути до Вест-Индии, дадут ошибку не более 30 миль» (т.е. 30 секунд по времени. В.Д.). Если ошибка составит 40 миль 15 тыс., если 60 миль 10 тыс.

Джону Гаррисону шел тогда двадцать первый год. Пока ему не было известно об этой огромной премии, он не очень задумывался над своим отношением к часам. Щедрая королевская награда всколыхнула его. В «старой доброй Англии» было немало искусных механиков, но не каждому была дана целеустремленность юного Гаррисона. Он упорно учится, постигает свойства металлов, законы механики и физики. В 1725 г. первая победа: придуман маятник, длина которого остается постоянной, независимо от того, тепло в комнате или холодно, решена задача температурной компенсации, над которой часовщики бились вот уже несколько десятилетий.

Джон отправился в Лондон. Там он явился к директору Гринвичской обсерватории Эдмунду Галлею и сказал, что если Комиссия по определению долготы выдаст ему небольшую сумму, он, Гаррисон, сделает точные часы для моряков. Галлей отнесся к предложению без энтузиазма: мало ли людей, считавших, что они достойны получить

20 тыс., приходило к нему? Он посоветовал молодому человеку встретиться с Джорджем Грэхемом, лучшим лондонским часовщиком, и изложить ему свою идею. Знаменитый Грэхем оказался более проницателен, нежели его ученый друг. В Гаррисоне он сумел разглядеть талант незаурядного механика и ссудил его деньгами. Грэхем порекомендовал не тратить времени на визиты в Комиссию: она поверит, только увидев «живые» часы. Гаррисон вернулся в Йоркшир и шесть лет трудился над своим первым хронометром.

В 1735 г. лорды Адмиралтейства недоверчиво осматривали тридцатипятикилограммовую конструкцию: если верить словам изобретателя, его часы ходят одинаково верно и летом, и зимой. Вот этот стерженек, склепанный из латунной и стальной полосок, нейтрализует влияние температуры: он изгибается от тепла и холода, соответственно укорачивая или удлиняя рабочую часть волоска. Что ж, на берегу все может быть хорошо, как-то поведут себя часы в море?

Начинаются испытания. Правда, они не очень удачны, но Гаррисон видит: он на верном пути. Проходит год, и мастер представляет Комиссии новый вариант механизма, еще через восемь лет — третий. Капитан корабля «Центурион», на котором проходили испытания первого хронометра Гаррисона, Джордж Проктор, так характеризовал изобретателя: «Это очень трезвый, очень трудолюбивый и в высшей степени скромный человек, и я желаю ему всяческого успеха. Однако качка корабля слишком сильно противостоит ходу часов, и я прихожу к печальной мысли, что этот благородный человек пытается совершить невозможное». Да, многим казалось, что дело безнадежно, многим, только не Гаррисону.

Четвертый вариант хронометра, законченный в 1761 г., должен был окончательно решить, добился чего-нибудь изобретатель или нет. По-видимому, все-таки добился: достаточно взглянуть на механизм — куда исчезли торчавшие во все стороны колеса и рычажки, придававшие конструкции вид диковинной ветряной мельницы. Сама законченность внешнего облика и небольшие размеры часов свидетельствовали в пользу мастера.

Туманным утром 18 ноября из Портсмутской гавани ушел к берегам Ямайки бриг «Дептфорд». Он выполнял, как теперь говорят, «особое задание»: осенняя Атлантика, богатая бурями, проверяла точность работы хронометра Гаррисона. Сопровождал драгоценный прибор сын старого Джона, Вильям. Мастеру шел уже шестьдесят восьмой год, и он не рисковал выходить в море.

Рассказывают, что в пути произошла стычка со штурманом. Моряк считал, что долгота судна — 13 градусов 50 минут, а хронометр утверждал, что 15 градусов 19 минут. Полтора

градуса разницы, девяносто миль, да что мы, морские волки, совсем уже плавать разучились? Но когда на горизонте точно в назначенный молодым Гаррисоном срок открылся остров Мадейра, моряки поверили в хронометр. Еще большее впечатление произвела проверка часов в главном городе Ямайки Порт-Ройале. Астрономы вычислили время по положению Меркурия. За восемьдесят один день плавания хронометр отстал всего на одну с четвертью секунды.

И все последующие испытания подтверждали: да Гаррисон сделал часы, о которых мечтали моряки. Знаменитый капитан Кук, открыватель множества новых земель, взял с собой хронометр на три года в плавание. За это время часы отстали всего на 7 минут 45 секунд: они действительно были хранителем времени.

Ну, а как же премия? Когда «Дептфорд» вернулся в Англию, Гаррисон отправился в Адмиралтейство вручили пять тысяч, а остальные обещали выдать после того, как он обучит своему искусству нескольких учеников, назначенных Комиссией по определению долготы. Гаррисону было нечего скрывать: спустя три года ученики делали хронометры самостоятельно. Но крюкотворы изыскивали все новые и новые предлоги. Лишь незадолго перед смертью мастеру удалось, наконец, добиться выплаты всех денег.

Конструкция хронометра с тех пор непрерывно улучшалась. Выяснилось, например, что предложенный Гаррисоном способ температурной компенсации не очень хорош. Найдены были другие, более изящные и эффективные. А потом, уже в конце XIX начале XX в., на портрет хронометра были положены последние штрихи: французский металловед Эдуард Гильом изобрел инвар и элинвар сплавы, ничтожно мало реагирующие на изменение температуры.

Часовой завод в театре

Январь военного 1942 г. был суровым и снежным. Прикрывая лица от злого ветра, спешили по заметенным улицам старинного уральского города Златоуста люди на металлургический, в цеха инструментального и к зданию драматического театра, где разместился тогда эвакуированный из Москвы Первый часовой завод. На сцене стояли станки автоматного цеха, на ярусах сидели за своими верстаками слесари-лекальщики, в партере протянулась лента сборочного конвейера. А левую сторону бельэтажа занимал экспериментальный цех. Опытнейшие часовщики, художники своего дела А.А. Дейкин, Е. В. Куликов, В.В. Васильев заканчивали отладку первого советского хронометра.

До войны швейцарские хронометры фирмы «Нарден» считались шедеврами. Они были принадлежностью каждого уважающего себя корабля любого флота мира. Вынуждены

были покупать их и мы. Наладить собственное производство все не удавалось: слишком сложной штукой была ловля тех тысячных долей секунды, из которых складывается точность хода этих прецизионных часов. Война оборвала связи со швейцарскими фирмами, и проблема советского хронометра стала сразу внеочередной и не терпящей отлагательства.

В мирные дни на эту работу отводилось несколько лет, но война учила считать по-новому. «Хронометр должен быть создан за несколько месяцев!» такую задачу поставили перед собой часовщики. Но А.А. Дейкин заставлял себя не торопиться. Он доводил ходовую пружину ажурную детальку, выфрезерованную из одного куска металла. От ее качества зависит точность хронометра. Неосторожное движение и брак. «Талия» пружины толщиной в пять сотых миллиметра должна «пополнить» к своему концу на две сотых, а выдержать размеры нужно с допуском в пять тысячных. В такой работе, как нигде, верна поговорка «поспешай медленно»...

Изготовили пружину начались новые заботы. Пришла пора «ладить ход» добиваться точного взаимодействия всех деталей сложного механизма. Искали подходящую смазку, проверяли способы температурной компенсации, учились сами и учили других. Летом сорок второго года хронометр пошел в серию.

Хронометр приобщается к электричеству

Хранитель точного времени... А в чем выражается эта точность? Оказывается, смысл этого понятия не для всех один и тот же.

Нам с вами важно, чтобы часы, на которые мы посматриваем, опаздывая на работу или торопясь на поезд, ходили «в ногу» с часами города, в котором мы живем. И если на наших часах стрелки показывают 11 часов 28 минут, мы должны быть уверены, что и на городских такое же время, и даже лучше, если на городских чуть поменьше.

А часовщиков-хронометристов мало волнует, что именно показывают стрелки. Их интересует, будет ли хронометр завтра спешить или отставать на столько же, на сколько сегодня.

Если точно известно, что за сутки часы убегают на три секунды, то даже через сто суток учесть такой «ход» не составит труда. Однако если в жаркий день отставание пять секунд, а после дождя секунда, с такими норовистыми часами дела иметь нельзя. Хронометр хорош не тем, что его стрелки показывают верное время, а тем, что это время всегда можно вычислить, зная суточный ход.

У хронометров первого класса ход изменяется от суток к суткам максимум на 0,2 секунды. Добиться такой «вариации хода» очень нелегко. Швейцарцы, например, трудились над уменьшением ее с 0,5 до 0,2 секунды целых двадцать пять лет.

Стабильность хода хронометра подошла к пределу уже давно. Конструкция-то почтенная, наследница двух веков. Главная неприятность опять та же самая, вскрытая Гюйгенсом: неравномерная амплитуда колебаний баланса. Несмотря на все усилия, добиться стабильности величины «импульса», подталкивающего баланс, не удавалось.

А нельзя ли подойти к проблеме по-иному? Выбросить пружины и зубчатые передачи, толкающие баланс неравномерно? До появления полупроводниковых триодов говорить об этом было смешно — транзисторы сделали такой хронометр реальностью. В нашей стране его создали в начале 60-х годов инженер В.А. Шполянский, ныне доктор технических наук, и кандидат технических наук Б.М. Чернягин. На ободе баланса укрепили миниатюрный магнит, на основании механизма — две маленькие катушки с проводом. Магнит проходит мимо катушки, в ней наводится электрический ток. От этого срабатывает транзисторный усилитель — генератор. В другую катушку попадает усиленный в сотни раз импульс тока и подталкивает возникшим магнитным полем баланс. На амплитуду колебаний теперь уже почти ничего, кроме трения, не влияет. Без всякой отладки транзисторный хронометр показал вариацию хода меньше, чем у механизмов первого класса.

Со всего института сходились любопытные посмотреть на удивительный хронометр. Самым впечатляющим была его бесшумность, часы шли без характерного тиканья. Незначительное это обстоятельство привело к забавной истории.

«Никак не могли проверить точность, вспоминает В.А. Шполянский. Обычно это делают по сигналам времени, которые регулярно передают радиостанции всего мира. Сравнивают на слух сигналы в наушнике и тикание хронометра, потом определяют поправку. А тут тиканья не было. Пришлось поставить особое реле, «озвучившее» молчаливый механизм».

Институту в 1963 г. присудили за этот хронометр Золотую медаль ВДНХ и диплом первой степени. К сожалению, путь новинки в практику, как слишком часто это бывает, оказался усыпанным терниями. Старые часы охотно берут, к чему беспокойство? Как не брать, если других нет... А в самые последние годы стали говорить, что, пожалуй, вообще нет смысла готовиться к производству электрических балансовых хронометров, во всем мире, мол, перешли на кварцевые. Будем надеяться, что им повезет больше, и на наших торговых судах вместо устаревших хронометров типа «Нарден» появятся новые, более современные.

Укroщение маятника

Когда Гаррисон придумал, как защитить от влияний температур маятник, это был только первый шаг на пути к точности астрономических часов. Серьезным противником оказалось давление воздуха. Всего на какой-то миллиметр ртутного столба изменяется оно и часы врут на 0,015 секунды в сутки. Влияло на вариацию хода и испарение смазки.

В конце XIX в. немецкий часовщик Рифлер спрятал астрономические часы в герметический сосуд, и смазка перестала испаряться. Затем он снизил давление в сосуде примерно до 600 миллиметров ртутного столба (дальше откачивать воздух было бессмысленно: пары масла мешали сделать вакуум глубже). Все это уменьшило вариацию до 0,01...0,02 секунды — громадный скачок в верности хода.

Вслед за Рифлером взялся улучшать конструкцию высокоточных часов английский мастер Шорт. Он пошел на хитрость: оторвал маятник от механизма и заменил механическую связь между ними электрической. Но поскольку сам по себе колесный механизм без маятника показывать время не в состоянии, колебательных систем в часах Шорта оказалось две — свободно качающийся главный маятник, хранитель времени, и маятник, на долю которого оставлена была вся грубая работа: он замыкал контакты электромагнитов, приводящих в движение оба маятника, двигал стрелки по циферблату и так далее.

Теперь уже ничто не мешало главному маятнику спрятаться в вакуум, но слишком глубоко откачивать воздух не стали, ограничились 20 миллиметрами ртутного столба. Выяснилось, что, регулируя это давление, можно тонко изменять вариацию хода часов. Электромагнитный привод помог сделать очень стабильной амплитуду колебаний.

Словом, вариация суточного хода уменьшилась еще в десять раз: до 1...2 тысячных секунды. Но это был уже предел. Маятник качается ведь по дуге окружности, а не по циклоиде. Любое самое ничтожное сотрясение изменяет его энергию, а значит, и амплитуду колебаний и соответственно период. Астрономы как могли старались защитить свои часы. Их прятали в глубокие подвалы, устраивали мощные бетонные постаменты, располагали обсерватории подальше от дорог. Единственное, от чего не могли избавиться, так это от помех, которые создает сама Земля. Планета наша непрерывно дрожит, как в лихорадке: ее сотрясают и большие землетрясения, и уловимые только приборами микросейсмы. Улавливают их и часы. С этим уже ничего не поделать. По крайней мере ничего не смог поделать Шорт.

Впрочем, в начале нашего века точность в тысячную секунды вполне удовлетворяла

всех. Астрономические обсерватории наперебой заказывали «Шорта», хотя стоили часы десятки тысяч фунтов стерлингов. Купил их для Пулковской обсерватории и Советский Союз. Когда же в 30-х годах в стране стали создавать все новые и новые астрономические обсерватории, Главной палате мер и весов в Ленинграде поручили сделать часы, подобные шортовским. И при этом не разбирая, даже не останавливая механизм, чтобы посмотреть, как он устроен. Каждый экземпляр часов был на особом счету, к ним запрещалось прикасаться всем, кроме агентов «Шорта» (в случае нарушения условий фирма снимала с себя всякую ответственность).

К счастью, в те годы в Палате работал замечательный механик Иван Иванович Кванберг, один из последних представителей «старой гвардии», трудившийся там еще при Менделееве. Он отправился в Пулково, долго изучал механизм через стекло колпака, и представьте, сумел сделать точную копию. Правда, добиться вариации хода в тысячную секунды он не смог. Были, видимо, какие-то в механизме хитрости, которые через стекло не рассмотришь. Кванберг стал экспериментировать, изучать влияние различных деталей на точность хода, но закончить опыты не успел... После смерти мастера работу над часами продолжил его сын Константин Иванович вместе с механиками Анисимовыш и Эйлером. По их чертежам на заводе «Эталон» были сделаны первые восемь советских часов типа «Шорт». Их регулировка оказалась делом сложным, потребовавшим многих лет. Лабораторные исследования прервала война. Главную палату мер и весов эвакуировали в Томск, все работы ее, не связанные с нуждами фронта и оборонной промышленности, были прекращены. Но сразу же после войны новое наступление на непокорные часы предприняли одновременно в двух местах: в московском Центральном бюро времени и в Харьковском институте мер и измерительных приборов. Завод «Эталон» в конце концов наладил производство астрономических часов, ни в чем не уступавших «Шорту».

Самое же главное, что работы в Харькове привели к тому, что в ряду замечательных часовщиков наравне с именами Гюйгенса, Гаррисона, Леруа, Рифлера, Шорта и многих других совершенствователей сверхточных механических часов утвердилось имя Феодосия Михайловича Федченко, который как бы подвел итог всем достижениям и создал маятниковые часы, точнее которых уже просто не может быть.

Как выглядит механический абсолют?

«...Часы АЧФ являются лучшими из всех существующих типов маятниковых часов. Они по крайней мере на порядок превосходят по точности лучшие в прошлом маятниковые часы Шорта. Они во многих случаях могут заменить кварцевые часы средней точности, значительно превосходят их по надежности работы и простоте эксплуатации. Многолетняя их работа в Пулкове с 1960 года прошла практически без единого

нарушения по вине часов, в то время как с часами Шорта имелось их довольно много, а кварцевые часы, пожалуй, даже трудно в этом отношении сравнивать с АЧФ.

Директор Главной астрономической обсерватории, профессор В.А. Крат».

Этот отзыв я читал в лаборатории ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФ-ТРИ), где на стенах бесшумно качаются маятники АЧФ астрономических часов Федченко и где попрежнему работает изобретатель, подыскивая для своего маятника новые применения.

С чего все началось? Когда? Может быть, тогда, когда Ф.М. Федченко, будущий преподаватель физики, был студентом педагогического института в Кривом Роге, в далеком 1934 г.? Там учили не только теории, но и на практике: каждый будущий учитель обязан был уметь делать приборы для демонстрации опытов. Ведь физических кабинетов, к которым мы привыкли в школе сейчас, не было даже во многих городах, не говоря уже о сельской местности, где предстояло работать молодым преподавателям. И Федченко, став учителем, конструировал со своими учениками из подручных материалов многое, в том числе маятники Фуко, Максвелла и другие приборы.

Или «первотолчок» был дан во время войны, когда Федченко служил в танковой части механиком по точным приборам, в том числе и танковым часам? Приходилось работать на разных станках, вытачивать и фрезеровать сложные детали. Бывший учитель оказался незаурядным механиком, которому подчинялись самые капризные приборы. Он отпраздновал в своей части разгром фашистской Германии, потом разгром милитаристской Японии, в Мукдене демобилизовался и вернулся в родные места, в Харьков.

Там он впервые узнал, кто такой Шорт.

Научно-исследовательской темой лаборатории времени, куда его направили, среди прочих была и такая «Изыскание возможности увеличения точности хода часов со свободным маятником типа Шорта».

Первое, с чего пришлось начать, рассказывает Ф.М. Федченко, это были книги. Читал все подряд, начиная с Гюйгенса. И среди разных трудов попала одна статья, которая меня просто поразила. Написал ее немецкий астроном Хойн, и рассказывал в ней он, как исследовал подвесы маятников. Подвес, надо вам сказать, это одна из самых сложных деталей, хотя внешне она очень проста. Стальная полоска или две полоски, зажатые по концам металлическими щечками. Один конец подвеса прикрепляется тем или иным образом к корпусу часов, к другому концу подвешивается маятник. Вот и все. Маятник

качается, пружина (или пружины) изгибается, потери на трение минимальны, а это для астрономических часов только и требуется.

Так вот, была с пружинным подвесом связана одна легенда: считалось, что он способствует изохронности маятника, то есть делает период его колебаний менее зависимым от амплитуды. Мол, сопротивление пружины как бы отталкивает маятник назад, к положению равновесия, и чем больше отклонение, тем значительнее усилие. Это якобы должно улучшать изохронность. Так думали, и Хойн так думал. Однако если пружины подвеса действительно помогают изохронности, то более толстые должны оказывать и большее действие. Между тем все у него получилось наоборот: подвес с двумя тонкими пружинами у Хойна не только обеспечил полную изохронность, но даже перегнул палку, так сказать, в другую сторону: при увеличении амплитуды период уменьшался! Выходит, можно подбором пружин добиться полной изохронности маятника? Я не поверил Хойну и стал повторять его эксперименты.

Федченко проделал без преувеличения тысячи опытов. С сорок седьмого по пятьдесят второй год он перепробовал буквально все мыслимые типы пружин: и короткие, и длинные, и толстые, и тонкие, и с переменным сечением по длине, и строго плоские, все впустую, все оборачивалось зря потраченным временем. Хотя нет, не зря. Без этого сонма опытов не было бы уверенности, не отточилось бы мастерство, не изощрилась бы способность быстро оценивать возможный результат очередного нововведения.

И он наступил, день, когда труд оказался вознагражденным.

Один из подвесов вдруг действительно оказался необычным; маятник с ним получился, как у Хойна, перекомпенсированным! Что случилось? Федченко вынул подвес и машинально отверткой попробовал винты, которыми стягивались щечки: винты подались. И тут же маятник превратился в обычный неизохронный, подчиняющийся всем законам. Что ж, Хойн действительно заблуждался. Дело, выходит, только в щечках, крепко ли они стянуты. А что значит «стянуты»? Это значит, что пружина изгибается не у корня своего, а немного выше или ниже.

Сразу же у Федченко родилась идея: сделать подвес не из одной пружины, не из двух, а из трех — двух коротких и между ними поставить длинную. Тогда в положении, близком к равновесию, длину маятника определяют не длинная и не короткие пружины, а нечто среднее между ними; зато на краях качания — короткие, средняя же как бы выключится. Исчезнет элемент случайности, свойственный плохо затянутым винтам. Подвес можно будет настроить так, чтобы качание маятника происходило по циклоиде, как того требует Гюйгенс. Первая же проверка показала, что идея верна. Маятник действительно получился изохронным: при изменении амплитуды с 30 до 150 угловых минут его

период оставался неизменным. Часы, в которых был он поставлен, обеспечили вариацию хода в 1...2 десятитысячные секунды, а обычные астрономические в тех же условиях показывали результаты в 50...100 раз худшие.

Исчезли прочные, неколебимые стены, мощные фундаменты: часы Федченко к сотрясениям мало чувствительны. Вопреки всем канонам они висят в лаборатории на втором этаже и дают ту же точность, что и часы Шорта, спрятанные в подвале.

Все крупные обсерватории СССР снабжены сейчас часами АЧФ, но не только они. Когда вы смотрите телевизор и на экране появляется циферблат часов с прыгающей секундной стрелкой, знайте: этот механизм работает от часов Федченко, висящих в одной из комнат Общесоюзного телецентра. Это действительно точное время...

О часах АЧФ можно рассказывать и рассказывать. О том, как Ф.М. Федченко разрабатывал систему электромагнитного привода своего маятника, сначала на обычных реле, потом на транзисторах, которые только-только появились. О том, как исследовал влияние формы груза на точность хода часов (размеры груза ведь изменяются при изменении температуры!), как нашел, что Шорт чисто интуитивно выбрал более удачные соотношения высоты и диаметра груза, чем Рифлер, и тем самым улучшил температурную компенсацию своего маятника, и как потом Федченко рассчитал оптимальную форму: обыкновенный шар. Но, пожалуй, интереснее всего рассказать, как часы АЧФ уловили притяжение Солнца и Луны.

Наш вес зависит от того, с какой силой притягивает нас Земля. Притяжение Луны и Солнца изменяет земную силу тяжести: дважды в сутки она достигает максимума и столько же раз минимума. Разница ничтожна, гиря в 1 килограмм меняется в весе на 0,4 миллиграмма. Часы Федченко улавливают в 40 раз меньшие изменения. Но, конечно, не потому, что способны что-то взвешивать, а потому, что из-за разной силы тяжести начинают спешить или отставать.

Нужно только сравнить ход АЧФ с ходом кварцевых или атомных часов.

Такие тонкие эффекты раньше улавливали гравиметрами, основа которых груз, подвешенный на пружине. Она растягивается или сокращается в такт с изменениями силы тяжести т.е. веса гири. При той чувствительности, которой достигли эти приборы, они ощущают уже не только вариации силы тяжести, но и «старение» металла пружин. Всем гравиметрам свойствен крайне серьезный недостаток: «сползание нуля». Отсчеты, сделанные сегодня и через десяток дней, могут отличаться друг от друга, хотя притяжение Земли осталось неизменным. «Могут» в этом слове кроется неопределенность. Ученый не знает причины, вызвавшей изменение показаний, и

вынужден то и дело заниматься кропотливой проверкой калибровкой. Вести наблюдения непрерывно в течение многих недель и месяцев практически невозможно, хотя именно такие измерения наиболее ценны. А часам Федченко все эти неприятности не, грозят. С 1968 г. с их помощью исследуют вариации силы тяжести в Астрофизической обсерватории Института физики Земли АН СССР, и очень довольны результатами.

Маятниковые часы сегодня сменили профессию. Это уже не столько устройство для измерения времени (его гораздо лучше хранят атомные, квантовые генераторы), сколько точнейший гравиметрический прибор. А измерение силы тяжести — это более точная фигура Земли, более верные карты, новые месторождения полезных ископаемых, разгадка внутреннего строения нашей планеты...

Английский журнал «Хоролджикл джорнэл» издается уже сто двадцать лет. На его страницах появлялись описания самых знаменитых часов XIX и XX вв., и конечно, часов Рифлера и Шорта. В сентябрьском номере за 1973 г. — статья «Часы Федченко». Ее автор французский физик М. Плежэр пишет: «Появление часов Федченко является очень важным событием, свидетельствующим о том, что искусство создания астрономических часов еще не окончательно изжило себя, что и здесь еще возможны новые изобретения и находки.

Поэтому инженер Федченко и его коллеги в России заслуживают благодарности от всех часовщиков мира».

Академик С.А. Христианович, крупный специалист в области механики, по поводу часов АЧФ сказал как-то: «Подвес Федченко мог быть изобретен и во времена Гюйгенса. Его создание не потребовало никаких новейших научных достижений, а только поразительно глубокой мысли».

Часовщики и кристалл

Что можно увидеть в кристалле кварца?

Минералог скажет: это твердый, тугоплавкий материал; сделанные из него предметы почти не изменяются в размерах при колебаниях температуры.

Физик добавит: ему свойствен пьезоэффект; на гранях сжатой кварцевой пластинки появляются электрические заряды и, наоборот — когда к ее граням подведен электрический ток, она сжимается.

Историк техники вспомнит: [Пьер Кюри](#) в 1880 г. превратил вырезанную из кристалла

кварцевую пластинку в изящный генератор электрических зарядов. А профессор Поль Ланжевен вывел кварц из тиши лаборатории и сделал в 1916 г. средством борьбы с подводными лодками. В акустическом гидролокаторе Ланжевена кварцевые пластины были излучателями звука и приемниками эхо-сигналов, отраженных от стального корпуса лодки.

Радист назовет 1923 г., когда в журналах появились первые статьи о кварце как идеальном «якоре» для частоты передатчика. Кварц прочно удерживает радиостанцию в заданной точке на шкале частот.

Хранители же времени снимут с полки статью американского физика В.А. Мэррисона, датированную 1930 г., «Кристаллические часы». Тогда это было сенсацией: легкое дрожание кварцевой пластинки можно превратить в движение секундной стрелки часов. Точность их оставит далеко позади любые достижения часов механических.

Идея кварцевых часов очень проста. Кварцевую пластинку, брусок или диск подключают к радиолампе или полупроводниковому триоду. Пластика играет роль маятника, лампа и транзистор — это механизмы, передающие «маятнику» энергию, нужную для поддержания колебаний. Вот и все. Радистов не смущает, что кварцевая пластинка колеблется очень быстро, с частотой в десятки и сотни тысяч герц. Они умеют делить частоту во сколько угодно раз. Получить 1 герц, а значит, и секунду — дело техники.

Вместе с тем высокочастотные колебания — это «микроскоп времени». Без особого труда можно получить тысячные, миллионные, миллиардные и еще более мелкие доли секунды. Единственное, чего нужно добиться, — это чтобы генератор частоты работал стабильно. И опять начинается погоня за точностью, попортившая столько крови часовщикам на протяжении последних четырех столетий. Защищать кварц требуется от изменений температуры и атмосферного давления, от ударов и вибраций. Сложности возрастают тем быстрее, чем к большей точности мы стремимся.

Поиски и находки

И маятник, и баланс, и кварц — качество всех этих колебательных систем выражают «добротностью»: показателем того, сколь быстро затухают колебания, будучи предоставленными сами себе, или, что то же самое, какая доля энергии рассеивается при каждом цикле колебаний. Если «улетучивается» 1/100 энергии — добротность равна 100, если 1/1000000 — миллион.

Конструкторы часов, как мы видели, в заботе о добротности стали прятать свои маятники в вакуум. Теми же соображениями руководствовались и создатели кварцевых

резонаторов. Колебания кварца — это звук, хоть и неслышимый, он распространяется в воздухе, уносит впустую энергию — долой воздух! Добротность кварца, помещенного в вакуум, увеличилась, но совсем не так значительно, как должно было быть. Почему?

Кристаллическая решетка кварца близка к идеальной: в кристалле практически нет дефектов. Поэтому энергия, запасенная в пластине в виде ультразвука, внутри ее рассеиваться не будет. Иное дело — поверхность. Как ни старайся, на ней останутся невидимые глазом риски — следы распиливания кристалла, шлифовки и полировки. На этих рисках и тратится впустую энергия, они виноваты в недостаточно высокой добротности кварца.

Сотрудник ВНИИФТРИ А.Г. Смагин разработал в начале 50-х годов новый метод полировки — «асимптотическую доводку» все более тонкими абразивными порошками. Пластины стали получаться более чем зеркальными, с микронеровностями меньше сотой доли длины световой волны. Соответственно возросла и добротность: десять, двадцать, тридцать миллионов единиц. А когда кварц охладили до температуры жидкого гелия, добротность стала совершенно фантастической — 86 млн. Методом Смагина снимают слои вещества толщиной в 0,0000001 миллиметра и соответственно точно подгоняют массу кварцевого бруска, от которой зависит точность генерируемой частоты.

Но одной подгонки мало. Кварц требуется поместить не просто в тепличные, а в супертепличные условия, чтобы добиться от генератора нужной стабильности.

Для защиты от изменений температуры уже давно кварцевые часы стали прятать в глубокие подвалы, в глухие, без окон комнаты. В каждой комнате — еще одна, тоже наглухо запертая, со своими стенами и потолком. Каждая покоится на отдельном фундаменте, а внутри на тяжелых бетонных постаментах — уже сами генераторы. Какая бы погода ни была на улице, здесь всегда около +20°C. Но главное даже не в комнатах: генератор заключен в термостат, а внутри в еще одном, маленьком термостате спрятан брусок кварца. Вся эта гигантская «матрешка» сделана с единственной целью — добиться, чтобы температура «гуляла» не более чем на 0,001°C в сутки.

Иногда миниатюрный кварцевый генератор опускают в пробуренную скважину на глубину 40...50 метров. Годовые и суточные изменения температуры доходят туда, ослабленные в десятки и сотни миллионов раз: они не превышают десятитысячной градуса.

От часов к эталону

Но все это метрологи узнали и приняли на вооружение лишь во второй половине нашего века. А в 1930–1932 гг., когда в Ленинградской Центральной радиолaborатории (ЦРЛ) разрабатывались первые в стране кварцевые часы, буквально до самых простых вещей приходилось добираться ощупью. Руководил работами инженер Павел Павлович Куровский, физик по специальности (он окончил Ленинградский университет), один из ведущих специалистов ЦРЛ по кварцевым резонаторам. Он был талантливым инженером, серьезным теоретиком, великолепным организатором. Дело, за которое брался, всегда продумывал исключительно глубоко, умел найти единомышленников и активных помощников в любом начинании. Достаточно будет сказать, что кварцевая лаборатория, как и отдел селеновых выпрямителей, которыми он руководил, превратились потом в научно-исследовательские институты.

В разработке кварцевых часов участвовали Е.С. Мушкин, А.А. Расплетин (впоследствии крупный специалист по радиолокации), В.П. Уфтяжанинов, С.С. Кошко. Стабильность частоты генератора соответствовала рекомендациям Международного консультативного комитета по радио. Но к тому времени, когда работа была закончена, Копенгагенская конференция рекомендовала повысить точность стандарта в десять раз. Созданный в 1935...1938 гг. второй генератор «Эталон ПЭЧ-1» не только отвечал этим требованиям, но и десятикратно превышал их. Пожалуй, лишь радисты способны в полной мере оценить масштаб трудностей, которые вставали тогда перед конструкторами (Е.С. Закс, В.М. Кэо, С.С. Кошко, В.П. Уфтяжанинов, А.А. Фрегатов и другие).

Когда началась Отечественная война, Куровский получил чрезвычайно важное задание наладить серийный выпуск радиолокаторов РУС-2 «Редут». Работать пришлось в тяжелейших условиях блокированного фашистами города, при нехватке кадров и недостатке оборудования – основную часть его вывезли еще до блокады.

Что значили эти станции для осажденного города, нет нужды доказывать. Только 4 апреля 1942 г., когда фашистская авиация совершила самый крупный с начала войны налет на Ленинград, было сбито 25 и подбито 10 самолетов врага – более трети участвовавших в атаке. Противовоздушная оборона, предупрежденная радиолокаторами, сорвала замысел гитлеровцев уничтожить с воздуха корабли Балтийского флота и заводы Ленинграда.

Вдова П.П. Куровского, Екатерина Николаевна Тычинина, показала мне экземпляр многотиражки, выходившей в Ленинграде в то памятное время. Видел четыре портрета: монтажника Коршунова, начальника участка Браславского, инженера Романова и руководителя отдела Куровского – все они участвовали в выпуске «Редута». Но, конечно, даже намек на это в газете я не нашел. Локаторы, о которых нынче можно прочесть во

множестве справочников, тогда были секретными. Эвакуированный позднее из Ленинграда, Куровский активно включился в работу по усовершенствованию локаторов.

Он умер, когда ему было всего 44 года. Сказалась блокада, работа «на износ» в военные годы, гибель и не только на фронте многих друзей. Сердце не выдержало непосильной нагрузки...

После войны создание эталона частоты поручили Всесоюзному научно-исследовательскому институту метрологии им. Д.И. Менделеева. К 1949 г. государственный эталон частоты, состоящий из трех кварцевых генераторов, был аттестован стал официально признанным прибором. Число «три» гарантировало, что даже если один из генераторов внезапно выйдет из строя, два других будут по-прежнему работать. Итак, рядом с астрономическим временем появилось кварцевое? Нет. Надежность электроники оказалась еще слишком низкой, чтобы время могло опереться на кварц. Радиолампы и другие детали не отличались долговечностью, а от эталона времени требуется безотказная работа в течение многих десятилетий, а лучше сказать вечно.

К тому же, хотя кварц и обеспечил большую, чем у астрономических часов, стабильность частоты, он не мог похвастаться ее точностью. Неискушенному человеку может показаться несущественным это различие, однако оно имеет принципиальное значение.

Стабильность зависит от того, насколько мы сумели защитить колебательную систему кварц или маятник от всякого рода мешающих влияний. В случае кварцевого генератора этого добиться легче, чем когда имеешь дело с маятником.

А вот точность... Маятниковые часы опираются в качестве эталона на вращение Земли. На что опереться кварцу? Сам по себе он может генерировать любую частоту, какую только мы захотим, но задача метрологов добиться не «любой» частоты, а вполне определенной, чтобы в конце концов получить именно один герц, одну секунду.

Может быть, настроить кварц по вращению Земли? Когда это сделали, вдруг выяснилось, что она в качестве эталона для кварца не годится. Стабильность генератора была выше, чем стабильность вращения планеты. Буквально за несколько месяцев кварцевая и «земная» секунды разошлись.

В довершение всех бед стало ясно, что кварц принципиально не в состоянии долго, т.е. годами, хранить заданную частоту. С течением времени изменяются размеры пластинки (кристаллическая решетка, слегка нарушенная при обработке, возвращается в исходное состояние), падает упругость, иной становится эластичность нитей, на которых кварц

подвешен в своей стеклянной колбе, даже вакуум не остается постоянным. Все эти неизвестно как меняющиеся факторы влияют на частоту — одни больше, другие меньше, но влияют непременно.

Кварц оказался недостойным звания эталона времени. Какой же это эталон, если он сам не знает, какую частоту генерирует, если его то и дело нужно проверять?

Так они и сосуществовали: Земля как эталон времени, кварцевый генератор как эталон частоты. Для длинных астрономических наблюдений — Земля, для кратковременных радиотехнических измерений кварц. Каждому эталону свое поле забот.

Время, продиктованное молекулами и атомами

В 1954 г. [Н.Г. Басов](#) и [А.М. Прохоров](#) в Физическом институте АН СССР и [Ч. Таунс](#), Дж. Гордон и Х. Цейгер в Колумбийском университете Нью-Йорка одновременно и независимо друг от друга создали генераторы высокочастотных колебаний, в которых роль «кварцевых пластинок» сыграли молекулы аммиака. Выдающееся достижение обеих групп было отмечено Нобелевской премией.

А в октябре 1967 г. XIII Международная конференция по мерам и весам постановила: «Секунда — это 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133». Этими словами официально началась новая эра в метрологии.

Чтобы оценить величие случившегося, нам придется отойти в самое начало XX в., когда сорокадвухлетний берлинский академик [Макс Планк](#) предположил, что электромагнитные волны излучаются и поглощаются не сплошным потоком, а порциями, квантами.

Такое допущение было нужно ему, чтобы связать воедино два противоречащих друг другу закона: Рэлея — Джинса и Вина. Первый утверждал, что мощность излучения тем выше, чем короче электромагнитная волна, а второй столь же безапелляционно ему противоречил и заявлял, что с уменьшением длины волны мощность уменьшается. (Ученые тогда еще не знали, что законы эти ограничены и описывают каждый свою область излучения.) С квантами же оба закона объединялись в один, очень точно описывающий явление.

Но действительно ли существуют кванты? Планк сам был не очень в этом уверен. Ему казалось, что в таком допущении есть нечто искусственное. Так же отнеслись к идее квантов многие коллеги Планка. Многие, но не все.

Одним из тех, кто в полной мере оценил могущество гипотезы «порций излучения», был Эйнштейн. И не только оценил, но и развил, доказав в 1905 г. физическую реальность квантов. Они помогли творцу теории относительности объяснить, почему одни световые лучи выбивают из металла электроны, а другие — нет. За эту работу, в которой не было ничего недоступного для понимания современного десятиклассника, он получил в 1921 г. [Нобелевскую премию](#).

Поглощая и испуская кванты, атомы и молекулы приобретают или излучают энергию. Поглотив ее, атом (будем говорить в дальнейшем только о нем) может, например, потерять электрон и ионизироваться. Если же энергия кванта не очень велика, электрон лишь слегка сместится на другую орбиту. Атом перейдет в «возбужденное» состояние: Через некоторое время электрон вернется на свое место, а атом избавится от «съеденного» кванта, выбросит его наружу в виде электромагнитной волны, частота которой зависит от энергии кванта. В случае молекулы дело обстоит несколько сложнее, но это уже тонкости.

Как скоро возбужденный атом превратится снова в обыкновенный? Этого никто не может сказать. Может быть, через тысячную секунды, может быть, через секунду. Но ученый знает, что для каждой энергии и каждого атома есть своя вполне определенная вероятность того, сколько времени он просуществует в возбужденном состоянии.

Поглощаются (и, стало быть, испускаются) вовсе не любые кванты, а лишь те, которые «разрешает» внутреннее строение атома или молекулы. Скажем, молекулы аммиака способны излучать, среди прочих, кванты с частотой 23 870 мегагерц, атомы водорода 1420 мегагерц.

Создатели первого квантового генератора сумели извлечь спрятанный радиосигнал из молекул аммиака.

Для этого пришлось научиться сортировать молекулы. Они ведь с равным успехом могут находиться и в возбужденном состоянии — условно назовем его «красным» — и в обычном — «синем», так что в колбе с газом тех и других будет почти поровну (строго говоря, «синих» больше). Из этой мешанины кванта не извлечешь. Как только «красная» молекула от него освободится, его немедленно поглотит, словно мелкую рыбешку, «синяя» хищница и превратится в «красную». Молекулы перебрасываются квантами, оставляя нас, как говорится, при своем интересе. Какой барьер поставить на пути хищников?

Этим барьером стало электрическое поле. Его можно сформировать таким, что оно

отбросит в сторону «синие» молекулы, а «красные», наоборот, соберет в тонкий пучок. Из сортирующего устройства вылетят уже только те молекулы, которые нам нужны.

Что ж, готов генератор? Пока еще нет. Пучок молекул будет испускать кванты, но уловить их мы не сможем. Энергия их как бы размазана по длине пучка. Еще более важно, что далеко не все молекулы совершают нужное нам превращение. Оно, как вы помните, лишь вероятно, но вовсе не обязательно. Очень многие переходы из «красного» в «синее» состояние совершатся вообще за пределами генератора. Силы, брошенные на сортировку, затрачены впустую. Вот собрать бы все «красные» молекулы в ловушку да заставить отдать по кванту, тогда энергию их наш приемник уловил бы. Но как заставить?

Физики вспомнили об одной работе Эйнштейна, относящейся к 1917 г. Она разрешала атомам излучать кванты не только самопроизвольно, но и вынужденно.

Иными словами, достаточно по возбужденному атому ударить квантом с точно такой же энергией, которую атом намеревается выбросить, и произойдет переход из «красного» состояния в «синее». Самое же приятное, что ударяющий квант не погибает. После его первого столкновения с атомом исследователь получает два кванта, после их нового соударения с другими атомами — четыре, потом восемь, шестнадцать и т.д... Помните историю с индийским царем, который принял условие, заплатить изобретателю шахмат за каждую клетку доски вдвое больше зерен, чем за предыдущую? Здесь те же «правила игры». Начав с одного-единственного кванта, установка выбрасывает мощный поток электромагнитных волн. Так, например, действует лазер, работающий в импульсном режиме: он то копит в себе «красные» молекулы (как нас сейчас не интересует), то мгновенно переводит их все в «синее» состояние.

Чтобы зазвучал непрерывный сигнал, нужно все время получать откуда-то «красные» молекулы — хотя бы с помощью нашего сортировочного электрического поля. Да найти ловушку для квантов, чтобы ни один не потерялся.

Такие ловушки для радиоволн — объемные резонаторы давно известны радистам. Внешне это металлическая коробочка с одним или несколькими небольшими отверстиями. Радиоволны накапливаются там, словно вода, капля за каплей падающая в стакан. К сожалению, энергия радиоволн слегка греет стенки резонатора, поэтому ее приходится непрерывно пополнять: наш «стакан» для электромагнитной энергии слегка дырявый.

Чтобы «заткнуть дырки» (уменьшить потери), ловушку для радиоволн внутри серебрят, ведь серебро — самый лучший проводник электрического тока.

Резонатор и поставили на пути молекул аммиака создатели квантового, генератора. «Красные» молекулы ворвались в него, чтобы немедленно «красными» же вылететь наружу. Не тут-то было! Пока они находились внутри, одна из молекул испустила квант. Он отразился от стенки резонатора и ударил в другую молекулу, заставил ее отдать порцию энергии – лавинообразный процесс начался.

Он бы так и развивался до бесконечности, если бы не два препятствия. Во-первых, часть квантов теряется, поглощенная стенками резонатора. Во-вторых, чем больше квантов, тем больше «синих» молекул, способных ловить кванты, дабы приобрести «красную» окраску. Так что из молекул, находящихся в пучке, не больше половины поработает на пользу генератора. Пучок же приходится делать реденьким, чтобы исключить столкновения молекул между собой и их «посинение» без выброса кванта. Вот почему мощность, которую развивает наш квантовый генератор даже с очень хорошим резонатором, ничтожна.

Наконец-то часы!

«Молекулярный генератор может быть использован в качестве абсолютного эталона частоты (времени) высокой точности» – подвели итог своей работы Басов и Прохоров в статье «Молекулярный генератор и усилитель», напечатанной в ноябре 1955 г.

Действительно, внутриатомные и внутримолекулярные процессы хорошо поддаются расчету (не все, конечно, но во всяком случае те, которые нас интересуют), кванты выбрасываются в строгом соответствии с теорией. А главное, процессы эти очень стабильны, так что «порции энергии» получаются чрезвычайно похожими друг на друга. В случае аммиака разница измеряется несколькими стомиллионными или даже миллиардной долей процента. Вот она, эталонная частота!

Правда, частоту квантов молекул аммиака (да, как правило, и других веществ) невозможно поделить так, чтобы в конце концов обрести любезную нашему сердцу секунду – частоту 1 герц. Только для простоты говорится, что частота кванта равна 23 870 мегагерцам, а на самом деле число это не круглое. Пришлось пойти на хитрость.

Как вы помните, кварцевый генератор оказался не способным выполнять роль эталона, потому что его частота непрерывно «плывет» неведомо куда. С другой стороны, хорошо известна частота квантов аммиака. Что если сравнить эти частоты? Ведь тогда полностью удастся исключить неопределенность кварца.

Однако просто взять и вычесть частоты нельзя. Разница будет столь велика, что

измерить ее с нужной точностью не удастся. Приходится частоту кварца сначала умножать в несколько сотен или тысяч раз (это не так уж трудно, как может показаться), а только потом вычитать. Разница — это как бы отклонение стрелки весов. Если она колеблется, частота кварца не стабильна. Но радисты умеют с очень большой скоростью подстраивать частоту генератора. Автоматическая система чутко следит, чтобы «стрелка весов» стояла как вкопанная. Вот теперь можно смело утверждать: частота 1 герц, выработанная из частоты кварца, идеально привязана к частоте квантового генератора. Способ длинный, что делать, зато надежный.

Квантовые часы на аммиаке сразу же снизили вариацию хода до 0,000001 секунды в сутки, так что опытному глазу стали видны неравномерности во вращении Земли. В Пулковской обсерватории в конце 50-х — начале 60-х годов аммиачный генератор использовался как эталон времени. Но... более детальные исследования показали, что и он не идеален, что и у него есть свои погрешности. С немалыми хитростями удалось снизить их еще в несколько раз, и стало ясно: дальнейшие успехи нужно искать на иных путях.

Одна из причин, поставившая предел повышению точности, — «соотношение неопределенностей», фундаментальное понятие физики элементарных частиц. Его ввел немецкий исследователь [В. Гейзенберг](#) в 1927 г. Оно отражает «странные» свойства микромира. Оказывается, энергию любой частицы, в том числе и кванта (а стало быть, и частоту), можно измерить только с некоторой наперед заданной точностью. Ошибка неизбежна, и зависит она от длительности наблюдения, т.е. времени взаимодействия частицы с измерительным прибором. Погрешность обратится в нуль, когда время это станет равно бесконечности. Грубо говоря, если наблюдение длится 1/10 секунды, ошибка составит 10 герц. Дальше следует простая арифметическая задача: длина резонатора несколько сантиметров, скорость молекул — несколько километров в секунду. Ответ: абсолютная ошибка измерения частоты — порядка 3000 Гц. Аммиак стал препятствием для дальнейшего роста точности.

Начались поиски новых методов, иных веществ. Они увенчались замечательным успехом: был создан квантовый генератор на атомах водорода.

Время загоняют в колбу

Надо сказать, что водород и раньше пытались использовать в качестве основы атомных часов, но неудачно. В отличие от аммиака атомы водорода слишком долго остаются в «красном» состоянии. Время, в течение которого происходит самопроизвольный выброс кванта, гигантское: 0,25...0,3 секунды. Через резонатор практически все атомы пролетят, не отдав энергии, так что ни о каком генераторе не может быть и речи.

Вернее, не могло быть до тех пор, пока сотрудники Гарвардского университета (США) Н. Рэмси, Г. Гольдберг и Д. Клеппер в 1960 г. не изобрели чрезвычайно остроумный способ продлить время пребывания атомов в резонаторе.

Они взяли стеклянную колбу и покрыли ее изнутри топким слоем фторопласта. При ударе об эту пластмассу атомы водорода практически не теряют энергии. Задерживаясь в колбе примерно 2 секунды, они успевают «посинеть». В колбе собирается так много атомов, что энергии, которую они выделяют, хватает и на преодоление потерь в металлических стенках резонатора, и на то, чтобы вызвать у «красных» атомов излучение.

Очень большое время взаимодействия атомов с резонатором, залог точности измерения частоты квантов. Неопределенность уменьшилась до $0,5...0,3$ Гц, а в целом (так как центр полосы неопределенности находят с точностью около 1 процента) частоту водородного генератора удалось определить с фантастически малой ошибкой. По данным 1969 г. она равна $1\,420\,405\,751,7860 \pm 0,0046$ герца, а относительная ошибка $3 \cdot 10^{-12}$ Стомиллиардная доля процента! А в 1974 г. сотрудники ВНИИФТРИ рассказывали мне, что водородные часы государственного эталона времени и частоты СССР ошибаются в десять раз меньше. Возможно, и эту ошибку удастся сократить десятикратно, т.е. до $3 \cdot 10^{-14}$

Почему секунда выбрала себе цезий

Но с водородным генератором повторилась история кварцевого. И его не признали годным на роль эталона.

Тот самый фторопласт, который поначалу помог решить проблему, оказался камнем преткновения. Выяснилось, что мириады атакующих атомов постепенно изменяют его свойства, и из-за этого «ползет» частота квантов. Хотя на водородный генератор возлагали большие надежды, а некоторые исследователи и сейчас верят в его будущие успехи, Международная конференция по мерам и весам выбрала, как вы помните, в качестве эталона кванты, излучаемые и поглощаемые атомами цезия.

Цезиевый стандарт был разработан в Англии еще в 1953...1955 гг., но ему долгое время не везло. Аммиачный, а потом водородный генераторы считались более сильными конкурентами. И все-таки пришлось вернуться к исходной точке.

Этот квантовый прибор хорош тем, что в нем нет элементов, которые могли бы вносить ошибки, не поддающиеся учету. Единственное требование — скрупулезно воспроизвести условия, при которых работает цезиевая атомно-лучевая трубка. И точность

определения частоты будет такой же, как в случае водородного генератора, а сам эталон меньше, легче и дешевле.

Цезиевая трубка не порождает радиоволн, а поглощает их. Поэтому она нуждается во внешнем генераторе — обычно он кварцевый, а частота его умножена в соответствующее число раз, чтобы получить 9 192 631 770,0 герца. Затем эта частота, поглощаемая «синими» атомами паров цезия, вводится в резонатор, сквозь который они пролетают, и атомы из «синих» становятся «красными». Естественно, не все, а только некоторые в соответствии с вероятностью превращения. Сортирующее магнитное поле отбрасывает их на приемную головку. Чем больше в нее ударяется атомов, тем больше ток на выходе всей системы. А от чего зависит количество атомов? Ясно: от того, насколько хорошо частота кварцевого генератора «привязана» к частоте поглощения. Система автоматической подстройки частоты заработала...

Тем же путем можно проверить, какова частота любого другого генератора, в том числе и водородного. Техника этого дела Ничего принципиально нового не содержит.

В последнее время пары и других металлов, а не только цезия, претендуют на роль «рабочего тела» атомно-лучевого стандарта. Таллий оказался раз в пятьдесят менее чувствительным к помехам от магнитных полей, которых рядом с любой электронной аппаратурой всегда более чем достаточно, — их порождают силовые кабели, трансформаторы питания, электромоторы. Рубидий, утверждает теория, позволит еще более поднять точность измерения частоты.

Идея атомно-лучевой трубки оказалась очень плодотворной. За создание квантового стандарта на цезии и другие работы Академия наук СССР наградила изобретателя Л. Эссена Золотой медалью имени А.С. Попова — высшим отличием академии за труды в области радиотехники.

Ах, эта неравномерная Земля!

Сегодня в распоряжении ученых стабильное атомное время. Но астрономы по-прежнему упрямо смотрят на звезды... Зачем?

Иммануил Кант, который был не только философ, но и астроном-теоретик (гипотеза Канта — Лапласа!), утверждал, что считать Землю идеальным волчком — значит делать ей незаслуженный комплимент. В работе 1754 г. «Исследование вопроса, претерпела ли Земля некоторые изменения в своем вращении вокруг оси, которым обуславливается смена дня и ночи» ученый писал, что морские приливы должны играть роль тормоза и удлинять сутки на 0,0016 секунды в столетие.

Этот труд Канта был ответом на мнение английского астронома Эдмунда Галлея, который считал, что Земля вращается равномерно, а Луна из года в год ускоряет свое движение. Мнение Галлея, высказанное им в 1693 г., основывалось на том, что даты солнечных затмений в древних хрониках расходятся с датами, вычисленными по формулам астрономии.

Завязался спор, шедший с переменным успехом вплоть до первого десятилетия XX в. Земля или Луна? Безоговорочно принять ту или иную точку зрения у науки не было оснований. Речь ведь шла о десятитысячных секунды за столетие, а часы тогдашних астрономов улавливали в лучшем случае десятую секунды в сутки.

В 1906 г., когда в обсерваториях появились часы Рифлера, наблюдения показали, что Солнце тоже «ускоряется» в своем фиктивном движении вокруг Земли (для расчетов иногда выгодно считать Землю «центром мира»). Еще некоторое время спустя «ускоряться» стали Меркурий и Венера (это уже была заслуга часов Шорта и кварцевых). Тут уж всем стало ясно: виновата Земля! Слишком одинаковы все эти ускорения, разумнее было считать, что наша планета просто вращается медленнее и медленнее.

Странно только, что замедление оказалось очень большим, почти в два с половиной раза превышающим то, которое следовало из работы Канта: порядка 0,003 секунды за 75 лет. Три тысячных секунды для Земли — это такая энергия, что даже четвертой части ее хватило бы, чтобы стереть до основания всю Памиро-Гималайскую горную систему. Откуда такая энергия берется? Ответа на вопрос пока нет...

Наблюдения, из которых вытекало, что Земля по части вращения норовиста, велись буквально на грани чувствительности тогдашних приборов времени, даже кварцевых. И когда в 1955 г. в распоряжении науки оказались первые квантовые стандарты частоты, астрономы не упустили благоприятной возможности организовать «Службу вращения Земли». Точность измерений резко возросла, удалось подметить некоторые закономерности в поведении «шарика».

Скажем, весенние и осенние сутки: они отличаются примерно на две тысячных секунды. Зимой по-иному распределяются воздушные массы над планетой: почти над всей Азией образуется устойчивая область высокого давления, собираются миллионы и миллионы тонн воздуха. На обширных пространствах выпадает снег. Эффект накапливается, момент инерции волчка-Земли постепенно изменяется, иной становится скорость его вращения. Потом весна, снег стаял — опять сезонное изменение скорости. Летом леса покрылись листвою — небольшой скачок скорости отмечает и это событие.

Год на год не приходится, метеообстановка разная – все это хорошо прослеживается на графиках скорости вращения Земли, которые вот уже больше двадцати лет ведут сотрудники отдела ВНИИФТРИ.

А нет ли связи между скоростью вращения Земли и активностью Солнца? – спросил я Давида Юльевича Белоцерковского, руководителя отдела.

Да, довольно явственно намечается 11-летний цикл, ответил он, но чтобы окончательно удостовериться, надо еще долго наблюдать. Однако даже если все абсолютно точно подтвердится, нам легче от этого не станет. Возникнет новый вопрос: каков механизм передачи влияний? Хорошей гипотезы до сих пор нет. Покойный директор Парижской обсерватории Данжон – тот прямо так и говорил: во всех неравномерностях вращения Земли виновато Солнце. У нас новосибирский ученый Д. Ю. Калинин выдвинул аналогичную гипотезу. Но как дело доходит до формул, расчетные эффекты оказываются в сто, тысячу, десять тысяч раз меньше наблюдаемых. Может быть, все-таки Земля сама по себе, Солнце само по себе, а потом накапливающиеся незначительные эффекты собираются, и Солнце как бы играет роль руки, нажимающей на спусковой крючок? Мы в лаборатории пробовали посчитать, так вот, нам кажется, что изменения скорости идут ступеньками, маленькими скачками, а вовсе не плавно. Но так ли это на самом деле? Чтобы изменилась скорость вращения, должен стать другим момент инерции, должно непременно произойти перераспределение масс. Помню, в одной из книг читал я, что академик Вернадский в беседе с академиком Шмидтом как-то сказал, обсуждая его, Шмидта, гипотезу происхождения Земли, что возможно периодическое перемещение радиоактивных слоев в недрах планеты. К этим словам стоит прислушаться: уран, торий и другие элементы его ряда – самые тяжелые из известных нам веществ... Даже не очень большие количества их (не очень большие в земном масштабе, конечно) если передвинутся, это может очень сильно изменить момент инерции земного шара.

А вот бывший директор Международного бюро времени Николай Стойко и его жена Анна Стойко убеждены, что на вращение влияют землетрясения. И наш пулковский астроном профессор Н.Н. Павлов так считает. Он уверен, что когда мы будем лучше знать, как вращается Земля, то сможем (с учетом других данных, разумеется) предсказывать землетрясения.

Наконец, гипотеза движения материков уже почти бесспорна: так вот, разве их движение не обязано влиять на момент инерции Земли и скорость ее вращения? Безусловно.

А метеорологи говорят: дайте возможность прогнозировать изменения скорости

вращения Земли, и мы будем точнее предсказывать погоду, потому что эти изменения непременно отражаются на перемещениях воздушных масс. Мы-то, астрономы, считаем, правда, что первична все-таки не Земля как таковая, а сама погода: давление ветра на горные хребты, трение воздуха о поверхность планеты... Но поди ж тут, докажи, что первичное и что вторичное. Ясно только: вращение Земли — ключ ко многим явлениям...

Вплоть до 1963 г. замедление скорости вращения было довольно равномерным, и вдруг в течение нескольких дней (!) скорость упала, как за предыдущие два года, ни с какими цунами или землетрясениями связать это событие пока не удалось. Советский исследователь А.Г. Флеер обнаружил такой феномен: таинственным образом скорость вращения Земли влияет на скорость распространения радиоволн в атмосфере...

Специалисты, изучающие вращение Земли, сейчас находятся в положении детективов, идущих по следам неведомого преступника. Между скачком скорости вращения и моментом, когда об этом узнают ученые, проходит в лучшем случае несколько недель. Порой наблюдениям звезд мешают облака, порой запаздывают данные зарубежных обсерваторий, да и на расчеты нужен не один день.

Работники службы времени мечтают о приборах, которые измеряли бы скорость вращения Земли не по звездам, а «сами по себе». Способ почти есть. «Почти» — потому что пока его точность раз в сто ниже требуемой. Раньше чем лет через десять трудно ожидать радикальных изменений. Но принцип измерителя хорошо известен: это лазерный гироскоп. Два луча, испущенные одним лазером, отражаясь от зеркал, бегут по кругу навстречу друг другу. Пока сооружение неподвижно, длины волн обоих лучей одинаковы, но если его начать вращать, положение резко изменится. Волна, бегущая против вращения, как бы сожмется, другая, своим движением «согласная» с вращением, как бы растянется. Возникшую картину можно наблюдать, измерять, автоматически записывать и вводить в ЭВМ. Когда лазерный гироскоп ощутит неправильность вращения Земли, ученые получат в свое распоряжение фотографию «рабочего дня» планеты. И тогда... Вся история науки свидетельствует, что как только в распоряжении исследователей оказываются новые приборы, рождаются новые открытия.

Антенна размером с земной шар

Когда в 1931 г. молодой сотрудник американской телефонной компании «Белл телефон» Карл Янский соорудил свою колоссальную по тем временам вращающуюся антенну из металлических труб, досок и четырех автомобильных колес, ни он, ни его начальство, конечно, не думали, что антенна открывает эру радиоастрономии. Просто нужно было найти источник помех, забивающих слабые сигналы в одном очень чувствительном

радиоприемнике. Янский думал, что это какая-то радиостанция.

Адрес «станции» оказался довольно необычным: «Космос, Млечный Путь, созвездие Стрельца». Поскольку исследователь не мог выключить этот странный передатчик, он стал придумывать способ нейтрализации его влияния. Более глубоко изучить радиосигналы с небес не позволил шеф, считавший, что тратить деньги на столь бессмысленное занятие значит поистине выбрасывать их в пустоту.

Неизвестно, на сколько бы лет задержалось развитие радиоастрономии, не прочти маленькую статью Янского радиолобитель Грот Ребер. Он соорудил антенну в виде круглого десятиметрового зеркала, составил радиокарту Млечного Пути и послал ее в астрофизический журнал. Карта и приложенная к ней статья показали консультантам журнала не то мистификацией, не то просто творением не совсем нормального человека: шутка ли, радиостанции на небе! Консультанты-астрономы рекомендовали воздержаться от печатания. По счастью, главный редактор оказался человеком проницательным и широких взглядов, и труд Ребера увидел свет.

Так у радиоастрономии оказалось две даты рождения: одна — когда сигналы были впервые приняты, и вторая — когда о них с десятилетним опозданием узнал ученый мир.

С тех пор антенны для приема космических радиоволн становились все грандиознее. Ведь сигналы, приходящие из глубин Вселенной, страшно слабы. Больше антенна — шире невод, захватывающий поток электромагнитного излучения. Радиотелескоп с такой антенной замечает на небе источники радиоизлучения, все ничтожнее по мощности. Такова первая причина любви астрономов к гигантским антеннам. Вторая причина в том, что у большого радиотелескопа велика разрешающая способность, он дает возможность узнавать более тонкие детали «радионебографии» космоса.

Тридцать, пятьдесят, семьдесят, сто метров — стремительно росли диаметры антенн. Но чем больше размеры, тем труднее зеркалу сохранить заданную форму, оно начинает прогибаться под собственным весом. И американские конструкторы 300-метрового радиотелескопа, построенного в Аресибо, на острове Пуэрто-Рико, не нашли иного выхода, как только взять в качестве каркаса... горную котловину! Подходящую по размерам впадину залили бетоном и разложили на нем металлическую сетку, превратили ее в отражающую радиоволны чашу...

Здесь нужно сделать очень существенное замечание. Важен не сам размер зеркала, а отношение его диаметра к длине волны, на которой ведется прием. Когда, например, оно равно 10, телескоп различит на небе два радиоисточника, только если угловое расстояние между ними более 6 градусов*, на меньшем расстоянии две радиозвезды

сольются для инструмента в одну.

* Шесть градусов — это очень много. Расстояние между двумя звездами «ковша» Большой Медведицы, дающими направление на Полярную, — пять градусов.

Метод простого увеличения размеров антенн быстро исчерпал свои возможности. Ведь чтобы увеличить разрешающую способность в десять раз, нужно в сто раз поднять отношение «площадь зеркала / длина волны»: такова цена новых знаний. А что касается перехода к все более коротким волнам, то на этом пути есть препятствие иного рода.

Планета Земля поставила радиоастрономов в довольно-таки жесткие рамки. Она отвела им в спектре электромагнитного излучения участок с длинами волн от 20 метров до 8 миллиметров. Все, что длиннее, отражается от ионосферной брони планеты, все, что короче, поглощается ее атмосферой. Предел уменьшения рабочей длины волны существует, и его не перепрыгнешь. Конечно, когда радиотелескопы появятся на околоземной орбите или на Луне, удастся принимать и более короткие волны.

Вести прием на 8 миллиметрах очень непросто. Радиотелескоп обеспечит расчетную разрешающую способность лишь тогда, когда зеркало антенны по форме своей будет отличаться от идеала — правильного параболоида — менее чем на $1/10$ длины волны. Прикиньте-ка, легко ли обеспечить такую точность, если диаметр отражающей поверхности, например, у Пулковского радиотелескопа — 200 метров, а крупнейшего в мире радиоастрономического телескопа АН СССР РАТАН-600 — 1200 метров.

Пулковский телескоп считался уникальным: его разрешающая способность 15 секунд дуги. С его помощью разглядели на Солнце, угловые размеры которого всего полградуса, маленькие яркие радиоисточники, связанные с солнечными пятнами. РАТАН-600 обладает еще большей разрешающей способностью. Однако даже такой замечательный инструмент не может соперничать по этому показателю с простеньким 30-сантиметровым оптическим телескопом.

Что же делать? И возникает идея: взять два радиотелескопа, разнести их зеркала на несколько сотен метров и направить на один и тот же участок неба. Такой составной инструмент — радиоинтерферометр — будет работать так, словно это один прибор, длина антенны которого равна расстоянию между зеркалами.

Несколько сотен метров... А может быть, несколько тысяч? Несколько десятков тысяч? Когда английские ученые раздвинули антенны своего радиоинтерферометра на 130 километров, они получили разрешающую способность в 0,1 секунды дуги, что втрое выше, чем у самых лучших оптических приборов.

Кстати, об оптических телескопах. С ростом их размеров разрешающая способность не возрастает так, как должно было бы следовать из расчетных формул. Хотя 5-метровый рефлектор американской обсерватории Маунт Паломар и обладает теоретическим разрешением в несколько сотых секунды, реально он обеспечивает Лишь около 0,3 секунды: мешает атмосфера, искажающая изображение. Зато на работу больших радиотелескопов она почти не влияет, и размеры их, а стало быть, и разрешающая способность вроде бы не ограничены. Но...

Росту расстояний между антеннами помешали сами расстояния. Принятые сигналы надо передать к приемнику. На малых дальностях это делают по кабелю, на больших по радиорелейной линии. Но всегда наступает такой момент, когда неизбежные при передаче искажения начинают мешать столь сильно, что радиотелескоп отказывается работать.

Исследователи остановились в раздумье. Чем заменить радиосвязь? Советские ученые Н.С. Карташов, Г.В. Шоломицкий и Л.М. Матвеев в 1963 г. предложили метод, который полностью снял всякие ограничения на размеры радиотелескопов-интерферометров. Теперь можно разнести антенны на весь диаметр земного шара или поставить одну на Земле, а другую на Луне.

Суть их предложения — магнитофон и квантовые часы: пусть каждый радиотелескоп, входящий в состав интерферометра, записывает принятые сигналы и сигналы атомного эталона времени на ленту. Затем обе записи дадим прослушать электронно-вычислительной машине. Магнитные ленты сыграют роль неискажающих линий связи, ЭВМ — роль общего приемника, а сигналы атомных эталонов создадут иллюзию «естественного» приема космических «радиостанций».

Четыре года спустя эту идею проверили на своих радиотелескопах сначала американские, потом канадские астрономы. В Советском Союзе стали совместно работать радиотелескопы Симеиза и города Пуштина-на-Оке. Потом расстояния приобрели межконтинентальный размах: Австралия — США, Швеция — США, Англия — Канада, СССР — США.

Эти сложнейшие исследования требовали слаженной работы многих научных учреждений. Например, когда в 1971 г. проводился советско-американский эксперимент (сигналы принимались Советским радиотелескопом в Симеизе и американскими — в Грин-Бэнк и Голдстоуне), в нем участвовали или помогали ему такие советские и иностранные организации: Главная астрономическая обсерватория (СССР, Пулково), Институт космических исследований АН СССР, Калифорнийский технологический институт (США), Корнельский университет (США), Крымская

астрофизическая обсерватория (СССР), Массачусетский технологический институт (США), Национальная ассоциация по аэронавтике и исследованию космического пространства (США), Национальная радиоастрономическая обсерватория (США), Парижская обсерватория (Франция), Смитсоновская астрофизическая обсерватория (США), Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР, Хайтекская обсерватория (США), Чалмерский технологический институт (Швеция).

Немудрено, что при такой сложной организации дела возникали порой и довольно напряженные ситуации. «Советские ученые несколько раз приезжали на аэродром встречать своего американского коллегу доктора Барри Кларка, который вез с собой атомные часы для синхронизации времени, вспоминает на страницах журнала «Наука и жизнь» один из авторов идеи «безграничного» радиотелескопа кандидат физико-математических наук Л.М. Матвеев. Но он никак не прилетал. Через несколько дней во время встречи профессора М. Коуэна стали выяснять, где же Кларк. Профессор недоуменно пожал плечами, и вдруг через головы встречающихся показал на одинокую фигуру: это был Кларк. А на табло атомных часов уже горела красная лампочка до их остановки (из-за разрядки внутреннего источника тока) оставались считанные минуты. Часы все же не остановились, их успели своевременно подключить к аккумулятору первого попавшегося под руку автомобиля».

Эксперимент дал уникальные результаты: на волне 1,35 сантиметра была получена разрешающая способность в 0,00012 секунды дуги.

Квазар он же точка опоры

Радиоинтерферометры с расстоянием между антеннами в тысячи километров («с большими базами»), как и всякий новый инструмент, не замедлили проявить себя открытиями. Причем открытиями тем более интересными, что они относились к таинственным квазарам.

Слово «квазар» это сокращение английских слов «квази стар», «как бы звезда». Сфотографированные в 1960 и опознанные в 1963 г., они поразили радиоастрономов необычайной мощностью излучаемой энергии: она как минимум в сотню раз превышает энергию, которую выбрасывают все сто миллиардов звезд нашей Галактики. Находятся, однако, квазары так далеко, что их свет в сотни, тысячи и десятки тысяч раз слабее света самых тусклых звезд, видимых невооруженным глазом. Гигантские оптические телескопы должны сутками смотреть в то место, куда укажет радиотелескоп, чтобы на фотопластинке появилась еще заметная точка портрет таинственного незнакомца.

Слово «таинственный» употреблено не ради занимательности. Все, связанное с

квазарами, оказывается столь противоречивым, что и по сию пору ученые не могут разработать гипотезы, хоть сколько-нибудь примиряющей «как бы звездные» несообразности. Выбрасывая колоссальные потоки энергии, квазары вовсе не светят столь ровно, как, например, Солнце: мощность их излучения изменяется, словно ее регулирует какая-то невидимая рука. Массы их примерно в миллиард раз больше солнечной, а поперечник только в 25 тыс. раз больше. Размеры квазаров в астрономическом понимании чрезвычайно малы. Столь ничтожный размер и столь колоссальная энергия не могут по земным понятиям принадлежать одному и тому же объекту, однако же принадлежат. Наконец, квазары еще и движутся с невероятными скоростями, достигающими до 80 процентов скорости света, т.е. 240 000 км/с (из-за этой безумной скорости ультрафиолетовые лучи, испускаемые квазаром среди прочих электромагнитных волн, превращаются для нас в обыкновенный свет и становятся видимыми).

. Что же увидели в квазарах радиоастрономы, когда повернули к ним зеркала своих интерферометров с большими базами? В полной мере проявилось могущество радиометодов, в три тысячи раз превысивших по разрешающей способности методы оптической астрономии. Фотографии квазаров — это расплывчатые светлые пятна. А радиоастрономы обнаружили, что квазар 3C273, во-первых, состоит из двух частей, отделенных друг от друга 20 секундами дуги, во-вторых, в одной из них находится маленькое ядро, в-третьих, внутри ядра еще два ядрышка размером по 0,00025 секунды. «Как бы звезда» открывалась изумленным глазам ученых в виде некой космической матрешки, словно подтверждая слова незабвенного Козьмы Пруtkова: «Нет вещи столь малой, в которую не вместились бы еще меньшая».

Те же, кого волнуют проблемы времени, заинтересовались квазарами с позиций сугубо утилитарных. Долго звезды считались неподвижными, словно гвоздями прибитыми к небесной сфере. Лишь когда вместо глаза в телескоп заглянула фотографическая пластинка, удалось заметить, что расстояние между звездами меняется, стало быть, они движутся. Если бы Гиппарх, составивший два тысячелетия назад первый каталог звезд, смог взглянуть на небо сейчас, он с удивлением заметил бы, что Арктур — одна из самых ярких звезд нашего полушария — сместился на полградуса, т.е. на целый диаметр Луны. Правда, это самая резвая звезда, другие куда степеннее, однако при точных измерениях астрономического времени, особенно если они охватывают несколько десятилетий, приходится считаться с собственным движением светил.

Зато квазары... Квазары отстоят от нас так далеко, что даже их безумные скорости еще очень долго не изменят их положения, видимого с Земли. Координатная сеть, опирающаяся на такие «верстовые столбы», сейчас максимально возможное приближение к «абсолютно неподвижному» пространству, столь нужному астрономам.

Требуется лишь определить положение квазаров на небосводе. Добиться же необходимой точности пока не удастся. Радиоинтерферометры с большими базами хорошо видят малые объекты, хорошо отличают их друг от друга, а вот местоположение узнают еще плохо... Впрочем, все это трудности не принципиального, а технического порядка. Никто не сомневается, что они будут решены, и квантовые часы, без которых тут никак не обойтись, окажут науке еще одну услугу.

Чтобы их пути не пересекались

Два самолета впервые столкнулись в воздухе над Миланским аэродромом в 1910 г., когда летательных аппаратов во всем мире было не более полусотни. Сегодня авиапарк только США насчитывает свыше 130 тыс. военных, сельскохозяйственных, частных, транспортных и пассажирских машин.

В 1895 г. в США было всего четыре автомобиля, но два из них ухитрились-таки наехать друг на друга в городе Сент-Луисе, ранив своих водителей. Сегодня по дорогам земного шара мчится четверть миллиарда машин: дорожные происшествия случаются каждые пятнадцать секунд.

Когда произошла первая авария с морским судном, никто не знает, слишком древний это транспорт. Но мы знаем иное: сегодня парк торгового флота 57 тыс. с лишним крупных судов, и каждые три-четыре дня из-за ошибок в навигации одно из них сталкивается с другим или садится на мель.

Транспортные средства становятся все мощнее, вместительнее, растет их скорость. Каждая авария сопровождается все большими убытками и жертвами. Безопасность движения на сухопутных и воздушных путях стала проблемой века. Решить ее это уже признают все специалисты нельзя без радионавигационных систем, для которых нижней ступенью будет город, аэродром, порт, а верхней вся планета. Иными словами, проблему нельзя решить без службы точного времени.

Принципы радионавигации, известны давно, еще с середины 40-х годов. Представьте три передатчика, стоящих на берегах Каспийского моря: один в Астрахани, другой в Баку, третий в Красноводске. На море как бы наложен огромный треугольник. В школе нас учат, как найти координаты точки внутри или снаружи треугольника: нужно измерить расстояния до вершин. Корабли и самолеты берут вместо линейки радиоволну. Бортовой приемник измеряет время, нужное волне, чтобы пройти к нему от передатчика. Для этого все три сигнала, излучаемых каждой станцией, связаны между собой, иначе электроника на борту не сможет их использовать. Если стабильность частоты передатчиков плоха, определить координаты удастся только весьма грубо. Так,

к сожалению, и обстояло дело, пока не было квантовых стандартов. Новая же техника хранения времени и частоты — цезиевые стандарты, почти ничем не отличающиеся от государственных эталонов, — намного повысила качество работы навигационных станций. И, что самое главное, стало возможным разносить станции на огромные расстояния, объять «радиотреугольниками» не только отдельные районы, но и весь земной шар. На Землю как бы накинули сеть с разными по размеру ячейками: где-то они крупнее, где-то мельче.

Самые крупные — это радиотреугольники системы «Омега». Ее восемь станций дают возможность определять координаты судов во всем Мировом океане с ошибкой 1...2 морские мили, т.е. 1,85...3,7 километра.

Станции «Лоран» служат для навигации в Средиземном море, северном районе Атлантики, у восточного побережья США и еще в некоторых районах. Приемники этой системы проще и дешевле, чем «Омеги», да и исторически она возникла раньше. А точность ее — не хуже «омеговской», только дальность действия меньше.

Ошибки, вполне допустимые в открытом море, непозволительны для плавания вблизи берегов. Там штурман включает приемник системы «Декка», и точность возрастает до сотен метров. Наконец, в проливах и на подходах к портам ставят станции систем «Хай-Фикс», «Си-Фикс» и «Торан», по сигналам которых кораблеводитель узнает место судна с ошибкой до метра.

Почему систем так много? Потому что точность удается купить только уменьшением дальности действия. По сигналам «Омеги» решают навигационные задачи на расстояниях до 5000 километров от станции, для такой же по точности системы «Лоран-С» (она работает на плохо распространяющихся средних волнах, а не на сверхдлинных, как «Омега») дальность не более 2200 километров, «Декка» — всего 650, а «Хай-Фикс» и ее «родственницы» — порядка 400 километров. И все-таки лишь 20 процентов акватории Мирового океана охвачено высокоточными системами радионавигации...

Ну, а самолеты? На дальних трассах они держат курс с помощью бортовых навигационных систем «Омега» и «Лоран»: станции наземного слежения сообщают, если самолет отклонился от курса, есть также и автономные бортовые системы навигации — точные и надежные.

Сложности начинаются при подлете к аэродрому. Самолетов становится все больше, густота движения возрастает с каждым километром, а летчик не видит других самолетов и полагается только на сообщения с земли. Операторы наземных станций слежения работают крайне напряженно, и все-таки порой не в состоянии предотвратить роковое

сближение машин. Поэтому большие надежды возлагают на особо точные системы воздушной навигации, которые сейчас разрабатываются и основа которых опять-таки цезиевые стандарты частоты.

С 1965 г. в США находится в опытной эксплуатации система предотвращения столкновений в воздухе. Она обслуживает сразу до 2000 самолетов количество, более чем достаточное даже с учетом будущего роста плотности авиадвижения. Если машины опасно сближаются, земля дает предупредительный сигнал и рекомендует каждому пилоту маневр, который надо совершить, чтобы избежать столкновения. Никаких словесных команд летчик не получает: все отображается на индикаторах приборной доски.

Разнообразие систем морской и воздушной навигации может привести к ошибочному заключению, что для автотранспорта остается только использовать уже готовые рецепты. Между тем это не так. Появляются трудности, о которых не думали ни моряки, ни авиаторы. Прежде всего, массовость: автомобилей в тысячи раз больше, чем самолетов и кораблей, вместе взятых. Далее, бортовые системы должны быть очень дешевыми, чтобы владельцы машин захотели их установить. Наконец, в автомобиле очень мало места, его электрооборудование маломощно, отсюда крайне жесткие требования к миниатюрности и небольшому потреблению энергии. Расстояния между машинами на дороге обычно очень малы, а это делает работу навигационной системы (скажем, предупреждения столкновений) чрезвычайно сложной: точность измерения времени должна быть не хуже, чем в авиации, так что без квантовых стандартов снова не обойтись...

Связанные одной цепью

Когда на всех были только одни часы – солнце, крестьяне трудились от зари до зари, городские ворота открывались с восходом, а запирались на закате, к молитве же собирав богобоязненных граждан где колокол, где крик муэдзина с минарета.

Начало XIII в. – это начало цехов. Они строго следили не только за качеством товара, но и за временем работы. В уставе парижского цеха слесарей конца XIV в. мы читаем: «Мастера и подмастерья обязаны кончить работу в субботу с последним ударом колокола к вечерне на приходской церкви». Булочники в понедельник начинали печь хлеб, когда на Нотр-Дам звонили к заутрене.

В 1370 г. французский король Карл V установил куранты на башне своего дворца и еще двое курантов в разных частях Парижа, распорядившись всем церквям отбивать за ними часы, чтобы «все знали время, светит солнце или нет».

Петр Великий велел стрелять в полдень из пушки: давать сигнал на обед и выдачу матросам традиционной «чарки». По выстрелу и сейчас в Ленинграде можно проверить часы, хотя, конечно, в наши дни пушечная пальба не более чем дань традиции.

В 1839 г. профессор Мюнхенского университета Карл-Август Штейнгель создал первые в истории часы, работавшие от гальванического элемента, и спустя десять лет несколько городских часов Мюнхена оказались связаны с астрономической обсерваторией телеграфным проводом. Родилась система единого времени СЕВ, без которой сегодня невозможно представить ни своей собственной жизни, ни жизни страны.

Мы просыпаемся и набираем номер «говорящих часов», чтобы проверить свой вечно отстающий будильник, вот первое наше приобщение к городской системе единого времени. По графику отправляются с конечных остановок автобусы, троллейбусы и трамваи — все они «привязаны» контрольными часами к той же городской СЕВ. От Калининграда до Владивостока, от Мурманска до Кушки все железные дороги страны работают в ритме единого Московского времени, так же как все аэродромы Советского Союза и все телевизионные центры. В системах единого времени нуждаются энергосистемы и шахты, нефтепромыслы и трубопроводы, системы сбора метеорологической информации и слежения за искусственными спутниками Земли сотни и сотни объектов должны согласовывать показания множества часов с очень высокой точностью.

Но, может быть, нет смысла связывать эти часы линиями передачи сигналов? Может быть, выгоднее продето устанавливать всюду столь хорошие часы, чтобы их показания не расходились, и этим ограничиться? Математический анализ показывает, что такое предположение совершенно неверно. «Создание СЕВ является наиболее рентабельным способом повышения точности показания времени, — пишет доктор технических наук В. А. Шполянский. — Выгоднее повышать точность одних (ведущих) часов, чем точность целой группы часов, получая при этом один и тот же эффект. Экономический выигрыш при этом тем больше, чем больше объем создаваемой СЕВ».

Первая бытовая система единого времени в России состояла всего из двух часов. По предложению Д.И. Менделеева был проложен кабель от «нормальных», т.е. эталонных, часов Главной палаты мер и весов до Генерального штаба, под аркой которого и установлены были на затейливом кронштейне небывалые дотоле часы, никогда не бегущие и не отстающие. Об этом извещала надпись на циферблате: «Верное время». Надпись эту может прочитать и сегодня каждый, кто идет под аркой к Зимнему дворцу или к Невскому проспекту.

Впрочем, еще раньше принялись создавать свои системы единого времени астрономы. Знать точное время обсерватории — это знать ее координаты. Ученые воспользовались новинкой: телеграфом. Первая телеграфная линия была проложена в США в 1843 г., а два года спустя американские астрономы уже передавали друг Другу сигналы о том, что выбранная звезда проходит через меридиан обсерватории. После этого достаточно было взглянуть на часы, сделать несложный подсчет — и разница долгот была определена.

Европа к такому способу поначалу отнеслась с сомнением, а Россия вообще не была связана телеграфом со своими западными соседями. Для измерения долготы приходилось возить часы из одной обсерватории в другую. Первая экспедиция состоялась в 1843 г., когда из Пулкова в германский город Альтону (сейчас он уже полностью слился с Гамбургом) отправились на корабле 68 хронометров. Их возили туда и обратно пятнадцать раз, чтобы по возможности исключить случайные ошибки. Спустя три года эксперимент повторили, на этот раз посуху: из Петербурга в Москву на возах поехало 40 хронометров. Точность сравнения оказалась вполне удовлетворительной, но способ требовал слишком больших затрат, и к нему более не прибегали.

А во второй половине века, точнее — к 1860 г., передача сигналов времени по телеграфу стала привычным делом для ученых и в России.

Очень урожайными на всевозможные системы единого времени оказались 1900...1904 гг. Именно тогда в Петербурге заработала замечательная для тех лет СЕВ в Политехническом институте: в нее входило 60 вторичных часов, действующих от центрального механизма. В германском городе Карлсруэ провода от главных городских часов протянулись не только в общественные здания, но и в частные дома. В Гамбурге каждый мог узнать время по телефону: в трубке звучали точки и тире азбуки Морзе (записывать голос на пленку тогда еще не умели).

В том же 1904 г. на сцену выступило радио. Станция г. Бостона на восточном побережье США начала первые передачи сигналов точного времени. На первых порах ими пользовались только моряки торговых судов для проверки хронометров. Но после того как в Германии были сверены по радио часы обсерваторий на горе Брокен и в Потсдамском геодезическом институте, астрономы взяли на вооружение и это техническое средство. В 1907 г. ритмические сигналы времени зазвучали на волне германской «Радио Норддойч» и канадской радиостанции порта Галифакс, в 1910-м к ним присоединилась парижская Эйфелева башня. В 1920 г. радиостанции Москвы и Петрограда тоже включились в «хор» хранителей времени. Часы городов, отделенных друг от друга тысячами километров, стали «идти в ногу» с точностью до сотой секунды.

Отсюда было уже рукой подать до Всемирной службы времени, и ее действительно вскоре создали. В 1924 г. в нее вступила наша страна.

Радио остается главным средством связи часов между собой и в эпоху атомного времени. Но возможности метрологов в последней четверти века несравненно богаче.

Очень удобными для передачи сигналов времени оказались навигационные системы «Лоран» и в особенности «Омега», которая, как уже говорилось, работает на сверхдлинных волнах, а их распространение в отличие от длинных, средних и коротких не зависит ни от времени суток, ни от поры года.

Почти бесплатно можно передавать информацию о времени, замешивая ее в телевизионный сигнал. Помимо данных об изображении, он несет еще в себе синхронизирующие импульсы, благодаря которым электронные лучи в трубках передающей камеры и телевизора работают согласно (иначе мы ничего кроме хаотически бегающих полос на экране не увидели бы). Импульсы можно «окрасить», т.е. незначительно изменить их форму, чтобы, помимо своей основной работы, они стали связующим звеном между эталоном и часами, встроенными в телевизор, или другим эталоном.

В нашей стране уже более 20 каналов телевидения служат для передачи сигналов времени между Москвой и Свердловском, Горьким, Берлином и другими городами. Впрочем, не только по наземным телеканалам удастся сравнить работу атомных часов. Советские исследователи используют для этой цели также станции системы «Орбита» и спутники «Молния».

Но метрологам порой нужно воочию убедиться, что часы не врут. И эталоны времени превращаются в путешественников: нет ничего столь нового, как хорошо забытое старое.

Летом 1974 г. один из цезиевых эталонов ВНИИФТРИ поехал на машине по маршруту Москва Ленинград Минск Киев Николаев Харьков Киев Москва. Защищенные от толчков мягкой подвеской, квантовые часы ехали в индивидуальной автомашине. Ехали на рассвете, когда дороги свободны, любая авария сорвала бы этот дорогой и очень важный опыт. Казалось бы, зачем везти эталон, если его сигналы можно передать по радио? Но радиопередачу искажают помехи, на нее оказывают немалое влияние атмосфера и ионосфера. «Личные контакты» сверхточных часов позволяют, помимо прочего, оценить эти искажения, а впоследствии, при сравнении хода эталонов по радио, вносить необходимые поправки.

Через моря и океаны атомное время доставляют на самолетах. Первый такой эксперимент провели в 1967 г. Несколько атомных эталонов из Швейцарии побывали в центрах службы времени США, Канады и стран Дальнего Востока.

Не желая подвергать чувствительные эталоны лишним перевалкам с одного транспорта на другой, метрологи передают сигналы с борта самолета по радио. Самолет как можно ниже пролетает над зданием, где хранится другой эталон, чтобы исключить влияние помех на радиопередачу. Такой способ и быстр, и точен.

Но давайте спросим метрологов: «Зачем вам так много разных систем сравнения? Не ограничиться ли одной-двумя?»

«Нет, ответят специалисты, одной-двух мало. У каждого способа есть свои ошибки, не свойственные другому. Сравнивая часы каждый раз по-новому, мы исключаем одни погрешности и от этого никуда не денешься вводим другие. А в итоге средняя ошибка резко падает. Это для нас самое главное».

Поэтому вас, читатель, не удивит еще одна система сравнения часов: на этот раз космическая. Ее предложил Д.В. Аллен, сотрудник Отдела атомных эталонов частоты и времени США. В качестве источника информации он выбрал пульсар удивительное небесное тело, впервые обнаруженное в 1967 г. английским радиоастрономом Гербертом Хьюишем и его сотрудницей Жаклин Белл. Эта звезда (а точнее звезды, потому что сейчас известно уже немало пульсаров) напоминает маяк, то вспыхивающий, то угасающий. Астрономы отождествили пульсары с быстро вращающимися нейтронными звездами, которые уже давно были открыты на бумаге методами математическими. Некоторые пульсары регулярно изменяют не только свою радиояркость, но и яркость лучей обычного света. Этим обстоятельством и решил воспользоваться Аллен. Нужно направить телескопы лабораторий времени на такую звезду (например, NP0532 в Крабовидной туманности), записать световые сигналы и сигналы атомных часов на пленку, а потом сравнить их. Технические подробности метода весьма сложны, но важен принцип: атомные эталоны разных стран могут быть «привязаны» через пульсар друг к другу ведь пленками можно обмениваться.

Итак, способов сравнения хода часов на планете существует много, но есть ли единое для всех время?

Сколько нуждающихся столько времен

Москвич проверяет свои часы по Московскому времени, житель Лондона по Гринвичскому, японец по Токийскому. Это вполне естественно: в каждом городе свое

время суток, если они не лежат на одном меридиане. Но поезжайте из Москвы в Киев или в Минск, и вам не придется переводить своих часов, хотя оба города расположены много западнее столицы. Зато в Воронеже, который находится почти на одном меридиане с Москвой, время на час впереди московского. В чем дело? Отвечая на этот вопрос, мы в известном смысле повторяем то, что говорилось в первой главе этой книги, только в другом повороте: дело в так называемых часовых поясах, в их границах.

XIX в. с его телеграфными линиями ввел в европейских странах единое время — обычно время столиц. По нему работал телеграф, ходили поезда железных дорог и были выставлены часы на ратушах. В России с ее огромной территорией Петербургское время — время Пулковской обсерватории — было узаконено только для телеграфа и железнодорожного транспорта, а города продолжали жить каждый по времени своего меридиана. А в Канаде и США каждый штат считал себя суверенной территорией и ревниво относился к любым попыткам центральной власти, подлинным или мнимым, эту суверенность ущемить. В том числе и к попыткам ввести единое время. Подливали масла в огонь железные дороги. Каждая желала, чтобы поезда по ней ходили только по ее особому единому времени. Через континент, от Атлантического до Тихого океана, пролегли линии, пересекающие несколько штатов. Какое время принять? На станциях машинисты решали головоломные задачи, пытаясь разобраться в показаниях часов города, штата и железной дороги. А там, где сходилась несколько линий, дело вконец запутывалось.

Канадский инженер-связист С. Флеминг служил на железной дороге. Он хорошо понимал всю нелепость создавшегося положения. Как положить конец разнобою? Флеминг вспомнил о старом испытанном приеме «не нашим, не вашим» и предложил разделить всю страну на часовые пояса, по 15 градусов в каждом. Внутри пояса время принимается всюду одинаковым, а на границе сразу переводят стрелки на час вперед или назад. Флеминг утверждал, что разделить поясами выгодно не только Северную Америку, а и вообще всю Землю, за нулевую же линию следует взять Гринвичский меридиан — середину нулевого пояса.

В 1883 г. идею Флеминга приняло правительство США, а год спустя на международной конференции в Вашингтоне 26 стран подписали соглашение о часовых поясах и поясном времени. Решили, кроме того, что границы зон не обязательно должны проходить строго по меридиану, если какой-то архипелаг, остров или район суши понадобится включить целиком в часовой пояс. На конференции были и представители России, но царскому правительству новый счет времени не понравился по той причине, по какой оно упрямо держалось за версту и пуд: любое изменение представлялось ему «потрясением основ» и толчком к «народному брожению».

Лишь после Октябрьской революции, 8 февраля 1918 г., поясное деление было введено декретом Совета Народных Комиссаров «в целях установления однообразного со всем цивилизованным миром счета времени в течение суток, обуславливающего на всем земном шаре одни и те же показания часов в минутах и секундах и значительно упрощающего регистрацию взаимоотношений народов, общественных событий и большинства явлений природы во времени». А чтобы экономичнее расходовать электроэнергию, особенно летом, в 1930 г. стрелки всех часов на территории Советского Союза были передвинуты на час вперед. Образовалось декретное время.

А теперь попробуем решить простенькую задачку: сколько по солнечному времени в Москве, когда стрелки часов Спасской башни показывают ровно 12 дня?

Ход рассуждений будет, такой. По поясному времени 11 часов, ибо нужно вычесть один час декретного времени. Так как Москва лежит близ восточной границы часового пояса и за время пояса принимается время его центра, солнечное время будет около 11 часов 30 минут. Верно? Астроном скажет: «Неверно!»

Солнечное время многолико. Нельзя говорить «солнечные сутки» и соответственно считать часы, минуты и секунды, не условившись, о каких сутках идет речь.

Истинные солнечные сутки начинаются и заканчиваются в полдень, т.е. когда светило проходит через меридиан и стоит максимально высоко. Движение же Солнца по небосводу есть следствие двух движений Земли: вокруг собственной оси и вокруг Солнца. Будь орбитой планеты идеальный круг, никаких осложнений не возникало бы. Но ее путь эллипс, и на максимальном удалении от Солнца (когда в нашем полушарии лето) Земля летит медленнее, а на минимальном удалении (зимой) быстрее. Поэтому истинные солнечные сутки день ото дня разные. Руководствуясь ими, пришлось бы непрерывно подводить часы то вперед, то назад. Чтобы избежать этого, вводят средние солнечные сутки, т.е. среднее арифметическое из длительностей всех истинных суток за год (разница между истинными и средними сутками достигает порой 15 минут). Вот по средним-то суткам, поделенным на часы, минуты и секунды, идет наша жизнь. Однако часы мы ставим не по солнечному, а по гражданскому времени, сдвинутому относительно солнечного на 12 часов, чтобы сутки начинались в полночь.

Определить длину солнечных суток нелегко: диск светила не точка, момент прохождения его центра через меридиан отмечается с неизбежной ошибкой, и немалой. Астрономы охотнее пользуются звездными сутками, измерить которые можно гораздо точнее. В созвездии Рыб есть точка, замечательная тем, что Солнце находится там в день весеннего равноденствия, 21 марта. Когда Земля вращается вокруг своей оси, звездное небо, а вместе с ним и точка весеннего равноденствия также вращаются. Так

вот, решено считать звездными сутками время от одного прохождения через меридиан этой замечательной точки до другого. Разница между звездными и средними солнечными сутками — 3 минуты 55,91 секунды в пользу Солнца. Она набегает потому, что Земля вращается вокруг оси и вокруг Солнца в одну и ту же сторону, и звезды каждую ночь выходят из-за горизонта немного раньше. За год накапливаются ровно сутки: солнечный год — 365,24, а звездный — 366,24 дня.

Но Земля, как мы говорили, вращается неравномерно. Ее полюса блуждают по поверхности. В результате астроном определяет время прохода звезды через меридиан с ошибкой — и не по своей вине, а по вине планеты. Географы и геодезисты, летчики и моряки, специалисты по космическим исследованиям и, конечно, астрономы нуждаются в таких шкалах времени, которые учитывали бы все неправильности вращения Земли. Ведь погрешность в 0,001 секунды приведет к тому, что космическая станция, летящая вблизи Марса, покажется нам отклонившейся от курса на 15 километров. Мы включим двигатели коррекции траектории, хотя никакая коррекция на самом деле не нужна.

Исправить же подобную ошибку во много раз труднее, чем совершить — вот вам и тысячная доля секунды!

Вот почему кроме среднего солнечного времени UT-0, привязанного к Гринвичскому меридиану, в астрономических справочниках приводится время UT-1, которое учитывает блуждание земного полюса, и время UT-2, прибавляющее к UT-1 поправки на неравномерность вращения Земли вокруг оси.

Об атомном времени, вырабатываемом квантовыми эталонами — АТ, мы уже говорили. Но атомное время «в чистом виде» никак не связано с гражданским. Это и хорошо и плохо. Хорошо потому, что атомная секунда точнее, чем неопределенная солнечная. Плохо потому, что шкала атомного времени, которую получают метрологи, суммируя атомные секунды, не привязана к вращению Земли. «Атомный полдень» примерно на секунду в год убегает от солнечного: вращение планеты ведь замедляется! Да и национальные шкалы атомного времени разных стран из-за неизбежных погрешностей при изготовлении и работе квантовых эталонов постепенно (и довольно быстро!) разбегаются. Например, расхождение между шкалой времени СССР и шкалой Международного бюро времени превысило уже 0,0011 секунды. Таковы парадоксальные последствия высокой точности...

Приходится подгонять атомное время под вращение планеты. Когда разница между атомным и солнечным временами приближается к 0,7 секунды, все радиостанции Земли, передающие сигналы точного времени, в заранее согласованный момент повторяют последнюю секунду часа дважды. После этого звездное и солнечное время оказываются

чуть-чуть впереди атомного, пока снова не набегут «лишние» 0,7 секунды.

Первая такая подстройка шкалы атомного времени была произведена 30 июня 1972 г. в 0 часов по Гринвичу, т.е. в 3 ночи по московскому времени, а вторая в 23 часа 59 минут 60 секунд 31 декабря 1974 г. Эта «практическая» атомная шкала называется в нашей стране ТА, или координированным временем.

На этом перечень временных шкал не кончается. Физикам и астрономам очень нужна «естественная» секунда, вытекающая из вращения Земли не вокруг оси, а вокруг Солнца — эфемеридная секунда. Ее вычисляют после множества наблюдений прохождения звезд через меридиан. Получить такую секунду нельзя раньше, чем кончится год, да еще проходит немало времени, пока данные обсерватории будут обработаны. Так что это в некотором роде «теоретико-практическая» секунда, важная для расчетов, но не удобная для сиюминутного пользования. В 1960 г. Международный комитет мер и весов определил ее как « $1/31556925,9747$ часть длительности 1900-го тропического года».

Важна эта секунда еще вот для чего. Человечество вступило в космическую эру. Летят к иным планетам исследовательские станции, ученые мечтают о полетах пилотируемых кораблей в глубокий космос. Штурманские расчеты траекторий опираются на ньютоновский закон всемирного тяготения. В закон этот входит коэффициент пропорциональности «постоянная тяготения». Постоянна ли она? Или справедлива гипотеза изменчивости всех фундаментальных постоянных, на которых воздвигла свое здание наука? На это должна ответить эфемеридная секунда.

Разговор об изменчивости постоянных начинается с невинного вопроса: «Что такое масса?» Ведь мы ее определяем по косвенным признакам: по инерции «сопротивлению», которое оказывает тело попыткам его разогнать до определенной скорости за заданное время. Но тогда сразу возникает вопрос, что такое инерция? Ссылаются на первый закон Ньютона: «Все тела движутся прямолинейно и равномерно, пока на них не действуют внешние силы». Можно ли проверить этот закон? Чего же проще: отправляйтесь туда, где нет внешних сил! Туда, где нет вещества и, стало быть, нет тяготения. Но Вселенная наполнена веществом. И нет в ней места, где можно было бы проверить первый закон Ньютона. «А закон, который нельзя проверить, трудно считать научным законом», замечает известный английский физик Г. Бонди и продолжает: «...мы вынуждены связывать инерцию со строением Вселенной как целого».

Иными словами, закон всемирного тяготения и первый закон Ньютона оказываются взаимосвязанными. Они отражают зависимость между гравитационными и инертными свойствами вещества. «Если Вселенная подвержена эволюции, заключает Бонди, (может случиться, что этого нет), то структура и расположение отдельных источников

тяготения будут с течением времени изменяться. Тогда мы столкнемся с изменением постоянной тяготения по мере течения времени. Это изменение обусловлено тем, что инерциональные свойства, определяемые расположением отдаленных источников во Вселенной, также начнут изменяться». Но движение Земли вокруг Солнца подчиняется как закону всемирного тяготения, так и первому закону Ньютона. Вот теперь-то мы и добрались, наконец, до причины того повышенного интереса, который питают физики и астрономы к эфемеридной секунде.

В нашем распоряжении есть атомные часы, на равномерность хода которых гравитация не действует. Есть маятниковые часы, ход которых прямо зависит от силы притяжения Земли. Наконец, есть «эфемеридные» часы, отражающие гравитацию Солнца. Нужно непрерывно сравнивать между собой показания всех этих трех хранителей времени, чтобы прийти к выводу, стабильна или, наоборот, изменчива постоянная тяготения. Сколько времени пройдет, пока это случится? Сто лет? Тысяча? Может быть, десять тысяч? Кто знает... Да и какое это имеет значение? Важно, что мы можем обнаружить этот необычайно тонкий и принципиально важный эффект.

Глава пятая.[Таинственная простота](#)

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). [Раритетные издания](#), 1998

Везде n-t.
ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)



[N-T.ru](#) / [Раритетные издания](#) / [Вячеслав Демидов](#)

Время, хранимое как драгоценность

Вячеслав ДЕМИДОВ

Глава пятая. Таинственная простота

У нас постоянно на языке слова:
время и время, времена и времена...
Кажется, нет ничего яснее и обыкновеннее,
а между тем, в сущности, нет ничего непонятнее и сокровеннее...

Аврелий Августин, IV в. н.э.

...Бытие вне времени есть такая же величайшая бессмыслица,
как бытие вне пространства.

Ф. Энгельс

Между этими высказываниями пролегли полторы тысячи лет. А сколько тысячелетий назад человек стал задумываться над тем, что есть время? Одно не подлежит сомнению: начав размышлять над этим, человек стал карабкаться на одну из высочайших вершин знания, штурм которой продолжается сейчас и не прекратится в будущем, потому что речь идет о самом важном в философии: пространственно-временном единстве мира.

Первобытному человеку, обожествлявшему время, оно казалось бесконечно могущественным таким, каким показал его Шекспир в «Зимней сказке»:

Я Время. Я вселяю ужас.
Я добро и зло. Я счастье и горе...
Нет перемен во мне: таким же было
Я на заре далекой мирозданья;
Я видело начало всех начал,
При мне круговорот века свершали;
И наши дни я тож покрою пылью...

В процессе познания человеческая мысль пришла к удивительному пространству-

времени Эйнштейна и еще более удивительным, но пока еще очень слабо познанным пространствам-временам микромира элементарных частиц и мегамира недр звезд, находящихся в совершенно необычном, сколлапсированном состоянии. И всегда на этом пути реальность подтверждала выводы теории, а теория подталкивала на поиски новых реальностей.

От абсолютного к относительному

Наиболее полную и последовательную попытку оторвать время от материи сделал Ньютон. Он назвал его торжественно и важно: абсолютное, истинное, математическое время, которое «...по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью».

И пространство у него было точно таким же: абсолютным, истинным и пустым, не связанным ни с предметами, в нем находящимися, ни с их изменениями, ни со временем. Оно было как бы рамой для мира реальных вещей, и в этом абсолютном пространстве царило абсолютное движение, измеряемое уже известным нам абсолютным временем.

Зачем понадобилось творцу теории всемирного тяготения это пространство? Затем, что без него никак не удавалось справиться с движением.

Еще в древности было подмечено, что в спокойно плывущем по глади реки корабле путешественник не может сказать, движется он или стоит на месте, если не видит берега. Галилей распространил эти наблюдения и на физические опыты. Он писал, что столь же безразличным к движению окажется и камень, «падающий с высоты корабельной мачты; этот камень всегда окончит свое падение, ударив в одно и то же место как в том случае, когда корабль неподвижен, так и в том, когда он идет быстрым ходом... Я... произвел этот опыт; но еще перед тем естественное рассуждение привело меня к твердому убеждению в том, что из него должно получиться именно то, что действительно и получилось». Следовательно, никакими опытами нельзя установить, движемся мы или нет, если движение происходит без ускорения. В этом суть «принципа относительности» Галилея.

Ньютон был вполне согласен с этим принципом. И все-таки ему казалось, что должно быть нечто незыблемое (человек религиозный, он называл пространство «бесконечным чувствовалищем бога»), некая основа, опираясь на которую, наблюдатель может ощутить движение без ускорения. Абсолютное пространство и было для Ньютона неподвижной системой отсчета.

Физика XVIII столетия полностью приняла принципы Ньютона и пользовалась ими весьма плодотворно. Единственной деталью, портившей фасад стройного здания, была скорость света. Приходилось считать ее бесконечно большой, ибо в пустом пространстве только такой она и могла быть, а наблюдения этого не подтверждали.

В 1675 г. датский астроном [Олаус Ремер](#) представил в Парижскую академию наук мемуар «Относительно доказательства движения света». В работе описывались наблюдения за Юпитером и его спутником Ио. Оказывается, в январе Ио появлялась из-за Юпитера на целых 16 минут 36 секунд раньше, чем в июне; разница столь громадна, что ее никак нельзя отнести за счет ошибок измерения. Поскольку в июне Земля и Юпитер находились по разные стороны от Солнца, а в январе по одну сторону, оставалось предположить, что все дело в конечности скорости света.

Ему требовалось в каждом случае проходить до Земли иное расстояние. Несложное деление и Ремер получает первую в истории науки величину скорости света: около 280 тыс. километров в секунду, превосходный результат, особенно если принять во внимание неточность тогдашних часов и другие ошибки.

Ньютон знал о работе Ремера. Он, безусловно, понимал, что конечная величина скорости неизбежно влечет за собой некую среду, передающую движение. Пространство, следовательно, связано с предметами, в нем находящимися? Это противоречие Ньютон разрешить не мог, а гипотез он, по собственному выражению, «не измышлял».

Гипотезу выдвинул Гюйгенс. Он предположил, что пространство наполнено неким веществом — эфиром, и построил, опираясь на эфир, волновую теорию света. Она отлично объяснила множество разных оптических явлений и даже предсказала такие, которые потом были открыты, — словом, оказалась хорошей гипотезой. За одним исключением: эфир пришлось снабдить столь противоречивыми свойствами, что разум отказывался верить. С одной стороны, совершенная бесплотность (дабы не мешать движению планет), а с другой — упругость, в тысячи раз превышающая упругость самой лучшей стали (иначе не будет распространяться с нужной скоростью свет).

До поры до времени на противоречия закрывали глаза. В конце концов разве природа обязана быть непременно такой, какой нам хочется с точки зрения «здорового смысла»? Мало ли открытий, ему противоречащих, начиная с шарообразности Земли, было сделано наукой? Стоит ли пугаться даже таких взаимоисключающих свойств? Джеймс Клерк Максвелл на основе «эфирной» гипотезы создал теорию электромагнитного поля, столь фундаментальную, что ей подчиняются тысячи ранее непонятных явлений, — так почему бы не предположить, что эфир все-таки существует? Почему бы не

предположить, что эфир и есть ньютоновское «абсолютное пространство» и оттого так странен? Если это действительно так, он должен быть абсолютно неподвижен, и скорость света сможет стать тем «спидометром», который даст наблюдателю ответ на вопрос, движется он без ускорения или стоит на месте. В самом деле: поскольку свет колебание частиц эфира, любое механическое движение обязано складываться с ним и вычитаться, подчиняясь законам механики. Остается лишь поставить точный опыт и ответить, наконец, на «проклятый вопрос».

За эту работу в 1880 г. взялся двадцативосьмилетний американец, преподаватель военно-морского училища в Аннаполисе [Альберт Майкельсон](#). Он уже однажды построил прибор для измерения скорости света, намного более точный, чем аппаратура других исследователей. Новая установка должна была обеспечить еще меньшую ошибку порядка 0,005 процента. В этом случае сложение скоростей света и движения Земли по орбите стало бы заметным. И что же? Майкельсон добился вдесятеро большей точности, чем предполагал, но все-таки не обнаружил такого суммирования. Он был уверен в безупречности опыта, и в статье, напечатанной в «Америкэн Джорнел оф Сайенс», категорически заявил: «Таким образом, доказано, что гипотеза неподвижного эфира неверна».

Ученый мир встретил сообщение без восторга. Гипотеза эфира была слишком хорошо разработана, слишком многое объясняла, чтобы от нее отказываться. Не лучше ли как-то ее подремонтировать? И наиболее убежденные сторонники эфира сделали попытку придать ему еще более невероятные свойства увязать их с результатами опытов, проделанных американским исследователем.

«Я думал об этих опытах долго и безуспешно, писал в 1892 г. один из замечательнейших физиков конца столетия [Г.А. Лоренц](#), и наконец представил только одну возможность для выхода из создавшегося положения». Ученый рассмотрел такую гипотезу: если во время движения через эфир все тела, в том числе и установка, на которой проводил свои эксперименты Майкельсон, несколько сокращаются в направлении движения, то уловить сложение скоростей будет невозможно. Аналогичную мысль высказал и англичанин Д.Ф. Фицджеральд.

Французский математик А. Пуанкаре заметил по этому поводу, что если для объяснения одного опыта Майкельсона нужно прибегать к столь искусственным приемам, то что же несут физике новые опыты? Не свидетельствует ли все это о внутренней неустойчивости сооружения, называемого «мировой эфир»?

А Лоренц тем временем развивал дальше свою любимую теорию электрона, и обнаружил интереснейшие свойства этой единственной тогда известной физикам

элементарной частицы: масса ее оказалась переменной, связанной со скоростью, и выражалась той же формулой, что и теоретическое сокращение размеров. Совпадение или нечто большее?

Эту проблему было суждено решить Эйнштейну. В 1905 г. он опубликовал свою первую работу по теории относительности. Все странные факты, накопившиеся к тому времени в физике, от удивительного постоянства скорости света до не менее удивительного изменения массы электрона получили простое и изящное объяснение.

Прежде всего скорость света объявлялась неизменной величиной, не зависящей от того, движется наблюдатель или находится в покое: в любом случае, даже если лаборатория в ракете будет лететь со скоростью света, прибор Майкельсона неизбежно покажет одну и ту же величину 300 000 километров секунду. «Догоняя свет со скоростью c (скорость света в вакууме), я должен был бы наблюдать этот луч как неподвижное электромагнитное поле, лишь колеблющееся в пространстве, писал Эйнштейн. Но, по-видимому, такой картины не бывает. Интуитивно мне с самого начала казалось ясным, что с точки зрения летящего наблюдателя все должно было бы происходить по тем же законам, что и для наблюдателя, покоящегося относительно Земли».

Из этого вытекало, что в мире все взаимосвязано: пространство и время (поэтому мы и говорим теперь о пространстве-времени), масса, энергия, движение. Понятия абсолютных пространств, времени и движения полностью ликвидировались. Все движущиеся тела становились равноправными с точки зрения находящихся на них наблюдателей. Абсолютно никакими опытами, проведенными внутри равномерно и прямолинейно движущейся системы, нельзя доказать, движется она или находится в покое. Любой экспериментатор может в этом случае считать себя покоящимся, а всех остальных движущимися. Результаты решений уравнений, описывающих любые процессы, от этого не изменятся.

Но так ли все выглядит на самом деле, как утверждает теория?

Физики покажут недоверчивым свои колоссальные ускорители элементарных частиц: размеры и огромная мощность, которая нужна, чтобы привести их в действие, вот следствия, прямо вытекающие из теории относительности. Чем быстрее летит частица, тем она становится массивнее, а чтобы изменить массу, приходится расходовать соответствующую энергию.

Ну, а время? Формулы [Эйнштейна](#) говорят, что сторонний наблюдатель увидит, как время, в котором живет быстро движущаяся частица или экипаж ракетного корабля,

протекает медленнее, чем в лаборатории, откуда ведется наблюдение. Этот вывод для многих кажется еще более фантастическим, нежели изменение массы. Но опыты упрямо говорят свое: да, время может изменяться.

В верхних слоях атмосферы, на высоте 10...30 километров, космические лучи сталкиваются с атомами кислорода и азота. При этом образуются элементарные частицы пи-мезоны. Время их жизни в неподвижном относительно лаборатории состоянии $2,6 \cdot 10^{-8}$ секунды. После этого они распадаются. Это очень хорошо видно, когда искусственно полученный пи-мезон останавливают в поглотителе: от момента остановки до распада проходит именно столько времени. В силу этого родившийся в атмосфере пи-мезон может пролететь (даже со скоростью света!) не более 0,66 километра, я говорю «может», на мгновение забыв о теории относительности. Однако она существует. И наша элементарная частица вдруг становится долгожителем. Мы видим, как она пролетает целых 16 километров и живет соответственно в десятки раз дольше. Между тем, с точки зрения внутренних свойств пи-мезона, он существует по-прежнему $2,6 \cdot 10^{-8}$ секунды.

Для теории относительности нет ничего странного и в том, что космонавт, улетевший в ракете, развивающей почти световую скорость, вернется по часам ракеты через несколько лет, а по часам Земли — через десятилетия.

Есть ли у времени «задний ход»?

Очень многие свойства пространства-времени открыты чисто практически, стали привычными и вполне естественными. Но именно то обстоятельство, что им нет теоретического обоснования, делает изучение их чрезвычайно трудным. Более того, наука лишь в самые последние годы обратила внимание на эти свойства, которые раньше были лишь предметом умственных экспериментов философов.

Одно из таких свойств — «стрела» времени, его направленность только в одну сторону. Пространство, как мы хорошо знаем, допускает движение и вперед и назад, а во времени такой эксперимент не удастся, хотя в фантастической литературе путешественников во времени, начиная с героя Уэллса, было предостаточно.

«Изменяющийся мир», пишет известный американский популяризатор науки, математик Мартин Гарднер, по-видимому, больше напоминает магический зеленый ковер, развертывающийся прямо под ногами и свертывающийся сразу же позади... Но почему магический ковер никогда не развертывается обратно? Каков физический базис этой странной непреодолимой асимметрии времени? По этому поводу среди физиков имеется так же мало согласия, как и среди философов. А ныне, в результате недавних экспериментов, замешательство стало еще больше, чем прежде».

Все фундаментальные теории физики, в том числе квантовая механика и теория относительности, допускают в своих формулах подстановку времени как со знаком плюс, так и со знаком минус. Результаты от такой перестановки не меняются, законы описывают то, что может происходить в природе. Может, но не происходит. В нашем макром мире «стрела времени» упрямо летит только в одну сторону.

Надо сказать, что в физике действуют два рода законов. Одни динамические, четко подчиняющиеся формулам. В них отношения между причиной и следствием вполне определены, однозначны. Другие статистические, их формулы описывают единство и борьбу двух начал: необходимости и случайности. Иными словами, статистические законы описывают события, исход которых можно предвидеть лишь с некоторой долей вероятности, события, которые суть результат, взаимодействия большого числа независимых атомов, молекул, животных или людей.

Динамический закон опишет полет снаряда в идеальном математическом пространстве. Статистический закон, дает возможность артиллеристам попасть в цель в реальных условиях, стреляя из данного оружия снарядами данной партии, при данной температуре воздуха и данном ветре. Статистический закон позволяет артиллеристам учесть, что ствол орудия от выстрела к выстрелу изнашивается, что массы снаряда и пороха в каждом патроне хоть немного да отличаются от других, что температура (и зависящая от нее плотность воздуха, мешающего полету снаряда) изменяется по мере подъема на высоту, что ветер дует порывами, словом, учесть великое множество факторов, влияющих на траекторию снаряда. Совместное их воздействие приводит к тому, что снаряды не попадают в одну и ту же точку, а разлетаются по некоторой площади: каждый стрелок знает, что попасть в дом легче, чем в окно, а в окно легче, чем в форточку. Вероятность попадания опишет статистический закон и скажет, сколько снарядов нужно истратить, чтобы поразить цель почти наверняка.

А теперь вернемся к «стреле времени». Вообще говоря, можно вообразить такую картину: снаряд взорвался, а потом все молекулы его разлетевшегося вдребезги корпуса вдруг переменят свое движение на обратное и соберутся снова в точке взрыва, воссоздав его, снаряда, первоначальный облик. Вы скажете: «Так не бывает!» Верно. Но почему? Разве при этом будут нарушены законы механики? Нет. Ничто не запрещает молекулам собраться вместе. Ничто, кроме статистических законов: вероятность того, что все молекулы, независимые в своем движении, вдруг станут возвращаться по пройденным путям, столь ничтожна, что мы заранее принимаем ее равной нулю и оказываемся правы.

«Стрела времени» направлена в сторону возможно большего беспорядка. «Это

единственное различие между прошлым и будущим, известное физике», говорил Артур Эддингтон, английский астроном, впервые в одной из своих лекций нарисовавший перед слушателями образ «стрелы». Живые организмы, впрочем, тем и отличаются от неживой природы, что противятся «беспорядку». Рост и изменение организма пример все более развивающейся во времени, все более высокой упорядоченности. Но неизбежно наступает момент, когда человек умирает, машина отправляется в переплавку, а стела, повествующая о деяниях фараонов, трескается. Есть и еще одно, по-видимому, более важное свойство нашего мира, определяющее прямой полет времени: различие между атомами и антиатомами.

Антиатомы — это точно такие же атомы, но их заряды изменены на противоположные. Атом водорода похож на маленькую планетную систему из положительного солнца-протона и отрицательной планеты-электрона. Это очень неточное, приблизительное сравнение, но для нашего разговора вполне достаточное. У антиводорода центр системы займет отрицательный антипротон, а вращаться вокруг него станет положительный электрон — позитрон. Физические и химические свойства таких «зеркальных» атомов остаются теми же. Единственное, чего нельзя делать, — это допускать их соприкосновения. Произойдет то, что физики называют аннигиляцией, взрыв, в котором «сгорят» оба атома, породив поток излучения.

Советские и американские физики установили, что измениться на противоположный может не только заряд, но и «четность». Грубо говоря, это значит, что позитрон станет вращаться вокруг антипротона не по часовой стрелке, как электрон вокруг протона (повторяю, все это крайне грубая аналогия), а против, т.е. станет еще и зеркальным отображением атома. Таким образом, можно, по крайней мере мысленно, представить себе галактику из антиматерии, да к тому же еще и являющуюся зеркальным отображением другой галактики.

И наконец, были открыты такие взаимодействия между элементарными частицами, которые заставили предположить, что изменяется при этом знак не только заряда и четности, но и времени.

«Вполне может случиться, — заключает Гарднер, — что во Вселенной нет галактик из антиматерии. Но физики любят уравнивать все на свете, и если во Вселенной имеется столько же антиматерии, сколько материи, то могут существовать и такие области космоса, в которых все три симметрии меняют знак. События в нашем мире, однозначные относительно заряда, четности и времени, будут все идти противоположным путем в «обращенной» галактике. Материя такой галактики должна быть зеркально отраженной, противоположной по заряду и двигающейся назад во времени».

Свою статью «Может ли время идти вспять» М. Гарднер заканчивает рассказом из области физики микромира, где, как ни странно, «обратное» время способно кое-что объяснить.

При определенных условиях гамма-квант, т.е. частица, соответствующая гамма-лучам, может распасться на электрон и его античастицу — позитрон. Однако позитрон мгновенно сталкивается с другим электроном, аннигилирует, и снова восстанавливается гамма-квант. Лауреат Нобелевской премии [Ричард Фейнман](#) предположил, что позитрон — это просто электрон, летящий вспять во времени.

А пока теоретики упражняются в создании математических моделей, советские физики под руководством академика Г.И. Будкера сотворили на ускорителе элементарных частиц антиатомы гелия. Немного правда, всего пять штук (вдумайтесь только: атомы можно считать на штуки, словно картошку!), но это ведь первые атомы антивещества, созданные руками людей.

Кирпичики пространства-времени

Бесконечность попортила немало крови физикам. Она получается при решении некоторых уравнений, относящихся к атому и элементарным частицам. Но опыты возражали: «Какая же бесконечность? Вполне измеримая, вполне конечная величина!» С опытом нужно соглашаться. Поэтому уравнение стали искусственным образом преобразовывать так, чтобы бесконечность исчезала. «Мы замели мусор под буфет», сказал об этом Фейнман.

В 1930 г. советские физики В.А. Амбарцумян и Д.Д. Иваненко высказали мысль, что все беды проистекают от молчаливого предположения о бесконечной делимости пространства. На самом же деле, где-то надо останавливаться. Где же?

Восемь лет спустя немецкий физик [В. Гейзенберг](#) предположил, что радиус электрона, равный 10^{-13} сантиметра, и есть «квант», дальше которого дробить пространство бессмысленно.

Физики вспомнили о работе англичанина Дж. Брейта, который в 1928 г. решал уравнение движения электрона и получил, по его словам, «результат, понять который весьма трудно»: скорость электрона всегда равна скорости света. Отсюда, взяв за исходную точку гейзенберговский квант пространства, нашли и квант времени: 10^{-23} секунды.

Впрочем, дальнейшие успехи науки ни ту, ни другую цифру не подтвердили. Тогда в качестве новых кандидатов всплыли величины, в десять тысяч раз меньшие: длина 10^{17} сантиметра и время 10^{27} секунды.

Здесь нам придется сделать маленькое отступление и поговорить о причинности.

«Я выстрелил... Когда дым рассеялся, Грушницкого на площадке не было. Только прах легким столбом еще вился на краю обрыва... Все в один голос вскрикнули.

Finita la comedia! — сказал я доктору.

Он не отвечал и с ужасом отвернулся».

Все ясно. Выстрел Печорина стал причиной смерти Грушницкого. В мире, где мы живем, предыдущие события являются причиной последующих. Время, как мы уже говорили, идет только в одну сторону. Чтобы пуля попала в одного из дуэлянтов, нужно было, чтобы в одной и той же точке пространства и в одно и то же время оказались пуля и человек.

Переходя на язык математики, мы скажем, что необходимо приравнять нулю интервалы между положениями дуэлянта и пули в пространстве и во времени. Заметьте: оба эти интервала должны быть равны именно нулю, потому что в ином случае встречи не произойдет. Интервал времени в нашей задаче существует сам по себе, а интервал пространства сам по себе: все ведь происходит в мире Евклида.

В мире Эйнштейна интервал между событиями не так прост: кроме пространства в него входит время, умноженное на скорость света, причем со знаком «минус». Тем самым отражаются два обстоятельства: во-первых, пространство и время взаимосвязаны, а во-вторых (это делает знак «минус»), и в этом мире предыдущие события определяют ход последующих. Самое же главное, что в мире Эйнштейна интервал может быть равен нулю, когда время нулю не равно.

Но как же измерять промежутки времени в этом мире, если они могут быть любыми? На помощь приходит скорость света. Нужно послать световой сигнал в интересующую нас точку пространства и дожидаться его возвращения: половина времени, которое свет путешествовал по нашим часам, и будет разницей во времени между событиями у нас и в той точке, куда попал луч нашего светолокатора.

Когда с такими представлениями о времени физик подходит к пространству внутри элементарных частиц, оказывается, что там скорость света не есть величина постоянная. Внутри нуклонов, то есть протонов и нейтронов (речь идет об этих самых крупных

частицах: более мелкие пока что не поддаются исследованию), действуют очень мощные поля, и не исключено, как считает, например член-корреспондент АН СССР Д. И. Блохинцев, что там возникает среда с совершенно особыми свойствами. Его расчеты показывают, что знак при времени в формуле интервала может измениться с минуса на плюс. Иными словами, «скорость распространения светового сигнала может стать мнимой», пишет он в своей книге «Пространство и время в микромире».

При таком странном поведении свет уже не может служить эталоном, с помощью которого устанавливают промежуток времени между событиями. Стало быть, нельзя и сказать, что было раньше, а что позже. «Возникает то, что мы называли «комком событий», продолжает Д.И. Блохинцев, совокупность реальностей, связанных между собой, но не вытекающих друг из друга. Иными словами, такие реальности не могут быть упорядочены во времени... Нет никаких оснований предполагать, что причинная связь внутри элементарных частиц или в тесных комках этих частиц будет такой же, какая характерна для событий, отделенных друг от друга расстояниями, существенно превосходящими размер элементарных частиц».

Но что означает мнимость скорости света? спросил я Д.И. Блохинцева.

Ну хотя бы то, что он может выделять вещи совершенно с обычной точки зрения невероятные. Скажем, луч загнется, сделает несколько оборотов, а потом двинется дальше. Или пойдет только в одну сторону, ни от чего не отражаясь. Представьте себе локатор, который посылает сигнал, а вся энергия где-то исчезает, ничего не приходит назад.

А почему такое внимание уделяется сейчас именно длине 10^{17} сантиметра?

Когда формулы теории относительности начинают применять в микромире, расчеты приводят к бесконечностям. Как с ними оперировать? В пятидесятые годы были найдены приемы, чтобы обходить трудности. Именно обходить, а не решать проблему по существу. Мы тем самым расписываемся в своем незнании, в том, что не представляем себе, как выглядит пространство-время на малых расстояниях.

Современная теория квантовых полей будет непротиворечива при условии, если она допускает существование сколь угодно тяжелых частиц. Надо сказать, что вообще-то эта теория не говорит, какие частицы могут быть, она согласна с любыми. Но бесконечно тяжелые частицы необходимы, чтобы иметь право использовать без помех формулы теории относительности.

Вместе с тем сомнительно, чтобы частицы с бесконечно большой массой действительно

существовали. В этом противоречие, и оно говорит, что на каком-то этапе теория относительности с ее причинностью уже не будет отражать действительные свойства микромира. По-видимому, это произойдет, когда атомная физика проникнет в области размером около 10^{-17} сантиметра.

Так почему бы туда не заглянуть?

У нас нет еще таких ускорителей, которые бы были на это способны.

Внутри элементарных частиц материя имеет колоссальную плотность. Скажем, когда речь идет о длине 10^{-16} сантиметра, это значит, что имеется в виду плотность около 10^{26} г/см³, представьте себе такую планету, как Марс, спрессованную в одном кубическом сантиметре. Ясно, что проникнуть в такую сверхтвердую «породу» удастся только особо прочным «сверлом», роль которого как раз и играют частицы высоких энергий.

Мы получаем их на ускорителях. Каждый новый ускоритель — это новое проникновение в недра атома, в его ядро, в элементарные частицы. И каждый раз это все более грандиозные сооружения. Кольцо ускорителя в Серпухове имеет диаметр почти полкилометра. На нем исследовано внутреннее строение нуклонов до длин порядка 10^{-15} сантиметра. Как еще в сто раз уменьшить область взаимодействия? Необходимо раз в полтораста увеличить энергию частиц — задача, неразрешимая старыми, классическими методами, когда летящий «снаряд» ударяется в неподвижную мишень. Нужно сталкивать потоки движущихся частиц, тогда два сравнительно небольших по энергии пучка окажутся эквивалентны одному, но в сотни раз более «энергичному». Работы в этом направлении уже ведутся и, по-видимому, до конца столетия физика проникнет в ту неведомую область, о которой мы говорим.

И это будет наименьший квант пространства-времени?

Нет, конечно. Пространство-время там только будет вести себя по-иному. Наименьший же возможный размер — это приблизительно 10^{-33} сантиметра и соответственно квант времени 10^{-43} секунды, если, конечно, можно на таких расстояниях говорить о времени в нашем смысле.

Выходит, полностью оправдываются слова Вернадского, что «для мгновения, для точки времени вскрывается реальное содержание не менее богатое, чем то, которое осознается нами в безбрежности пространства-времени космоса»?

Конечно, размер 10^{33} сантиметра получается из так называемых мировых констант: гравитационной постоянной, постоянной Планка и скорости света. То есть он объединяет кванты и гравитацию. Наверняка это не бессмысленная длина, не просто упражнения в арифметике. Если прав Дирак, красивое с математической точки зрения уравнение рано или поздно непременно найдет «свой» реальный опыт. На этих малых расстояниях как бы смыкаются микрофизика элементарных частиц и мегафизика звезд, звездных и галактических систем.

Да что далеко ходить: даже при 10^{17} сантиметра мнимость скорости света отражает тот факт, что свет будет идти, как бы падая куда-то в бесконечность, а это напоминает явления, имеющие место в «черной дыре».

На краю «черной дыры»

...Когда запасы водорода и звезде близки к тому, чтобы исчерпаться окончательно, и термоядерные реакции, благодаря которым она излучала свет, тепло и прочие виды энергии, начинают угасать (эта печальная фаза наступает через несколько миллиардов лет после рождения светила), температура газа, из которого состоит звезда, постепенно снижается. В соответствии с законами физики падает и его давление. Раньше, когда звезда была горячее, энергии газа хватало, чтобы противостоять силам гравитации, стремящимся притиснуть друг к другу его мечущиеся атомы. Теперь равновесие нарушилось. Температура сломлена и ничто не в состоянии помешать этим силам сжать звезду. Они спешат воспользоваться своим правом.

Что случится дальше зависит от массы светила. Если она меньше 1,2 солнечной звезда сожмется в «белого карлика» размером с Землю, если масса лежит между 1,2...2,0 солнечной Вселенная получит в подарок «нейтронную звезду» диаметром около 10 километров, которую наши радиотелескопы заметят в виде пульсара.

А более крупные звезды не в силах бороться с объятиями гравитации: с невероятной быстротой, буквально за какие-то минуты, все рушится, коллапсирует, и от гигантского шара диаметром в миллионы километров и массой, скажем, вдвое больше солнечной остается «черная дыра», поперечник которой всего лишь около 12 километров.

Но в этой космической горошине вместились звезда. Миллиарды миллиардов тонн вещества. Как выглядит столь чудовищная по плотности материя, каковы ее свойства? Ученые отказываются даже предполагать: любое предположение будет беспочвенным. Но вот каким предстанет пространство-время возле такой «дыры», на ее границе это они знают.

«...пять, четыре, три, два, один, ноль!» из-под космической ракеты, стоящей на стартовом столе, вырываются клубы дыма, река пламени: через несколько минут еще одна межпланетная станция покинет Землю. Каждая ступенька в космос — это более высокая скорость, нужная, чтобы преодолеть земное тяготение. Стать спутником — 8 километров в секунду, улететь на Луну, выйти из сферы притяжения Земли — 11,19 километра в секунду. Чем больше масса небесного тела, с которой стартует ракета, тем выше должна быть вторая космическая скорость. Чтобы улететь с поверхности Солнца, корабль должен был бы разогнаться до 700 километров в секунду. А если станция волею судьбы окажется на границе «дыры» (предположим, что со станцией при этом ничего не случится), она оттуда вообще не сможет выбраться, потому что вторая космическая скорость там равна скорости света.

И свет не в силах выбраться из подобной ловушки, если он туда попал, и любое другое излучение. Превратившись в «дыру», звезда, словно пылесос, затягивает в себя все, что имело неосторожность приблизиться к ней чересчур близко.

И все-таки «черную дыру» удастся иногда обнаружить... по рентгеновскому излучению, которое она порождает. Казалось бы, противоречие: сверхкарлик обязан все поглощать, откуда же излучение? Академик Я.Б. Зельдович рассмотрел такую ситуацию: что если возле «черной дыры» окажется другая, нормальная звезда, образующая с ней двойную звездную систему? Оказалось, что в этом случае вещество, выбрасываемое обычной звездой, будет падать на «черную дыру», но не отвесно, а образуя вокруг нее нечто вроде диска. «В этом диске, — пишет академик Зельдович, — выделяется тепло и происходит турбулентное трение слоев газа... Частица может подойти ближе к звезде на такое расстояние, где она будет втянута и упадет в «черную дыру» лишь после того, как в результате трения отдаст достаточную часть своего момента вращения». Эта энергия выбрасывается наружу в виде мощного потока рентгеновских лучей. Именно такова природа рентгеновского источника «Лебедь X-1», состоящего из двух звезд: красного гиганта с массой в 20 раз больше солнечной, и «черной дыры», превышающей Солнце по массе в 10 раз. Возле «дыры» изменяются свойства пространства-времени. Согласно общей теории относительности время вблизи массивных тел движется медленнее. Это его свойство было практически проверено с помощью так называемого «эффекта Мессбауэра» прямо на Земле: оказалось, что у подножия 10-этажного здания, т.е. там, где сила тяжести больше, время течет действительно на 10^{-13} процента медленнее, чем на его вершине. Это «чуть-чуть» едва уловимо, но рядом с «черной дырой» начинаются прямо-таки чудеса.

Например, скорость превращения звезды в сверхкарлика: мы говорили, что это занимает лишь считанные минуты. Но эти минуты особые. Они отсчитаны по часам наблюдателя, который сидит у звезды на поверхности и летит вместе с ней куда-то вниз,

к центру тяжести. А земной астроном, глядящий на эту грандиозную катастрофу в телескоп, видит, как часы в руках звездного путешественника идут все медленнее и медленнее, а потом и совсем останавливаются... «Для нас, пишет академик Я. Б. Зельдович, она («черная дыра» В.Д.) застыла в том состоянии, в котором при сжатии ее застала остановка времени».

Однако «черная дыра» может преподнести и не такой еще сюрприз, как остановка времени. По гипотезе астрофизика Н.С. Кардашева, если «дыра» обладает мощным электрическим зарядом, а ее масса превышает в миллиард раз массу Солнца, то она не сможет «стянуться» в точку. Такой космический объект лишь сожмется, а потом начнет расширяться. Теперь наблюдателю, который вместе со звездой летел куда-то вниз, к центру тяжести, будет казаться, что он возвращается в нормальный мир. Но, увы, не в наш мир! Для земного астронома он «никогда не появится снова даже через бесконечно длинный промежуток времени». Расширение и, следовательно, выброс материи (ведь в такой «черной дыре» более миллиарда Солнц!) произойдут уже в другой вселенной, и там, в пространстве «той» вселенной, возникнет космический объект, который начнет «истекать» веществом. Что-то вроде «белой дыры». «Не исключено, считает Н.С. Кардашев, что имеется бесконечное множество пространств, отделенных друг от друга бесконечными временами. Однако путешествие в «черную дыру» эквивалентно машине времени, которая позволяет преодолевать бесконечно большие расстояния за конечные промежутки времени и преодолевать бесконечно большие интервалы за малые собственные времена. Разумеется, для нашей цивилизации в настоящее время это лишь абстрактные возможности».

С такой гипотезой Н.С. Кардашев выступил в 1970 г. в Ереване на советско-американской научной конференции по внеземным цивилизациям. Участники конференции не остались к его гипотезе равнодушными: один американский астроном попытался даже перевести ее на математический язык и подсчитал, что подобное путешествие из одной вселенной в другую займет по часам путешественника всего-навсего... сутки!

Невероятно парадоксальным и непонятным предстает перед нами Время, когда мы покидаем привычный для нас макромир и хотим проникнуть в микро- или мегакосмос. Тем не менее это не должно нас смущать, потому что мы еще не знаем, каким содержанием наполнится это понятие по мере физического постижения бесконечного и неисчерпаемого в своих проявлениях материального мира. Безусловная Ограниченность наших наглядных представлений о нем уже доказана. Нам не дано ни уменьшиться до размеров атома, ни опуститься на звездолете на поверхность «черной дыры», ни проскочить через нее как через туннель в другую вселенную...

«Человеческие представления о пространстве и времени относительно, писал Владимир Ильич Ленин еще в 1909 г., но из этих относительных представлений складывается абсолютная истина, эти относительные представления, развиваясь, идут по линии абсолютной истины, приближаются к ней. Изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира».

Наш разговор о Времени подошел к концу. Безусловно, он не претендовал на исчерпывающее освещение темы. Мы лишь проследили, пусть порой бегло и отрывочно, роль времени в биологических «системах» на уровне клетки и целого организма. Мы увидели, сколь необходимо точное измерение времени для нашей стремительно развивающейся науки и техники, для общества в целом. Мы прикоснулись к «странному» времени атомов и звезд, заглянули в бездонную глубину философского определения этой «четвертой координаты» материального мира. Но в основном речь шла об измерении того времени, которое нам близко и понятно, и на это автор пошел сознательно, ибо нельзя объять необъятное.

[Оглавление](#)

Дата публикации:

15 декабря 1999 года

Электронная версия:

© [НиТ](#). Раритетные издания, 1998

Везде n-t.

ru

[В начало сайта](#) | [Книги](#) | [Статьи](#) | [Журналы](#) | [Нобелевские лауреаты](#) | [Издания НиТ](#) | [Журнал «Сумбур»](#)
[Карта сайта](#) | [Подписка](#) | [Совместные проекты](#) | [Аналитический центр](#) | [Техническая библиотека](#)

© [МОО «Наука и техника»](#), 1997...2009

[Об организации](#) • [Аудитория](#) • [Связаться с нами](#) • [Разместить рекламу](#) • [Правовая информация](#)

