



Леонид Черняк

# **НЕэлектронные компьютеры и их создатели**



Леонид Черняк

**НЕэлектронные  
компьютеры и их создатели**

«Автор»

2023

**Черняк Л.**

НЕэлектронные компьютеры и их создатели / Л. Черняк —  
«Автор», 2023

На протяжении всей своей истории человек стремился упростить необходимые ему расчеты – он начал с первых зарубок на костях или дереве и дошел до современных электронных компьютеров. В книге предпринята попытка проследить главные этапы того, что было сделано до середины прошлого века, расставить основные реперные точки и по возможности представить тех, кто сделал наибольший вклад, поэтому она названа «НЕэлектронные компьютеры и их создатели». Стремительной истории будет посвящена следующая книга "Электронные компьютеры и их создатели"

© Черняк Л., 2023

© Автор, 2023

# Содержание

Благодарности	5
Введение	6
Глава 1	8
Древнейшие методы счета	8
Живущие без счета	9
Зарождение счета	10
Унарная система счисления	11
Системы нумерации и счисления	12
Современная европейская система записи чисел	14
Первые приемы работы с числами	15
Первые счетные инструменты	16
Счетные палочки	16
Узелковый счет	16
Бирки	17
Жетоны	17
Пальцевый счет	18
Глава 2	19
Антикитерский механизм	19
Орерри	22
Гномоны и посохи	23
Астролябия, квадрант и секстант	25
Астролябия	25
Морская астролябия, квадрант и секстант	26
Циркуль и сектор	28
Палочки Непера и их наследники	30
Логарифмическая линейка	32
Глава 3	33
Восточный абак	34
От античных времен до средневековья	35
Русское чудо	37
Глава 4	38
Педометр Фернеля	40
Машина Шиккарда	41
Паскалина	43
Машина Перро	46
Машина Лейбница	47
Машина Полени	52
Конец ознакомительного фрагмента.	53

# **Леонид Черняк НЕэлектронные компьютеры и их создатели**

## **Благодарности**

Автор безмерно благодарен трем людям, компенсировавшим его ошибки и недоработки, и еще больше за их благожелательное отношение: редактору Татьяне Грачевой и коллегам Владиславу Боярову и Юрию Сизову.

## Введение

Электронные компьютеры родились всего 75 лет назад, когда возникли необходимость в больших расчетах возможность ее удовлетворить средствами появившихся технологий. Но потребности в средствах, упрощающих счет, возникли гораздо раньше и удовлетворить их можно было только с помощью разного рода механических вычислительных устройств. В их долгую историю мы и погрузимся.

В любой области человеческой деятельности, прогресс становился возможным, когда складывался необходимый баланс между новыми запросами пользователей и возможностями доступных на тот момент технологий. Эта парочка идет рука об руку, если же изобретатели ставили перед собой задачи с опережением реального спроса и доступных технологий, то по прошествии лет их труды представляются ничем иным, как созданием технических курьезов. Ими можно восхищаться, но их реальный вклад в копилку знаний ее велик.

Самый яркий и трагический пример – эпохальная битва Чарльза Бэббиджа на поле создания Разностной и Аналитической машин, в которой он изначально был обречен на поражение. Потомки его оценили, но, по сути, в памяти он остался создателем курьезов. Примерно то же можно сказать о Конраде Цузе, который стоял в одном шаге от цифрового компьютера, но в силу обстоятельств был вынужден сделать ставку не на электронику, а на электромеханические реле и проиграл. Работы этих гениев для современности не имеют никакого значения, но из этого не следует, что о них не нужно знать.

До Эпохи Возрождения скромные потребности человечества в счете удовлетворялись такими простыми устройствами как гномон, астролябия и абак. С созданием артиллерии и развитием мореплавания потребности в расчетах возросли и в ответ на них появились новые инструменты – палочки Непера, логарифмическая линейка, сектор, секстант квадрант и другие. Они с технологической точки зрения были ненамного сложнее предшественников. Плавный эволюционный процесс закончился в XVII веке, когда несколько человек, прежде всего Паскаль и Лейбниц, задумались о создании цифровых механических счетных машин в чем как минимум на полтора столетия опередили время – не было и не могло быть технологий для реализации их замыслов. Все последующие годы сохранялся дисбаланс между изобретательской мыслью и необходимыми технологиями, отягощенный отсутствием спроса, в социальных условиях XVIII века его не могло быть. Тем не менее с конца XVII до начала XIX века было создано немало интересных конструкций. Из-за своей высокой стоимости они не смогли занять хотя бы какое-то заметное место в инженерии или в науке, большая часть из них осталась украшением дворцовых интерьеров. Радикальный прогресс начался вместе с Первой промышленной революцией, к 1850 году возник встречный процесс – науке и бизнесу требовались инструменты облегчающие расчеты, а развитие точного машиностроения открывало возможность удовлетворить эту потребность. Следствием этих обстоятельств стал бум по созданию разного рода механических и позже электромеханических калькуляторов. Остававшиеся втуне 100–200 лет изобретения оказались востребованными. Бум этот продолжался до тридцатых годов XX века, когда обнаружился предел возможностей механики.

Но потребность в автоматизации расчетов возрастала, особенно в разного рода военных приложениях, в ответ на нее было создано несколько монстров, завершивших эпоху механики. Они не стали решением проблемы счета в ядерной физике, баллистике, аэродинамике и в других приложениях. Подходы к ее решению открылись через 10–15 лет, когда были созданы первые электронные цифровые компьютеры, похоронившие все то, что было сделано прежде. Их потенциал и степень влияния на все стороны жизни никто не мог предположить, он обнаружился с появлением микропроцессоров, когда человечество вступило в цифровую эпоху.

Большинство современных людей смотрят на компьютеры исключительно через призму интересующих их приложений, о том, что такое архитектура и физика компьютеров имеет понятие ничтожный процент из тех, кто имеет дело с ними. Все поглотила неизбежная конъюмеризация, что совершенно нормально. Это характерная черта времени, кто сегодня задумывается об устройстве бесчисленного количества гаджетов, которые нас окружают? Однако сохраняется надежда, что кому-то захочется узнать о том, что предшествовало нашему цифровому времени, когда за смешные деньги можно купить смартфон с процессором, на порядки превосходящим по мощности суперкомпьютер тридцати-сорокалетней давности.

Эта книга не содержит детальных описаний механизмов и, как и в предшествующем ей «Путеводителе по истории ИИ», здесь нет картинок. Она тоже своего рода путеводитель. Для интересующихся в Сети есть гигантское количество высококачественных иллюстраций и, что особенно важно: анимаций, позволяющих лучше понять конструкцию механизмов, чем любая книжная графика, рассматривать их – увлекательное занятие. Рекомендую начать с Паскалины.

Книга состоит из двенадцати глав и охватывает период от зарождения счета в доисторические времена до появления первых электронных компьютеров. Идея написания такой книги возникла неожиданно, ранее, более 20 лет исподволь складывался материал для книги об электронных компьютерах, начиная с ENIAC и Colossus, но при попытке систематизировать накопленное стало ясно, что недостает более глубокого исторического контекста, пришлось в него погрузиться и это оказалось удивительно интересным.

Книга названа «НЕэлектронные компьютеры и их создатели», что отражает ее направленность. По прошествии лет интереснее не столько технические детали устройств, сколько время, когда они были созданы, и люди причастные к ним.

- Глава 1 Древнейшие методы счета
- Глава 2 Первые аналоговые счетные устройства
- Глава 3 Абак
- Глава 4 Основоположники
- Глава 5 Машины XVII и XVIII веков
- Глава 6 Логические машины
- Глава 7 Бэббидж и его машины
- Глава 8 Загадка чародейки чисел
- Глава 9 Последователи Бэббиджа
- Глава 10 Арифмометры и сумматоры
- Глава 11 Электромеханические компьютеры
- Глава 12 Счетные устройства в Российской империи

## Глава 1

### Древнейшие методы счета

Сорок тысячелетий назад наши предки обрели разум в процессе эволюции, чем заслужили наименование *homo sapiens*, и направили его на решение насущных проблем. В том числе не в последнюю очередь – на учет доступных им весьма ограниченных ресурсов. Необходимость выживания в суровых условиях сначала научила их считать и много позже, только тогда, когда жизнь более или менее наладилась, возникла и потребность писать.

Лишь мифические подданные титана Кроноса, обитавшие в Золотой век, могли позволить себе пренебречь элементарной бухгалтерией и пребывать в нирване. Какие заботы, если под бдительным оком Отца они жили в условиях справедливости и изобилия? Как повествуют Вергилий, Гесиод и другие, в правление Кроноса люди не знали боли, смерти, болезней, голода. У них, живших в гармонии с природой, всего и всегда было в избытке, любые их потребности удовлетворены. Пребывая в постоянной праздности, они предавались невинным радостям жизни – возлежали на пирах, водили хороводы и воздавали хвалу небесам. Буколические сюжеты стали источником вдохновения многим художникам позднего средневековья, наиболее популярны картины Золотого века, написанные Лукасом Кранахом Старшим.

Впрочем, и сейчас есть немало тех, кто мечтает о таком Отце народов и ностальгируют по периоду безбедного существования, якобы бывшего под его властью. Иногда, сталкиваясь с воспоминаниями тех, кто успел пожить в те советские годы и неустанно повторяет: «Как мы жили», складывается впечатление, что у них тоже отбили естественное желание считать, разве что деньги от получки до получки.

## Живущие без счета

Сегодня без особых забот и тревог, хотя и не так роскошно, как при Кроносе, но совершенно свободно и в полном единении с природой на реке Маиси обитает племя индейцев пираха, скрытое от мира непроходимыми амазонскими джунглями. Их общая численность не превышает полутысячи, крошечное сообщество имеет горизонтальное устройство, в нем нет социальной иерархии, нет лидеров и вождей. Их пример подтверждает взгляды Маркса, разработавшего концепцию первобытного коммунизма, традиционной культуры, по его мнению, существовавшей до появления частной собственности и государства. Сохраняющийся на протяжении столетий, неизменный изо дня в день и лишенный разнообразия образ жизни первобытных коммунаров больше всего напоминает «день сурка». У них атрофирована коллективная память, они не знают прошлого и не задумываются о будущем. При таком существовании достаточно совокупного информационного багажа, распределенного между индивидуумами – каждый индеец обладает достаточными практическими знаниями об окружающей среде – растениях и животных. Пираха считают себя частью природы, детьми леса, они воспринимают окружающие джунгли как сложный живой организм, по отношению к которому испытывают священный страх. В языке этих наивных детей природы отсутствуют прошедшее и будущее время, говорить они могут только о происходящем здесь и сейчас. Из миллиардов населения Земли только они вообще не умеют считать, для оценки количества им хватает трех слов – «один», «несколько» и «много».

Живя в условиях близких к мифическому Золотому веку, пираха свободны от мыслей о накоплении пищи, добытое на охоте или рыбалке немедленно в тот же день съедается, запасов на завтра они не держат, проголодавшись, отправляются за новой порцией. Учет и контроль им не нужны ни в чем, например, матери пираха не могут сказать, сколько у них детей, достаточно того, что они знают их по именам и в лицо.

Самобытность пираха привлекает к ним колоссальное внимание этнографов. Для нас же они точка отсчета.

## Зарождение счета

В позднюю ледниковую эпоху Верхнего Палеолита условия существования были отнюдь не тепличными, поэтому 25—50 тысяч лет назад дабы сохраниться нашим прямым предкам кроманьонцам пришлось научиться напрягать мозги. По физической силе они уступали делившим с ними жизненное пространство неандертальцам, зато присущий им более высокий интеллект обеспечивал большую живучесть, он позволил адаптироваться к климатическим изменениям, создать совершенную систему общения с использованием разного рода символов и новую форму организации сообщества, удобные орудия труда. Не последнюю роль сыграла их способность разумнее распоряжаться доступными им ресурсами, для чего потребовался счет, пусть в самом простом, зародышевом виде.

Счет стал одной из составляющих дальнейшего эволюционного процесса. Первые следы доисторической «бухгалтерии» сохранились в виде разного рода зарубок и насечек, из которых возникла унарная система счисления (на латыни слово uno значит один). Мы можем назвать унарную систему непозиционной системой счисления с нумерацией одним единственным символом. Для него в текстах мы используем 1, в других обстоятельствах применим и любой иной символ – черточка, камешек, узелок, зарубка и т.д. Чаще всего на практике числа в унарной системе счисления записываются соответствующим количеством «палочек».

## Унарная система счисления

Унарная система, несмотря на древность, поныне все еще в ходу. Ею в советские времена учитывали трудодни, так в колхозах называли выходы на подневольную работу, бригадир отмечал их палочками в тетрадке. Робинзон Крузо зарубками на дереве отмечал прожитые на острове дни, а в наше время, не ведая того, пользуются унарной системой лица, содержащиеся в местах лишения свободы или отбывающие воинскую повинность. Еще черточками на бумаге отмечают входные звонки в колл-центрах и голоса при выборах в небольших сообществах. В настоящее время палочки можно встретить в индикаторах уровня заряда в мобильных устройствах и уровня звука в аудиосистемах.

Есть один удивительный пример, дошедший из древности до наших времен – чувашские цифры. Это ни что иное, как метод записи чисел в тюркской рунической письменности. Так нумеровали бревна в срубе, числа наносились на специальную бирку ножом или непосредственно на бревно топором. И еще чувашские цифры – важный элемент самобытной культуры, они похожи на римские, но только внешнее, еще у чувашей сохранился уникальный метод представления чисел при счете на пальцах.

Самым древним из найденных свидетельств использования унарной системы счисления считается кость павиана с нанесенными на нее отметками (Кость Ишанго), найденная в 1960 году бельгийским антропологом Жаном де Брокуром. Палеолитическая стоянка, где произошло это открытие, расположена в области Ишанго, недалеко от верховий реки Нила, на территории именованной тогда Бельгийским Конго, теперь это граница между Угандой и Демократической Республикой Конго.

На кости Ишанго имеется несколько рядов отметок, первый начинается с серии, состоящей из трех бороздок, затем число бороздок удваивается до шести, следующая серия начинается четырьмя бороздками и в ней число бороздок удваивается до восьми, в третьей серии последовательность обратная, здесь за десятью бороздками следуют пять. Эту запись можно интерпретировать как свидетельство понимания древними операций удвоения и деления пополам. Интереснее другое – во втором ряду записаны все нечетные числа от 9 до 21, а в третьем ряду простые числа между 10 и 20!

Возраст находки по последним данным оценивается в 20 000 лет, но она не самая древняя, известны более ранние подобные, кость павиана из Лебомбо в Свазиленде (ей 37 000) и ее ровесница, кость волка, найденная в Чехословакии, однако записи на них проще, только насечки без какой-либо системы.

## Системы нумерации и счисления

Для начала заметим, что есть пара близких, но не тождественных понятий – «система нумерации» и «система счисления». Чаще под нумерацией понимают присвоение номеров домам, книжным томам и т.д., но есть и другое значение этого слова, так еще называют приемы записи чисел посредством тех или иных символов (специальных или букв). Система же счисления – это собственно запись чисел с использованием той или иной системы нумерации. Между ними есть очевидное различие, на которое обычно не обращают внимание, используя эти понятия как синонимы.

Способы нумерации родились из неудобства оперировать большим количеством палочек в унарной системе. Показательный пример – при ручной обработке результатов голосования 4 точки и 6 палочек ставят определенным образом так, что они образуют перекрещенный квадрат, считать десятками удобнее. Со времен Вавилона и Египта придумывали разные специальные символы, но чаще использовали буквы различных алфавитов.

Что же до систем счисления, их всего два типа – непозиционные и позиционные, в том и другом случае могут использоваться разные системы нумерации. Исторически раньше появились непозиционные или, иначе, аддитивные системы счисления, где каждому символу соответствует определенное число, общее значение записи получается путем суммирования или вычитания значений символов, оно не зависит о позиции символа в записи. Существенно позже появились позиционные или мультипликативные системы, где есть деление на разряды и есть основание – максимальное значение в разряде (2, 3, 5, 8, 10 ...). Числовое значение записи равно сумме поразрядного сложения произведений основания на значение в каждом разряде. Мы говорим двоичная или десятичная система счисления, понимая позиционную систему с тем или иным основанием.

Из непозиционных до наших дней сохранилась римская десятичная система. Первые упоминания о ней относятся к середине I тысячелетия до н.э., для нумерации в ней используются буквы – I – один, V – 5 и X – 10 ... Она заимствована у этрусков и поначалу нумерация, использованная в ней, отличались от современной, но принцип записи сохранился. Эта система аддитивна, число получается путем суммирования с поправкой на то, что младшая цифра, стоящая справа от старшей, суммируется с ней, а слева – вычитается, поэтому вместо VIII писали IX и XC вместо LXXX. В старой римской записи числа обозначались и известными символами I, V, X, а также буквами Q и F. В новой Q и F заменили C – 100 (центум) и M 1000 – (милле), кроме того, ввели букву D как символ числа 500 (куиндженти).

Древнеегипетская система счисления намного старше римской, она возникла во второй половине III тысячелетия до н.э. и тоже была десятичной и аддитивной, но в отличие от римской она допускала только сложение, вычитания в ней не было. Для нумерации здесь использовались специальные символы – один для единиц, другой десятков и далее для сотен, тысяч и далее вплоть до миллиона. Внутри каждого разряда система была унарной. За годы существования символы менялись неоднократно, обычно в сторону упрощения.

Вавилонская система на тысячу лет моложе египетской, нумерация здесь адаптирована к ограничениям клинописи, поэтому символов всего два – вертикальный и горизонтальный клинья, из-за такого ограниченного разнообразия в нумерации она достаточно сложна, но ее можно назвать условно шестидесятеричной и еще более частично позиционной. Вавилоняне в математике продвинулись дальше египтян, например, они умели решать квадратные уравнения чему способствовала более удобная квазипозиционная нотация в сочетании с двумя системами счисления – шестидесятеричной и десятичной. Они первыми заметили, что можно применять одни и те же символы, если они будут занимать в записи соответствующее положение. Еще они усовершенствовали свою позиционную систему введением нуля. Перед нами первый и

единственный прецедент упрощенной позиционной системы счисления, существовавший до прихода нынешней индийской системы.

В Древней Греции сосуществовали две основные системы записи чисел – аттическая и ионическая, в первой использовалась близкая к десятичной система счисления, а во второй десятичная, но и та, и другая с современной точки зрения были чрезвычайно замысловатыми. В непозиционной аттической записи число 5 служило промежуточным подоснованием системы счисления. Черта, обозначала единицу, повторенная нужное число раз, означала числа до четырех, а пятью служил символ Г, для 10 – символ Д, для 100 – символ Н, для 1000 – Х, для 10000 – символ. Ионическая запись – алфавитная с десятичным основанием и частично позиционная, в ней использовались буквы греческого алфавита и три вспомогательных знака. Греки заимствовали вавилонские принципы позиционности: первые девять букв соответствовали цифрам первого разряда, вторые девять букв – второго, третьи – первым девяти целым кратным числа десять.

Архимед развил ионическую запись, придумав схему октад (классов), схожую по использованию показателей степени числа 10 в современной системе записи чисел. В ней и в позже скопированной с нее славянской системе счисления для нумерации использовался практически весь алфавит, одни буквы служили для цифр в пределах десятка, другие для десятков в пределах сотни и т.д. Эта запись была чрезвычайно сложна и неудобна. Славянская Цифирь использовалась нашими предками в древней Руси с десятого века, букве «Азь» соответствовала единица, «Буки» – двойка и так далее. Она вышла из употребления в 1725 году и была заменена на арабские цифры по указу Петра I.

Мультипликативная система счисления в зачаточном виде появилась в Древнем Вавилоне, но в современном представлении этот подход к записи чисел был изобретен в Китае, а потом усовершенствован в Индии. В разных районах Индии существовали разнообразные системы нумерации, но в какой-то момент среди них выделилась одна, в ней в качестве цифр использовали начальные буквы соответствующих числительных на древнеиндийском языке – санскрите. Из Индии этот способ записи чисел перекочевал на Аравийский полуостров, а затем и в Европу. Здесь его называли арабским, и под этим именем он разошелся по всему миру, хотя надо иметь в виду его индийские корни. Решающую роль в распространении индийской нумерации и десятичной системы счисления в арабских странах сыграла деятельность Мухаммада ибн Муса аль-Хорезми и руководство, составленное им в начале IX века. Оно было переведено в Западной Европе на латинский язык в XII веке. В XIII веке индийская нумерация получает распространение в Италии, и других странах она была принята к XVI веку.

## Современная европейская система записи чисел

Создание используемой всем человечеством позиционной системы записи чисел, сочетающей индийскую десятичную систему счисления и нумерацию арабскими цифрами, стало одним из величайших фундаментальных достижений в истории человечества. Сначала использовали Восточные арабские цифры, в странах Ближнего Востока их можно встретить, например, на часах, как у нас римские цифры, они приобрели свой близкий к современному вид в IX веке. Наряду с ними существуют Западные арабские цифры и Современные арабские цифры. В период мавританского владычества на Пиренеях арабские цифры проникли в Европу. Более древняя история арабских цифр имеет многочисленные трактовки, сопровождается различными мифами, достоверно можно сказать только то, что своими корнями они уходят в Индию. В контексте истории компьютеринга существенен европейский период, когда арабские цифры и десятичная система счисления заняли монопольное положение. Впервые они упоминаются в Вигиланском кодексе, иллюстрированном собрании документов вестготского периода в Испании. Главными действующими лицами, повлиявшими на принятие европейцами новой системы записи были Папа Сильвестр II и виднейший математик Средневековой Европы Леонардо Пизанский более известный как Леонардо Фибоначчи. Путешествуя по Средиземноморью, Фибоначчи изучал достижения античных, индийских и арабских математиков, что позволило ему написать несколько математических трудов, заложив основу западноевропейской науки. Его усилиями позиционная система укрепилась в Европе и обрела популярность в Эпоху Возрождения. Процесс перехода на новую нотацию был непростым, он встречал заметное сопротивление, решающее влияние на укрепление арабских цифр оказало книгопечатание с его требованиями к стандартизации символов.

## Первые приемы работы с числами

Археологические исследования в Древнем Египте, Греции, Месопотамии свидетельствуют о том, что первые средства для упрощения расчетов были рукописными, такие методы, известны большинству из нас (сложение и умножение столбиком, деление уголком), они сохранялись до самого последнего времени, до появления электронных калькуляторов, ныне встроенных в любые мобильные устройства. В древности рукописные приемы совершенствовались, они принимали те или иные формы в зависимости от конкретной культуры и принятых в ней традиций.

Сохранились сведения о многочисленных способах умножения, среди них древнейший, он известен как Квадрат Пифагора, есть множество различных «национальных» способов умножения: Китайский, Итальянский, Индийский. Египетский и даже Русско-крестьянский. Особый интерес представляет метод умножения, который назывался *gelosia*, изобретенный в Индии и в XIV веке пришедший в Европу при посредничестве персов и арабов. Он описан в книге *Summa de arithmetica* францисканского монаха Лука Пачоли, одного из создателей современной бухгалтерии и близкого друга Леонардо да Винчи. Труд был опубликован в 1494 году, он содержит свод математических знаний эпохи Возрождения, содержащий главы, посвященные практической арифметике, основам алгебры и геометрии, а также бухгалтерского учета. Суть алгоритма гелосия в том, что сомножители записываются справа и сверху от специальной счетной матрицы, состоящей из полей-квадратов, каждый из которых разделен диагональю, а совместно расположенные по диагонали треугольники образуют «косые» строки-столбцы. При суммировании «по косой» получается результат, его нужно читать сверху вниз и слева направо. Этот алгоритм смог механизировать Джон Непер с помощью изобретенных им палочек.

С делением дело обстояло сложнее, специальный знак косая черта «/» впервые использовал в 1600 году английский математик Уильям Отред более всего известный изобретением логарифмической линейки. Альтернативный ему знак двоеточия «:» предложил немецкий математик Лейбниц почти на полвека позже. В Европе примерно до 1600-х годов был популярен метод деления галерой (метод зачеркивания, *galley*), возникший на основе китайского и индийского методов. Он упоминается у аль-Хорезми в работах 825 года, у Луки Пачоли. О том как он был сложен говорит итальянская поговорка «Трудное дело – деление» (*Dura cosa e la partita*). Используемый сегодня метод деления уголком имеет множество национальных вариантов, по-английски его называют *long division* в отличие от *short division*, который вопреки названию не короче и не проще. Метод известен с XII века, но в практику его ввел английский математик Генри Бриггс в начале XVII века.

## Первые счетные инструменты

Почти одновременно с записями чисел в унарной системе люди стали пользоваться и простейшими инструментами, среди них: счетные палочки (counting sticks или counting rods), шнуры с узелками (knots), различного рода бирки (tally) и жетоны (tokens). В результате сложились два направления счета: письменное и инструментальное, они развивались почти параллельно, изредка пересекаясь. В Европе большее развитие получили письменные методы счета, в Азии – с использованием этих простейших инструментов.

### Счетные палочки

Большинству из нас счетные палочки известны по школьным урокам арифметики в первом классе, они же являются непременной частью известной методики Монтессори и других, хотя, как показывает жизнь, в большинстве случаев для современных детей они совершенно бесполезны. (Не могу удержаться от воспоминания, как, идя в первый класс, я решил самостоятельно сделать набор таких палочек, освободив родителей от необходимости покупать их. Аккуратно выстрогал 20 палочек перочинным ножом, ошкурил, одну половину покрасил зеленкой, а другую марганцовкой и перетянул резинкой. Но на первом же уроке понял их бесполезность, и без них мог считать, поэтому, выйдя из школы, тут же выбросил, чтобы облегчить портфель.)

Если в Европе палочки не получили заметного распространения, то в Китае и особенно в Японии пользование палочками длиной несколько сантиметров, сделанных из кости или бамбука и раскрашенных в разные цвета, доведено для совершенства.

Палочки раскладывали на столе или на полу, обозначая ими цифры в пятеричной или десятичной позиционной системе счисления. Существовало несколько способов для выкладывания палочками символа какой-то цифры, в диапазоне 1 до 5 просто соответствующее число палочек, а от 6 до 10 их перечеркивали или подчеркивали, положительные и отрицательные числа выкладывали разными цветами, особыми приемами выкладывали дроби. Для нуля специального символа не было. На Востоке счет на палочках превратился в некое специальное знание, он почти на 2000 лет стал основой китайской национальной математической школы. Палочки использовали не только для выполнения всех четырех арифметических действий, но и для нахождения среднего арифметического, для возведения в степень, извлечения квадратного и кубического корня, решения полиномиальных уравнений и других математических приложений.

### Узелковый счет

Обычно в популярной литературе ареал узелкового счета ограничивают Андами, где жили инки и их предшественники, но ученые-специалисты в недавно возникшем историческом направлении, называемом этноматематикой, сделали неожиданные открытия. Усилиями всего нескольких человек удалось открыть не только самобытные математические достижения коренных народов Африки, но и популярные и далеко не простые интеллектуальные игры на узелках. Выяснилось, что до того, как колонизация привела к исчезновению многих компонентов традиционной культуры Африки, исчез и узелковый метод записи, широко использовавшийся в различных районах этого континента. С его помощью вели календарь, фиксировали выплаты и займы, расход воды, продуктов, прибыль от продажи и другое.

Однако уровень развития искусства кипу, так называется мнемоническая и счетная система инков, существенно выше того, чем обнаруженная в Африке. Кипу – это еще и своего

рода письменность, в основе которой сложные веревочные сплетения и узелки. Посредством кипу обеспечивали работу почты, фискальной системы и других институтов, образующих государственную систему империи инков. Объем сведений о кипу велик, ограничимся упоминанием только числовых кипу. В них использовалась позиционная система с нумерацией узлами на шнурах. Роль цифры играл узел на соответствующем шнуре, отсутствие узла означает ноль. Сложение и вычитание напоминает действие с арабскими цифрами, но вместо записи завязывается узел. Параллельно с кипу использовалось счетное устройство юпана, подобное одной из версий абака. Археологи обнаружили несколько разновидностей юпаны. Предполагается, что счет в основном выполнялся на юпане, а хранение данных в кипу.

## Бирки

Бирки (tally) делятся на две категории, на простые (single tally) и на разделяемые (split tally). Первые служили для коротких заметок, как средство для передачи условных сигналов между людьми, не владеющими письменностью, и просто для учетных целей. В современных системах радиочастотной идентификации RFID подобного рода бирки называют tally mark. Типичный пример бирки представляют собой дощечки с чувашскими цифрами или кости Ишанго, описанные выше. Разделяемые же бирки служили финансовыми документами, на них наносили зарубки по всей ширине плашки и расщепляли ее по вертикали. Каждая из сторон получала на руки свою аутентичную часть документа. По завершении торговой операции половинки бирки сличались и производился окончательный взаиморасчет.

В Англии порядок использования бирок был утвержден около 1100 года и просуществовал до 1826 года. В Лондоне на том месте, где сейчас стоит часовая башня с колоколом Big Ben, ее ошибочно называют Биг Беном, находился архив таких деревянных документов, никто не знал, что с ним делать, но вопрос решился сам собой – однажды он сгорел. Этот грандиозный пожар запечатлел на своем полотне Уильям Тернер, великий хроникер Промышленной революции.

## Жетоны

В современном английском слово token имеет огромное множество значений, в данном контексте интерес представляют только глиняные жетоны (clay token), известные с 8-го тысячелетия до н.э. На сырые глиняные заготовки различной формы и размера наносились необходимые символы и их обжигали. Токены использовали взамен того или иного продукта при расчетах. С появлением счетной доски абака жетонами заменили цифры.

## Пальцевый счет

Особое место в истории занимает пальцевый счет, или дактилономия («дактило» – палец и «номос» – закон), возникший за несколько тысяч лет до н.э. Первые свидетельства его существовании обнаруживаются на глиняных табличках, найденных в Месопотамии. Более поздние описания приемов пальцевого счета остались в древнеегипетских, древнегреческих и древнеримских рукописях. За века своего существования этот способ счета заметно эволюционировал, значительный вклад в дактилономию внесли арабские средневековые математики. Приемы дактилономии описаны в упомянутом выше труде *Summa de arithmetica* францисканского монаха Лука Пачоли.

Данные человеку природой пальцы рук и ног оказались удобным инструментом для абстрагирования от природы считаемых объектов, их количество привело к формированию пятеричной, десятичной и двадцатеричной систем счисления. Десятичная сегодня распространена всемирно, пятеричная существовала в тропической Африке, двадцатеричная в Старом Свете и у многих малых народов. Впервые десятичная система пальцевого счета описана римским поэтом Публием Назоном в конце I века до нашей эры.

Тема пальцевого счета, как и все, что связано с невербальными коммуникациями, чрезвычайно интересна как элемент культуры общения, особенно в контексте кросскультурных различий. Разнообразие национальных систем пальцевого счета велико, они основаны на разных системах счисления, особенно в этом деле преуспели японцы и корейцы, в этих странах такой счет превратился в часть народной культуры. Из близких нам народов остатки древней системы счета обнаруживаются у абхазов, она основана на двадцатеричном счислении, эта традиция находит отражение в специфике преподавания математики в местных школах.

Целый ряд рудиментарных традиций пальцевого счета остался и у современных европейцев – немцы, англичане, французы и русские до сих пор в некоторых случаях считают на пальцах, однако все по-разному, одни начинают с большого пальца, другие с мизинца или одни сгибают, а другие разгибают пальцы. Как ни странно, но в условиях глобализации и язык жестов вообще, и приемы пальцевого счета сохраняют национальные традиции, что приводит к различным казусам. Наиболее известный пример различий показан в фильме «Бесславные ублюдки» Квентина Торантино, где во время WWII засланный в Германию американский агент «прокалывается», заказывая в немецкой пивной три пива и показывая три пальца по-американски, а не по-немецки. И конечно же, говоря о пальцевом счете, стоит вспомнить то, как ведёт отсчет рефери на ринге.

Отметим редкий случай: статья о пальцевом счете в Википедии на русском языке намного интереснее и содержательнее, чем на английском.

Попытка реставрации и развития пальцевого счета в современных условиях была предпринята в Корее в середине прошлого века под названием система Чисанбоп, спустя несколько десятилетий нашлись энтузиасты, пожелавшие внедрить ее в 70-е годы в школах США, но, как оказалось, неудачно.

## Глава 2

# Первые аналоговые счетные устройства

### Антикитерский механизм

Передо мной лежат два издания книги «Миникомпьютерные системы». Одно из них изрядно потертое американское, его авторы Ричард Эккхаус и Роберт Моррис, другое – перевод, сделанный мною и моим коллегой А.Ф. Кондратюком в начале 80-х и изданный в «Финансах и статистике». Полиграфия и бумага оригинала по сравнению с русским вариантом роскошны, на его белой лицевой стороне переплета изображен Антикитерский механизм (АМ), а на тыльной краткое описание этого устройства.

Книга была подарена мне Прадипом Бхатачария, коллегой из Канады, в ту пору руководителем компании McPhar, производящей оборудование для аэрогеофизических исследований. В ней описано легендарное семейство мини-компьютеров DEC PDP – 11, старшая модель которого PDP – 11/70 была поставлена вместе с комплектами бортовых систем в Центральную комплексную аэрогеофизическую экспедицию (ЦКГГЭ), где я имел подлинное счастье работать. Все системы комплекса прекрасно показали себя в процессе работы по оценке радиационного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС, для выполнения которых была привлечена наша экспедиция. Кроме ЦКГГЭ ни одна организация не смогла с должной оперативностью провести весь процесс от замера до получения карт загрязнения. Хорошо помню, как на совещаниях в Чернигове и Гомеле местные руководители, искажая название с ударением на первую букву А, требовали: «Нам мАкфары давай!»

Так, благодаря случаю, состоялось мое знакомство с механизмом-пришельцем из древности. Выбор АМ для оформления книги не случаен, ее издание по времени совпало со взрывным ростом интереса к этому античному механизму, а он, в свою очередь, был вызван публикацией результатов первых серьезных исследований АМ с использованием современных рентгеновских технологий.

С той поры вышло немислимое число статей и книг, посвященных ему, о нынешней популярности свидетельствует выбор изображения АМ для Google Doodle в мае 2017 года, когда отмечалась далеко не круглая 115-я годовщина находки самого удивительного памятника античной механики. Напомним, неоднозначным словом doodle (желающим узнать другие значения рекомендую заглянуть в Multitran, оно того стоит) с 2000 года принято называть шуточные картинки, размещаемые на главной странице поисковика по случаю тех или иных знаменательных событий.

АМ открылся миру в 1900 году, когда греческим ныряльщикам удалось найти громадное по масштабам античного мира судно длиной около 60 метров. Это случилось неподалеку от острова Антикитера, расположенного между Критом и материковой Грецией. Здесь корабль пролежал в сохранности более 2000 лет. Он затонул на небольшой глубине, поэтому без особых сложностей без применения специальной техники удалось поднять все перевозимое им. По большей части грузом были традиционные военные трофеи – оружие, амфоры и прочее, но в нем неожиданно обнаружился странный небольшой предмет, он сильно зарос донными отложениями и предназначение его сразу понять не удалось.

Находка привлекла к себе внимание зубчатыми колесами, просматриваемыми сквозь многовековые напластования. Поначалу ее изучала небольшая группа местных греческих исследователей, после Второй мировой войны к ним подключились несколько британцев, далее число заинтересовавшихся постоянно возрастало, оно достигло пика в 80-годы прошлого века.

Количество опубликованных с тех пор популярных книг, журналистских и научных статей, посвященных АМ огромно, описаны детали обстоятельства обнаружения, тайны, якобы с ним связанные, поэтому нет нужды в еще одном подобном описании. Тем более, что механизм не бог весть как сложен. Особых секретов, заключенных в АМ, не осталось, он детально изучен настолько, что сегодня за доступные деньги можно купить неплохую копию, или напечатать его детали на 3-D принтере, или даже собрать упрощенную версию из конструктора LEGO. Изученность не означает, что с появлением новых методов диагностики и моделирования, не продолжатся исследования этого удивительного артефакта.

Скорее всего надо говорить не о загадочности собственно АМ как исторического феномена, а об уникальности единственного дошедшего до нас представителя существовавшего класса приборов, который называли по месту его находки Антикитерским, и о том уровне развития математики и астрономии, который был достигнут во второй половине I тысячелетия до н.э. Уникальность АМ, как находки, объясняется тем, что археологам редко достаются по-настоящему стоящие вещи, они большие специалисты по помойкам и кладбищам, поэтому им чаще всего удается найти не что-то подлинно интересное, а предметы либо выброшенные за ненадобностью (черепки посуды...), либо помещенные в захоронения или спрятанные в кладках. Крайне редко им руки попадает нечто, действительно представляющее собой большую ценность, что-то бережно хранимое владельцами, но каким-то образом утерянное и сохранившееся благодаря стечению обстоятельств. Подобные находки случаются при кораблекрушениях или при извержении вулкана, когда волею случая такой предмет оказывается случайного погребенным и сохраняется на века.

Поначалу греческие археологи-любители рассматривали АМ как продвинутую модель астролябии. Более серьезные результаты были получены английским физиком и историком науки Дерекком Прайсом в 1951—1978 годах, он, собственно говоря, открыл АМ миру. Прайс, используя рентгеновское излучение, смог построить общую схему АМ, опубликованную им в журнале *Scientific American* в 1959 году, более подробное описание механизма вышло позже, в 1971 году. Работу Прайса продолжил Майкл Райт из Лондонского музея науки, он воспользовался методом рентгеновской томографии, что позволило получить двумерные срезы АМ, его результаты были представлены в 1997 году. Райту удалось подтвердить общие выводы предшественника и исправить допущенные им ошибки. В XXI стартовало несколько международных проектов с использованием методов компьютерной томографии и полиномиального картирования текстур (*Polynomial Texture Mapping*), что позволило сделать объемные карты скрытого содержимого, установить взаимосвязь между отдельными деталями и рассчитать по возможности их функциональное назначение.

В 2008 году был представлен глобальный доклад по результатам международного проекта *Antikythera Mechanism Research Project*. Его участникам удалось показать, что механизм, изготовленный за 100—150 лет до н.э., был способен учитывать эллиптичность орбиты Луны. В 2016 году удалось частично прочитать надписи, нанесенные на сохранившихся 82 фрагментах АМ, этой своего рода инструкции по эксплуатации. Из общего объема, равного 20 000 знаков, удалось расшифровать 2000, составляющих 500 слов. Этого было достаточно для подтверждения, что механизм мог вычислять орбиты всех известных в древности планет, включая Марс, Юпитер, Сатурн, и позволял определять даты 42 астрономических явлений.

Многочисленные исследования АМ позволяют считать, что его можно назвать первым компьютером, как это делают в подавляющем числе публикаций, но с оговоркой. Если АМ и компьютер, то только аналоговый, а не цифровой, более привычный нам. Аналоговые компьютеры были популярны в 50—60 годы прошлого века, они уступили свое место цифровым, прежде всего, в силу большей универсальности последних, но это не значит, что аналоговые компьютеры окончательно ушли со сцены. Реальный мир аналоговый по природе, в этом их надежда на будущее. По мере развития процессорных технологий, поддерживающих Искус-

ственный Интеллект, для аналоговых компьютеров открываются новые перспективы. Если признать АМ первым аналоговым компьютером, то еще нужно добавить с «защитой в него программой». В отличие от настраиваемых на разные функции электронных аналоговых компьютеров, АМ мог моделировать только те астрономические процессы, которые были зашиты в его шестерни.

## Оррери

АМ – это единственный, дошедший до нас представитель класса шестеренчатых античных устройств, называемых оррери (orrery). Оррери могут варьироваться по конструкции, их объединяет назначение – все они служат механическими моделями Солнечной системы, иллюстрирующими движение планет или позволяющими предсказывать их положение. Античные оррери изготавливали на протяжении последних столетий I тысячелетия до н.э. В темные века европейской истории искусство изготовления оррери было утеряно, их возрождение пришлось на XIV век, увлечение ими сохранялось до конца XVIII века, когда на смену оррери пришли планетарии. Между этими двумя поколениями оррери есть не только конструктивное различие, они различаются и по назначению. В древности в большей мере оно было культовым, а в Эпоху возрождения – научным и образовательным, эти устройства служили астрономическими учебными пособиями до тех пор, пока на смену им не пришли планетарии, сохраняющие популярность вплоть до нашего времени. А в древности, когда не существовало деления между астрономией и астрологией, движение планет связывали с различными явлениями, что естественно с случае лунных и солнечных затмений. Пытались также предугадать по движению планет стихийные бедствия, неурожаи, исходы войн, успехи военных походов... Поэтому оррери служили инструментами не столько для астрономов, сколько для жрецов-прорицателей. Есть убедительная версия похищения АМ из святилища оракулов-пифий в храме Аполлона в Дельфах.

Первые упоминания об оррери относятся к V веку до н.э, Платон в «Республике» излагает миф о веретене Ананке (Ananke spindle). Ананке – это божество, символизирующее неизбежность судьбы, предопределенность всего сущего свыше, в его распоряжении вращающийся инструмент, приводимый в движение богинями судьбы Мойрами. В трактате Цицерона «О государстве» есть более реалистическое описание оррери, созданных в III веке до н.э. Архимедом. Предполагается, что теоретической основой для АМ стали труды Гиппарха, астронома, механика и математика II века до н. э., часто называемого величайшим астрономом античности, но о том, кто бы мог быть механиком-создателем АМ, ничего не известно.

Кто был этот гений, который смог переложить в механику достижения астрономов, основанные на наблюдениях за Солнцем, Луной и известными в ту пору планетами? Безвестный мастер сделал колоссальный прорыв в механике – он использовал шестеренчатый привод, изобретенный Архимедом для водяных мельниц, но не для передачи крутящего момента, а для реализации алгоритмов движения небесных тел. Много позже шестерни станут основой для счетных механизмов.

Простейшие по современным представлениям шестерни имели зубья в виде равнобедренных треугольников, в механизме АМ использовался принцип шпоночного паза (pin-and-slot) и дифференциальный механизм, применяемый в транспортных машинах для разветвления потока мощности от двигателя на два между колесами. Дифференциал позволяет внутреннему и внешнему колесу на поворотах вращаться с разной угловой скоростью. В первых автомобилях его не было, поэтому они так смешно прыгают на кадрах старой кинохроники. По качеству механики АМ не уступает счетным устройствам XVII века.

## Гномоны и посохи

До середины XX века в науке для расчетов использовались исключительно аналоговые устройства. Первые были в большей мере измерительными, предназначенными для астрономических наблюдений, чем счетными устройствами. Все началось с гномона, прямого родственника обычного шеста. Египетские жрецы превратили шест в астрономический прибор, применяемый ими для предсказания даты наступления разлива Нила. Знание этой даты было критичным для выбора момента начала сева зерновых. Жрецы поняли, что разлив реки происходит в строго определенное время в году, и им удалось связать эту дату с результатами астрономических наблюдений, а далее сначала создать календарь, а потом перейти к наблюдению за движением Луны и планет, к составлению звездных каталогов. В Китае о гномоне известно с 2300 года до н.э., там он тоже служил схожим прикладным целям.

Гномон делает инструментом то, что по его известной длине и по измеренной длине отбрасываемой им тени можно найти угловую высоту Солнца над горизонтом. К тому же он позволяет определить астрономический полдень и направление на географический полюс. Чем выше гномон, тем точнее измерение, поэтому по повелению фараонов строили грандиозные гномоны, из сугубо утилитарных они превращались в культовые сооружения, приобретали символическую ценность. Известно, что из Египта в Рим был вывезен гномон-obelisk высотой около 40 метров, его установили на Марсовом поле и его никогда не использовали по назначению. Всего в современном Риме стоит 13 таких трофеев, они стали образцом для бесчисленных мемориальных обелисков, не имеющих прикладного смысла. Самый высокий обелиск в мире Монумент Вашингтону (высотой 169 метров и массой 91 тыс. тонн).

Для повышения точности определения длины и направления тени гномона применялись различные дополнительные приспособления – диафрагмы с отверстием или шары небольшого диаметра. Тем не менее точность гномона относительно невелика, так как угловой диаметр Солнца приблизительно равен половине градуса.

Пользуясь гномоном и наблюдая за Сириусом, жрецам удалось создать древнеегипетский календарь, согласно которому год равнялся 365 суткам. Принято считать, что в научный оборот гномон ввел древнегреческий философ и астроном Анаксимандр Милетский. Самым выдающимся применением гномона стало вычисление окружности Земли, сделанные Эратосфеном Киренским за 200 лет до нашей эры. Он обратил внимание на то, что в период летнего солнцестояния в городе Сиене гномон тени не дает, а на расстоянии 1000 километров на юг, в Александрии тень есть. Исходя из того, что лучи солнца параллельны и учитывая длину тени, он смог вычислить угловую разницу между двумя городами и длину окружности.

Для определения угловых показателей звезд, не отбрасывающих тени, использовали разного рода визиры, вариации на тему гномона. Наиболее известен астрономический посох, еще называемый посохом Якова или поперечным жезлом за его крестообразную конструкцию. Посох используется для определения широты посредством измерения высоты Полярной звезды или Солнца. По легендам его происхождение связывают с библейским патриархом Иаковом или утверждают, что корни инструмента восходят к Халдеям, к V веку до н. э. Есть мнения, что китайский ученый Шэнь Ко в XI веке в эпоху империи Сун описал посох Якова в своем труде «Записки о ручье снов», и что он еще известен как ясти-янтра в индийской астрономии с XII века. Однако достоверно посох описан в начале XIV века еврейским математиком Бенном Гершомом, в эпоху Возрождения инструмент неоднократно усовершенствовался.

Трикветрум тоже схож с посохом, он применялся для измерения зенитных расстояний небесных светил и параллакса Луны. Применение трикветрума было описано Птолемеем в «Альмагесте» во II веке до н.э. и Коперником в книге «О вращении небесных сфер» в 1543 году. Состоял он из трёх шарнирно соединённых стержней, образующих равнобедренный тре-

угольник, у которого угол при вершине мог изменяться в соответствии с измеряемым зенитным расстоянием. Мерой угла служила длина стержня с нанесенными на него делениями, находившегося в основании треугольника. Триветрум использовался при астрономических наблюдениях вплоть до XVI века.

## Астролябия, квадрант и секстант

Группу инструментов, близких по принципу устройства, образуют астролябия, квадрант и секстант.

### Астролябия

Кто не помнит, как на старгородском рынке Остап Бендер зазывно кричал: «Кому астролябию?! Дешево продается астролябия!» Вместе с этими несколькими словами Великого Комбинатора в умы многих поколений вошло ироническое отношение к этому интереснейшему предмету. На самом деле астролябия – один из старейших и богатый по своим возможностям астрономический инструмент, он оставался актуальным почти 2 тысячи лет! Его название в переводе с древнегреческого романтично – «берущая звезды», в ее основе лежит принцип стереографической проекции, суть которого в переносе трехмерного объекта на плоскость. В случае с астролябией объекты шарообразной сферы окружающего космоса (звезды, планеты) «берутся» и переносятся на плоский круг.

В исходном виде античная астролябия представляет собой бронзовый диск с начерченными на нем линиями, с разного рода насечками и отверстиями. Со временем конструкция совершенствовалась, несмотря на свою кажущуюся примитивность в X веке насчитывали до 1000 приложений астролябии, причем не только астрономических, но и астрологических и религиозных.

Астролябия является объединением планисферы, то есть изображения небесной сферы на плоскости и диоптра – простейшего устройства для установки направления на объект. Основой для классической астролябии служит диск с нанесенным на него лимбом, это многозначное слово в данном случае означает круговую шкалу, оцифрованную в градусах и в часах. На него накладывается другой диск, называемый тимпаном (не путать с ударным музыкальным инструментом) с нанесенными на поверхность точками и линиями небесной сферы в стереографической проекции. Тимпан несет на себе астрономические данные, на него накладывается круглая фигурная решетка-диоптр, служащая для наведения. На ней стрелками указано расположение самых ярких звезд и нанесен зодиакальный круг со шкалой, показывающей годовое движение Солнца по эклиптике. Все компоненты астролябии собраны на одной оси, а с тыльной стороны крепится визирная линейка-диоптр, на эту сторону нанесена круговая градусная шкала, по которой производятся визирные отсчеты.

Дата изобретения астролябии неизвестна, но известно, что превратил ее в научный инструмент Аполлоний Пергский, живший в III веке до н.э. великий математик античности, уступающему по своим заслугам только Евклиду и Архимеду. Он смог превратить астролябию из инструмента для наблюдения в аналоговый компьютер, адаптированный для решения некоторых астрономических задач. В позднеэллинистический период Птолемей сделал значительную часть своих открытий с использованием астролябии. В работах Теона Александрийского, отредактировавшего «Начала» Евклида, описано несколько методов применений астролябии. Нам он известен как отец и учитель великой мученицы Гипатии, одной из немногих женщин философов и математиков античности, она тоже активно занималась конструированием астролябий. В историю Гипатия вошла как общественный деятель, зверски убитый толпой в 415 году.

Астролябию совершенствовали и в Византии, Иоанну Филопону, философу механику и физику, жившему в VII веке, принадлежит один из наиболее ранних дошедших до нас ученых трактатов об астролябии. За свои богословские взгляды он был предан анафеме на Константинопольском соборе и все его работы игнорировались в последующие столетия. Они были

открыты арабами заново и через их посредство оказали влияние на латинский Запад и мыслителей Возрождения.

Начиная с VIII века и последующие 500 лет астролябией занимались арабские математики, они предложили целый ряд усовершенствований и оригинальных конструкций. Среди них сферическая астролябия, в которой возродилась армиллярная сфера – астрономический инструмент, использовавшийся для определения координат небесных светил, ее изобретение приписывают древнегреческому геометру Эратосфену. В XII веке была изобретена линейная астролябия.

Первые астролябии на территории Западной Европы были изготовлены маврами в XI веке в Португалии, одна из них была обнаружена в 1983 году и сейчас хранится в Институте арабского мира в Париже. Но до XIV века европейцы мало что знали об астролябии, англичан познакомил с ней Джеффри Чосер, да-да, тот самый, известный всем как автор «Кентерберийских рассказов». А он, оказывается, не только основоположник английской национальной литературы и литературного английского языка, дерзнувший писать сочинения не на латыни, а на родном языке, но и одаренный математик и астроном. В этом качестве он издал «Трактат об астролябии», ставший первой научной работой на английском, *A Treatise on the Astrolabe* представляет собой вольный перевод с латыни, труда Машаллах ибн Асари, написанного в VIII веке на арабском.

К переходу астролябии от мавров к европейцам и включению обучения приемам пользования ею в программы университетов причастен необычный для католической церкви персонаж, все тот же Папа Сильвестр II, известный как поборник перехода на арабские цифры. В начале XV века заметную роль сыграл француз Франсуа Фусори, выдающийся механик и математик, он стал основателем серийного производства солнечных часов и астрономических инструментов. Из выпущенных им астролябий до нашего времени дошло 13.

Свой вклад в распространении астролябий сделал Иоганн Штефлер, немецкий священник, математик, астроном, астролог. Он известен своим ошибочным предсказанием всемирного потопа в 1499 году, что не помешало ему спустя несколько лет возглавить кафедру математики и астрономии в Тюбингенском университете, а со временем стать его ректором. Среди его творений астрономические глобусы, один из них в настоящее время хранится в национальном музее в Нюрнберга и «Руководство по изготовлению и использованию астролябий», которое выдержало множество изданий. Именем Штефлера назван лунный кратер.

На этом потенциал развития астролябий был исчерпан, их производили в массовом количестве, и они стали обычным научным и учебным инструментом. По популярности ее превзошла только логарифмическая линейка.

## **Морская астролябия, квадрант и секстант**

Арабы использовали астролябию для определения широты в своих сухопутных путешествиях по пустыням, а в Эпоху великих географических открытий европейцы адаптировали ее для океанских плаваний. Так появился вариант астролябии, названной морской, им пользовались Христофор Колумб, Бартоломеу Диаш и другие первооткрыватели новых земель. С ее помощью они вычисляли только широту, но и это было немало. Центром производства морских астролябий стала Португалия, одна из главных морских держав Эпохи Возрождения, в этом смысле ее можно назвать предшественницей Силиконовой долины. Морские астролябии оставались в пользовании до конца XVII, до тех пор, пока их не сменили более удобные для морских приложений и более точные квадранты и секстанты.

Название этих приборов, являющихся сегментами от астролябии, отражает их конструкцию, если в основе прибора четверть градуированного круга – тогда это квадрант, или шестая часть – то секстант. Эти приборы хорошо известны по бесчисленным книгам и фильмам о мор-

ских путешествиях. Квадранты были ручными и стенными, последний был одним из важнейших астрономических инструментов. Точность измерения зависела от его размеров, поэтому их радиус достигал 6—8 метров, самый крупный инструмент с радиусом 40 метров находился обсерватории Улугбека в Самарканде.

Трудами нескольких европейских ученых, прежде всего английского математика и астронома Эдмунда Гюнтера, мобильный квадрант был усовершенствован и превращен из чисто измерительного в аналоговое устройство, способное к вычислениям. Квадрант Гюнтера служил для определения часа дня, азимута солнца, а также для решения других общих задач, том числе для измерения высоты. Его соотечественник математик и землемер Уильям Лейборн (1626—1716) дополнил квадрант дополнительными шкалами, что позволило с его помощью выполнять целый ряд прикладных расчетов, их методику он описал в книге объемом более 200 страниц.

Секстант был изобретен в 1730 году независимо друга от друга английским математиком Джоном Хэдли и американцем Томасом Годфри. Секстант окончательно сместил астрольбию с роли навигационного инструмента, поскольку позволял выполнять более широкий спектр вычислений, необходимый для мореходства. Сегодня при наличии средств космической навигации на морских судах сохраняются секстанты, но они в основном служат для поддержания профессиональных навыков судоводителей.

## Циркуль и сектор

Среди аналоговых устройств для умножения и деления наибольшую известность приобрела логарифмическая линейка, она дожила до 80-х годов XX века, менее известны оставшиеся в анналах истории палочки Непера. Оба устройства были изобретены после открытия логарифмов, позволивших заменить умножение и деление сложением и вычитанием на логарифмической шкале. Им предшествовал прибор, мы его для простоты будем именовать одним из его названий – сектором, к другим мы вернемся ниже. У него длинная, почти вековая история.

Предшественником сектора стал артиллерийский указатель, или квадрант (gunner compass, gunner's quadrant), итальянского математика-самоучки, инженер Никколо Тарталья, жившего в первой половине XVI века в Венецианской республике. Он вошел в историю переводом трудов Архимеда и Евклида, сделавших их доступными европейцам, и собственными работами, прежде всего в баллистике, они стали руководством для пушкарей до XVIII века.

С таким же успехом, как философы-математики называют Аристотеля отцом современных компьютеров, инженеры могли бы приписать эту заслугу Тарталье, его изобретение не гипотетически, а реально служило ровно тому же, что и первый цифровой компьютер. ENIAC предназначался для расчета баллистических таблиц, а сектор Тарталья для выбора параметров выстрела из пушки, необходимых для попадания в цель. К моменту изобретения первого цифрового компьютера пушки снабжались сложными оптическими прицелами и баллистическими таблицами, создание таких таблиц требовало выполнить большое количество вычислений для каждого нового орудия и типа боеприпаса, компьютер был призван оптимизировать расчеты таких таблиц. А XVI веке пушки были простыми отлитыми из бронзы трубами, не было никаких стандартов на стволы и снаряды. Наведение состояло в выборе угла наклона орудия, а количества пороха в зависимости от веса ядра отвешивалось по интуиции. Указатель несколько формализовал этот выбор, он представлял собой циркуль с ногами разной длины, более длинная вставлялась в ствол, вторая оставалась снаружи. К оси был привешен отвес, это несложное сооружение позволяло измерить угол наклона орудия, а сопровождающие таблицы содержали необходимые указания для выбора веса порохового заряда.

То же время отмечено не только войнами с применением пушек, но и активным развитием архитектуры, что потребовало создания новых чертежных инструментов, в том числе усовершенствованных циркулей-измерителей. Наибольшую популярность приобрели две конструкции – уменьшающий циркуль (reduction compass) и пропорциональный делитель (proportional dividers), чаще их объединяют одним названием – пропорциональный компас. Этот инструмент отличается от привычного циркуля-измерителя с двумя ножками, наличием четырех ножек на двух стержнях, сидящих на одной оси. Стержни могут перемещаться относительно оси, что позволяет брать размеры по исходному чертежу одной парой иголок и без подсчетов переносить их на копию в увеличенном или уменьшенном масштабе. Художники-кописты используют такой циркуль по сей день. Пропорциональный делитель был изобретен в конце XVI века венецианцем Фабрицио Морденте.

Стоит удивиться тому, что в названии совершенно разных инструментов используется одно и то же слово compass, что стало источником путаницы, сохраняющейся с тех пор, особенно в текстах на английском. Ни то, ни другое к магнитному компасу, являющемуся простейшим магнитометром, называемому по-русски просто компасом, не имеет никакого отношения.

В русском проще, здесь компас – это указатель направления, он может быть магнитным, но не только, и есть и другие, например, радиокомпас. И есть циркуль – это могут быть различающиеся между собой конструкции, предназначенные для черчения окружностей. В английском совсем не так, здесь слово compass, заимствованное из старофранцузского, более много-

значно. Во французский же оно пришло из латыни и образовано от *com passus*, что значит идти вместе (*com passus*), но почему-то обрело много иных значений, в том числе циркуль. Есть еще английское слов *compasses*, его основное значение ближе к циркулю, но и оно не единственное.

Надо признать, что в серьезных словарях между двумя словами делается различие. *Compass* определяется как магнитное или электронное устройство, указывающее на магнитный или географический полюс, а *compasses* как чертежный или измерительный инструмент с одной или несколькими ножками на одной оси. Но в обыденной жизни второе слово встречается крайне редко.

Дополнительную путницу вносит то, что устройство, которое мы для однозначности будем называть сектором, было изобретено практически одновременно, с разницей несколько лет в Италии, где его называли *compasso*, и в Англии, где его называли *sector*.

Изобретение сектора связывают с двумя именами Томаса Худа и Галилео Галилея, хотя скорее всего, и тот, и другой в своих работах обобщили известный ранее опыт. Худ – математик, живший в Лондоне, опубликовал свою книгу с описанием инструмента, для которого он придумал слово сектор в 1598 году, незадолго до смерти, там же было указано, где его можно приобрести. Дальше продвигать свое изобретение он не смог. Что же касается Галилея, то здесь все не так однозначно. Он рассказывал студентам о своей версии сектора (*del compasso geometrico et militare*), которую он назвал геометрическим и военным указателем, начиная с 1592 года, в 1597 году преподнес экземпляр прибора герцогу Казимо II, а опубликовал описание и инструкцию к нему только в 1640 году. Впрочем, информация о творении Галилея стала известна ранее, в 1606 году благодаря тому, что некто по имени Бальтасар Капра выкрал записки ученого и опубликовал их под своим именем. Состоявшийся суд лишил жулика права на авторство.

В основе вычислительных способностей сектора лежит свойство подобия треугольников, дающее возможность вычислять функции двух переменных. Идея счета состоит в том, что на двух линейках, связанных шарниром (они внешне похожи на циркуль), нанесены шкалы – простые цифры, квадратные, кубические, тригонометрических функций ... На них задаются аргументы, а результатом является расстояние между этими точками, измеренное циркулем измерителем. Но прежде сектор нужно настроить, скажем мы хотим делить на три, тогда мы раздвигаем ножки сектора так, чтобы он выполнял эту функцию. Для этого, берем пару чисел – делимое и делитель, пусть 27 и 3, а далее раздвигаем ножки так, чтобы расстояние было равно 9. Фиксируем угол и можем для получения частного от деления 100 на 30 измерить расстояние между этими точками. Точность такого прибора зависит от качества шкал, выгравированных на металле и от удобства и точности шарнира.

Были разработаны специализированные конструкции сектора с меньшей функциональностью и для простоты без шарнира или же в большей степени адаптированные под определенные задачи, например для артиллерийских или фортификационных приложений. Несмотря на свои ограниченные возможности сектор сыграл заметную роль в то время, когда отсутствие математического образования не позволяло пользоваться вычислением на бумаге или таблицами. Сектор был вытеснен логарифмическими и математическими таблицами в XVIII веке.

## Палочки Непера и их наследники

В XVII веке сложились необходимые и достаточные условия для изобретения новых счетных приборов. У инженеров появилась потребность в средстве для механизации расчетов, прежде всего умножения и деления, и как раз к этому времени сложилась теория логарифмов. В результате возник счетный прибор, называемый Палочками Непера. Несмотря на несерьезное название, он послужил и в астрономии, и в артиллерии, и в других областях. Палочки названа по имени их создателя Джона Непера, шотландского математика и теолога-протестанта. Как теолог Непер известен публикацией в 1593 году толкования Священного Писания на шотландском языке, как большинство ученых в те века он не чужд был астрологии, но будучи еще и инженером, придумал целый ряд машин для обработки земли. Известен Непер еще несколькими «секретными» утопическими изобретениями, среди которых зеркало для поджигания вражеских кораблей, устройство для плавания под водой (акваланг), не пробиваемая пулями повозка (танк), и нечто, напоминающее неуправляемый ракетный снаряд.

Однако для потомков он остался автором палочек и двух книг «Описания удивительной таблицы логарифмов» (*Mirifici logarithmorum canonis descriptio*, 1614) и «Построение удивительной таблицы логарифмов» (*Mirifici logarithmorum canonis constructio*), вышедшей в 1619 году, уже после смерти автора. Оба названных труда представляют интерес скорее для истории математики, а для истории компьютеров существенным является главнейшее и на первый взгляд очень простое технически изобретение шотландского ученого, которое в последующем стали называть палочками (реже костями) Непера. Оно стало вторым после абака в истории человечества практическим приспособлением, облегчающим расчеты.

Видимо, понимая значимость своего изобретения, последний год жизни Непер отдал подготовке к печати завершающего творческий путь трактата – «Рабдология, или Две книги о счете с помощью палочек». В «Рабдологии...» Непер описал способ перемножения чисел посредством особых брусков-палочек с нанесенными на них цифрами, они внешне похожи на кости домино, но с большим числом полей на каждом из них. Идея автоматизации с помощью заранее размеченных палочек явно восходит к одному из древнейших способов умножения, который назвался *gelosia*. Сегодня никто не задумывается о внутренней сложности этого арифметического действия, даже словосочетание «способ умножения» звучит как-то странно, ведь единственный известный большинству алгоритм «в столбик» проходят в первом классе.

Алгоритм *gelosia* по-своему очень изящен, суть его в том, что сомножители записываются справа и сверху от специальной счетной матрицы, состоящей из полей-квадратов, каждый из которых разделен диагональю, а совместно расположенные по диагонали треугольники образуют «косые» строки-столбцы. Итак, сверху и справа записывают сомножители, а промежуточные произведения каждой пары разрядов, от единиц до самого старшего, записывают в квадраты, разделяя внутри каждой единицы и десятки, единицы в нижний треугольник, а десятки – в верхний. При суммировании «по косой» получается результат, его нужно читать сверху вниз и слева направо.

Предложенная Непером идея на первый взгляд очень проста: нужно разрезать таблицу на столбцы и выполнять действия, подбирая нужные палочки в соответствии с составом числа. Естественно, что для «ввода» числа в наборе должно быть больше палочек, цифры могут повторяться. Таким образом, умножение становится тривиальной задачей, но этим потенциал палочек не исчерпывается, с ними можно выполнять и деление, и возведение в степень, и извлечение корня, опираясь на сложение и вычитание логарифмов.

Реализация идеи Непера тоже была несложной, нужно разрезать таблицу на столбцы и выполнять действия, подбирая нужные палочки в соответствии с составом числа. Палочкам Непера суждена была долгая жизнь, они стали прообразом логарифмической линейки, ставшей

классическим инженерным инструментом XIX и XX веков, а в Великобритании вплоть до середины 60-х годов палочки Непера применялись для обучения школьников арифметике.

Через десять лет после опубликования «Рабдологии...» профессор восточных языков Вильгельм Шиккард из Тюбингенского университета изобрел механизм, упрощающий работу с палочками, который был описан им в переписке с Иоганном Кеплером. Как известно, письма были в ту пору единственной формой публикации. Была ли эта машина построена или нет, сейчас сказать сложно, но во всяком случае это была первая математически обоснованная модель калькулятора. Сейчас в Германии воссоздано несколько работоспособных образцов механизма Шиккарда.

Каспар Шотт – немецкий математик и физик смог сделать устройство, адаптированное к приложениям на основе Палочек, названное им *Organum Mathematicum* и описанное им в одноименной книге в 1668 году.

Орган состоит из 9 секций по 24 палочке в каждой:

- Арифметическая – набор традиционных палочек Непера
- Геометрическая – упрощает вычисление геометрических характеристик
- Фортификационная – служит для расчета размеров крепостных сооружений
- Хронологическая – предназначена для вычисления даты Пасхи и других церковных праздников
- Хронографическая – для поддержки солнечных часов
- Астрономическая – содержит данные о продолжительности дня и ночи, время восхода и заката и подобное
- Астрологическая – данные о движении планет и созвездий
- Криптографическая – для кодирования и декодирования текстов с использованием циклических шифров
- Музыкальная – содержит отдельные музыкальные фразы, которые можно сочетать

Как и многие аналогичные устройства Орган широкого распространения не получил, но несколько неавторских экземпляров сохранились и демонстрируются в европейских музеях.

## Логарифмическая линейка

Логарифмическая линейка – рекордсмен по долгожительству в мире вычислений. Еще тридцать-сорок лет назад она была обязательным атрибутом инженерной деятельности. Предпосылкой к созданию стала логарифмическая шкала Гюнтера (Gunter's line of numbers), названная именем Эдмунда Гюнтера, заметившего, что умножение можно заменить сложением логарифмов множителей с использованием логарифмической шкалы. Это можно сделать двумя циркулями-измерителями, измерив ими оба отрезка, соответствующие множителям, а потом сложить на логарифмической шкале и прочесть произведение, способ приближенного умножения быстро распространился по всей Европе. Так был сделан шаг от сектора к линейке.

Создание логарифмической линейки, упрощающей пользование шкалой Гюнтера, связывают с именем английского математика Ульяма Отреда, он предложил конструкцию в виде пары вращающихся дисков (Circle of proportion) в 1630 году. В книге «Круги пропорций», вышедшей в Лондоне в 1632 году, было дано описание круговой логарифмической линейки, в вышедшей через год книге «Дополнение к использованию инструмента, называемого «Кругами пропорций»» описана прямоугольная логарифмическая линейка.

Идея простейшей механизации пользования шкалой Гюнтера, видимо, витала в воздухе, потому что приоритет Отреда оспаривали несколько человек, а том числе и учитель Ричард Деламейн. Весьма показательная ситуация, неоднократно повторявшаяся в истории компьютеринга.

Линейка постоянно совершенствовалась, а когда за нее взялся Джеймс Уатт, более известный как изобретатель паровой машины и автоматического регулятора, она приобрела вид близкий к тому, в котором она просуществовала почти три века. Единственное радикальное дополнение в ее конструкцию внес французский артиллерист Амадей Манхейм в 1850 году. Что же касается конкретных исполнений, то линейка дала колоссальный простор для творчества.

Производство линеек прекратилось только во второй половине 70-х годов, количество же выпущенных измеряется сотнями миллионов штук. Материалом для них служило дерево, пластик, дерево, покрытое пластиком, различные металлы. Подавляющее большинство составляли классические прямоугольные конструкции, гораздо меньше круглых и цилиндрических, есть и экзотические экземпляры в том числе с электрическим приводом. Обычно размер линейки находился в пределах от 5 до 50 сантиметров, хотя были и большие настенные демонстрационные, предназначенные для учебных целей. Сегодня линейки стали предметом коллекционирования, наиболее крупные коллекции насчитывают сотни экспонатов. В 2005 году в Стэнфордском университете, одном из ведущих мировых центров компьютерной науки прошла мемориальная выставка с символическим названием «Взлет и падение логарифмической линейки: 350 лет математического калькулятора». Она подытожила долгую жизнь этого несложного, но бывшего столь необходимым человечеству инструмента. В экспозиции были представлены фотографии двух конструкторов – Сергея Королева и Вернера фон Брауна, на них и тот, и другой держат в руках линейки, причем одной и той же немецкой фирмы и одной модели.

## Глава 3

### Абак

Абак стал первым цифровым счетным устройством и пребывал в этом качестве несколько тысяч лет до изобретения Паскалем сумматора. Но для начала несколько слов из собственных воспоминаний, связанных с абакком. Мой приятель, работавший геодезистом на прокладке трасс для автомобильных дорог в Афганистане еще до войны, в начале 70-х, по возвращении в Москву поведал строго по секрету об одном эпизоде. К ним в камералку (помещение для камеральной обработки материалов, собранных во время экспедиции) как-то заглянули работавшие по соседству американцы и обнаружили, что русские коллеги вполне успешно справляются с обработкой измерений, используя счеты (углы и высоты нужно только складывать и вычитать). При виде этого архаичного инструмента раздались крики: «Абак! Абак!», восхищению гостей не было предела – они тут же послали гонца в свой лагерь, и он в обмен на одни (!) счеты привез целую упаковку невиданных тогда в СССР электронных калькуляторов.

## Восточный абак

В том что американцы назвали счеты, поразившие их, абакон, нет ничего удивительного, в наше время со словом абак ассоциируются именно такие устройства, состоящие из рамки со спицами и нанизанными на них костями. Это конструктивное решение для абака нашли в Китае, затем его заимствовали в Японии, Корее и России, где оно видоизменилось, превратившись в известные русские счеты. Счеты – это российская национальная торговая марка, которой можно гордиться.

Подобный тип абака вполне можно назвать устройством, которое позволяет механизировать все четыре действия арифметики, решать простые уравнения, возводить в степень и извлекать квадратные и кубические корни. Восточный абак со спицами оказался настолько эффективным, что в 80-е годы можно было обнаружить счеты в любом советском учреждении или магазине, а их аналоги в китайских лавочках, причем не только на родине, но в чайнатаунах по обе стороны Атлантики.

Родоначальником всех абаков восточного типа с их обязательными спицами и косточками является китайский семикосточковый суаньпань, созданный довольно поздно, лишь в XIII столетии, а его первое изображение появилось и вовсе по китайским историческим меркам «недавно», лишь в 1371 году. Эти даты дают основание для гипотезы о том, что абак, в отличие от пороха, бумаги, наборного шрифта и многого иного, изобрели не сами китайцы, его идею в Поднебесную подкинули европейские купцы, не исключено, что сам Марко Поло. В заслугу китайцам можно поставить то, что они подошли к клонированию абака творчески и расширили математические способности прототипа, чем продлили его жизнь на несколько столетий. Им удалось до предела упростить механизм работы с числами в десятичной системе – они справились с проблемой, если так можно сказать, «философского камня» – сложностями переноса и займа в полуавтоматическом режиме, на счетах с ней легко справляется человек. Эта проблема из проблем возникает, когда сумма слагаемых в разряде превышает 9 и нужно перенести 1 на разряд выше, при вычитании обратное – приходится занимать 10 у разряда выше. На протяжении столетий основные усилия создателей всех без исключения механических счетных машин были нацелены на ее преодоление.

## От античных времен до средневековья

Абак в его первородном виде, изобретенный на несколько тысячелетий раньше в Месопотамии и адаптированный европейцами, был намного проще восточного и никак не адаптирован к переносу, поэтому работа на нем оставалась существенно более трудоемкой. В Эпоху Возрождения он не выдержал конкуренции с новыми для того времени методами расчета «на бумажке». Абак исчез из европейской культуры примерно одновременно с началом с книгопечатания и началом распространения массовой грамотности. Оказалось, что владеющему грамотой и привычному к скорописи человеку, абак, не столь совершенный, как суаньпань или русские счеты, не нужен.

Отдельно следует сказать о русских счетах или о «Дощатом счете», как их называли прежде, разработанных в период регентства Елены Глинской (1533—1538). Глинская была дочерью литовского князя и второй женой московского князя Василия III, в отличие от русских женщин, она получила европейское образование, была начитана и знала несколько языков. Среди прочих новаций в ее правление была проведена денежная реформа, объединившая две существовавшие в то время московскую и новгородскую денежные системы. Был введен единый рубль, содержащий 100 копеек, копейка делилась на деньгу  $\frac{1}{2}$  копейки, полушку  $\frac{1}{4}$  копейки и полуполушку  $\frac{1}{8}$ . Для работы с этими мелкими монетами в счеты была введена спица с четырьмя костями (эта особенность конструкции сохранялась до последнего времени, никто не знает почему), а в остальном русские счеты гениальны в своей простоте – на каждой спице по разряду, внутри оси счет по унарной системе. Такая конструкция прекрасно соответствовала запросам не слишком грамотного населения. Все историки, изучавшие абак, подчеркивают совершенство русских счетов и выделяют их в отдельное семейство, ведущее свое происхождение от китайского суаньпаня, но есть борцы за приоритет всего отечественного, эти родства не признают, по их мнению, счеты наряду с паровозом, самолетом и другими машинами являются отечественным изобретением.

В более грамотной и научившейся скорописи Европе возникла конкуренция между счетом «на бумажке» и с использованием абака. Аллегория этого спора представлена на гравюре, размещенной на титульном листе четвертой книги Грегора Рейша «Жемчужина философии» (*Margarita Philosophica*, 1508), посвященной арифметике. На ней Богиня Арифметика судит соревнование древнегреческого математика и язычника Пифагора с римским христианским теологом Боэцием. Пифагор считает на абаке (странно, не на греческом, а на немецком, да к тому же адаптированном под римские цифры!), а Боэций делает то же на бумаге. Соревнование условное, конкурентов разделяет временная дистанция более 1000 лет.

В 1814 модернизированный китайцами абак в форме русских счетов вернулся в Европу вместе русскими войсками, вступившими в Париж, им восхитились, но такой популярности, как на Востоке, он не обрел. А вот в шестидесятые годы прошлого века американский педагог Тим Кранмер изобрел и успешно внедрил использование суаньпаня для обучения арифметике людей, не имеющих зрения.

Однако вернемся к протоабаку, его корни обнаруживаются в Месопотамии, где нашелся кто-то заметивший, как упростить выполнение действия сложения и вычитания над числами, представленными в десятичной или шестнадцатеричной системе счисления. Оказывается, для упрощения счета можно выкладывать глиняные жетоны с обозначениями вдоль линий, прочерченных на песке и, перемещать их определенным образом. Связь с песком подтверждается греческим словом абак, пришедшим из финикийского, где «абк» означает песок или чертить на песке. Греки внесли усовершенствование, они использовали особые ящики, заполненные песком, их называли песчаными абаками. Историк Геродот, живший в V веке до н.э., указывал на египетское происхождение абака. Позже в Греции устройство абака сводилось к доске с

нанесенными на нее желобками, пользователь абак перемещал фишки между эти желобками. Этот абак был всего лишь вспомогательным средством, не случайно его еще называли счетной доской.

Первой найденной счетной доской стала Саламинская Скрижаль (Salamis Tablet) – мраморная доска, найденная в 1846 году на греческом острове Саламин. Ее размер 150 × 75 × 4,5 см. Доска не сразу была признана счетной, поначалу ее рассматривали как поле для некоторой игры. Сложности в определении ее предназначения были связаны с тем, что в Греции до III века до н. э. преимущественно использовали аттическую, или старогреческую систему счисления, ее сменила ионийская, или новогреческая. Это непозиционная система счисления с алфавитной нумерацией, где цифры записывают буквами греческого алфавита. Для счета на греческой доске приходилось использовать фишки разного достоинства с нанесенными на них буквами. На известной Вазе Дария, произведенной IV веке до н.э., в греческом городе Таранто, среди прочих есть фрагмент, на котором изображен сборщик налогов, использующий счетную доску. Символы на ней похожи на символы, обнаруженные на Саламинской Скрижали.

Римляне смогли сделать важный переход от счетной доски к абаку в более близком к нынешнему представлению о нем. Они заменили архаичную греческую систему на более удобную римскую, уже десятичную, но еще не позиционную. Благодаря этому громоздкие каменные или деревянные доски уступили место небольшим бронзовым планшетам, а фишки разного достоинства одинаковым шарикам, но по совершенству этим устройствам, несмотря на внешнюю схожесть, до суаньпана было далеко.

Европейская история абак делится на три периода – античный с III века до н.э. до V века н.э., когда он получил широкое распространения в Греции и в Риме. В Темные века (с VI по X век) в Западной Европе были утеряны многие античные достижения, а том числе и абак. В третий – средневековый с XI по XV век, когда были попытки его возрождения. Несостоявшемуся возвращению на сцену способствовал все тот же Папа Сильвестр II (946 – 1003), успешно сочетавший церковную детальность с научной. Он открыл современникам знания, накопленные в античном и арабском мире, но забытые в Европе после падения Римской империи. Папа Сильвестр использовал арабские цифры и ноль, поэтому мог считать чрезвычайно быстро, за что современники обвиняли его в магии. Но усилий, приложенных им, на возрождение абак не хватило, этот инструмент изредка встречался в Европе до XVI века, когда он окончательно уступил способам с использованием записи, единственный музейный экземпляр сохранился в Страсбургском музее. Нередко с абак связывают итальянского математика Леонардо Фибоначчи, поскольку его основной труд назван «Книга абак» (*Liber Abaci*, 1202), виной тому название его труда. Здесь налицо случай, называемый «ложным другом переводчика». «Книга абак» очень большое и малодоступное для современников рукописное издание (тираж несколько экземпляров), где изложены начала теории чисел, алгебры и геометрии, но в ней нет ни единого слова про абак, а названа книга так, по той причине, что слово абак в XIII века было синонимом математики.

Сохранились документальные свидетельства лишь об одной попытке усовершенствовать абак, ее предпринял в 1616 году англичанин Уильям Пратт. Он изобрел устройство, названное им «Арифметической драгоценностью» (*Arithmetically Jewell*) и описал его в книге, представляющей инструкцию по работе. Это карманного формата планшет, на котором размещена матрица из вращающихся сегментов-полукружий с нанесенными на них цифрами. Вращая их каким-то образом, можно задавать два числа и выполняемое действие. Никакого детального описания этого устройства нет, поэтому остается принять на веру возможность получения таким образом результата.

## Русское чудо

В России же, напротив, конструкция счетов активно совершенствовалась, во второй половине XIX века, на их основе было создано несколько оригинальных устройств, в том числе самосчеты В. Я. Буняковского, изготовленные в единичном экземпляре, они хранятся в Политехническом музее. Самосчеты внешне совсем не похожи на русские счета, но имеют тот же принцип действия, решения, предложенные другими изобретателями также сохраняли связь с традицией. Генерал-майор Ф. М. Свободский изобрел в 1828 году прибор, с дополнительными полями для запоминания промежуточных результатов. А. К. Больман в 1860 году, изготовил счета с 9 косточками, на них можно было возводить в степень, извлекать корни, вычислять сложные проценты в дополнение к четырем действиям. Счета Ф. В. Езерского были дополнены валиками для умножения и деления.

В конце XIX века было сделано множество изобретений, усовершенствовавших классические счета, наиболее успешное принадлежит военному инженеру капитану Юрию Дьякову. Под названием *New Russian Abacus* оно было представлено на Парижской выставке 1878 года. Очень похожий компактный прибор создал американец Джеймс Бассет, он успешно продавался до 1930 года.

Но все же следует признать, что счета отлично подходят для более простых задач, ограниченных двумя действиями – сложение и вычитание. То, как блистательно владели им русские предприниматели, описал А.П. Чехов в рассказе «Репетитор», где купец Удодов, решив задачу, с удовлетворением говорит: «И без алгебры решить можно». Но они совсем не годятся для тех инженерных расчетов, где, как минимум, требуются умножение и деление.

## Глава 4

### Основоположники

Недолгий период, длившийся с середины XVII и до начала XVIII века, оказался одним из самых значимых в компьютерной истории. За это время были сделаны те основные изобретения, которые стали фундаментом практически для всех механических счетных устройств на три века вперед. В последующем было сделано множество порой чрезвычайно красивых изобретений, но ничего принципиально нового. В отличие от электроники механика оказалась скупа на новизну. Авторами двух новаций стали Блез Паскаль и Клод Перро, они предложили разные конструкции устройств, механизующих сложение и вычитание (adding machines), соответственно в 1642 и 1670 годах), а еще двое, Готфрид фон Лейбниц и Джованни Полени, стали авторами машин (multiplication machines), способных к четырем действиям арифметики, соответственно 1672 и 1709.

Паскаль создал первое в истории механическое счетное устройство – Паскалину, состоящую из нескольких десятков шестерен, главное достоинство которого в наличии механизма переноса 1 в старший разряд при сложении и займа 1 при вычитании. Бесчисленное множество изобретателей на протяжении следующих 300 лет пыталось решить эту задачу и только некоторым удалось. Менее известен не уступающий по функциональности, но существенно более простой сумматор Клода Перро, странно названный им рабдологическим абакон, хотя ни к рабдологии – счету на палочках Непера, ни к абакон он отношения не имеет. Судьбы этих двух типов сумматоров заметно различаются. Паскалина вызвала фурор в привилегированных кругах французского общества, ее многократно клонировали в XVIII веке, но никакого практического применения ни она, ни ее копии не получили, однако сохранившиеся экземпляры и реплики занимают почетное место в музеях. Перро описал свое изобретение в одной из своих многочисленных публикаций и после этого о рабдологическом абакон забыли на полтора века. Идеи Перро были возрождены в многочисленных ползунковых, или цепочечных сумматорах, производимых в массовом количестве с середины XIX до середины XX века, к этим конструкциям мы еще вернемся, при этом имя Перро не вспомнили.

Лейбниц и Полени первыми разработали мультипликаторы и считается, что они изобрели новые типы шестерен, каждый свой. Лейбниц – ступенчатое колесо, или барабан (stepped drum), Полени – колесо с переменным числом зубцов (pin wheel), на этих шестернях можно построить полуавтоматические устройства, они позволяют частично механизировать алгоритмы умножения и деления, такие устройства относят к классу semi-direct drive. Что касается Полени, то он действительно изобрел колесо с переменным числом зубцов, но со вкладом Лейбница вопрос сложнее. Колесо, названное его именем, использовалось в большинстве механических калькуляторов, но вот в том, что именно он является автором этого изобретения, полной уверенности нет.

Лишь только в XIX веке были найдены решения альтернативные колесам Полени и Лейбница. Одно из них принадлежит Пафнутию Львовичу Чебышеву. Эти конструкции относят к классу direct drive, они полностью механизуют счет, но оказались слишком сложны для массового производства и большого распространения не получили, в то время как stepped drum и pin wheel стали основой для массового производства арифмометров на протяжении более, чем ста лет.

И еще нужно упомянуть два имени – это Жан Фернель, изобретенный им педометр стал первым цифровым устройством и его можно рассматривать как предтечу будущих машин Паскаля, Лейбница и Полени. Особое место в истории занял Вильгельм Шиккард с машиной, о которой нам известно лишь на основании косвенной информации. В хронологической послед-

довательности отцы основатели выстраиваются следующим образом: Фернель, Шиккард, Паскаль, Перро, Лейбниц и Полени.

## Педометр Фернеля

С древности расстояния между городами измеряли цепями, шнурами и землемерными циркулями. Позже Греции, Римской империи и в Китае для измерения расстояния стали использовать специальные приборы, сегодня мы их называем одометрами от греческих слов дорога и мера. Одометр – один из самых древних доживших до нашего времени приборов, еще недавно автомобильные одометры были механическими. Принято считать, что первый одометр изобрел Герон Александрийский, он представлял собой тележку-двуколку с колесами диаметр, которых был выбран таким, что бы они совершали ровно 400 оборотов на один пройденный греческий миллиатрий, равный 1598 метрам, римский миллиатрий меньше –1482 метра. От колесной оси посредством зубчатой передачи вращение передавалось в примитивный индикатор пройденного пути, он периодически сбрасывал камешки из бункера в специальный лоток, камешки копились и в конце пути оставалось подсчитать их количество. Дополненное аналоговым счетчиком это устройство просуществовало до XXI века, еще недавно в автомобилях спидометр и одометр были связаны с колесами через трансмиссию посредством вращающегося тросика.

Первым же цифровым прибором стал близкий одометру шагомер или педометр (от латинского *pedis* – нога), он считал не непрерывную величину, выраженную в миллитариях, а дискретную – количество шагов. Воплощенная в нем идея механического счета в последующем стимулировала создание других счетных устройств, в этом, например, признался Лейбниц, сославшись на работу Фернеля в описании своей машины.

Изобретение педометра приписывают Леонардо да Винчи, действительно эскиз похожего прибора был найден в Атлантическом кодексе (Напомним, этот кодекс не имеет ничего общего ни с уголовным, ни с гражданским кодексами, так называли рабочие альбомы художника.). Действующую модель педометра, прообраза современного шагомера, в 1525 году изобрел Жан Фернель, французский математик, астроном и врач. На его счету множество различных изобретений и открытий, он автор слова физиология, ему удалось измерить градус меридиана, на этом фоне педометр лишь малая часть его наследия. Двумя ключевыми компонентами педометра Фернеля были качающийся рычаг, он приводил во вращение систему шестерен прибора, закрепленного под коленом, и, что главное, несложный механизм переноса единицы в старший разряд счетчика – в тот момент, когда колесо младшего разряда счетчика совершало полный оборот на 360 градусов, подталкиваемое зубцом, колесо старшего разряда поворачивалось на 36 градусов. Это идея в последующем была воспроизведена в самых разных вариантах в бесчисленном количестве механических и электромеханических счетчиков, она уступила свое место совсем недавно цифровым приборам. Что касается собственно педометров, то за последующие 500 лет постоянно разрабатывались новые и новые конструкции пока практически все не свелось к приложению в смартфоне.

Прямым наследником педометра является линейный счетчик (*tally counter*), простейшее ручное устройство для последовательного счета «по головам», его можно увидеть в руках экскурсоводов в некоторых странах, они его используют для контроля посадки в автобус.

## Машина Шиккарда

Машина Шиккарда полулегендарна, факт ее физического существования документально не подтвержден, сегодня она воссоздана лишь в том виде, какой она представляется современным реконструкторам. Возрождение машины Шиккарда стало частью компании по воскрешению машины Лейбница, описанной ниже. Совершенно очевидно, что немецким историкам очень хотелось убедить мир в приоритете своего соплеменника Шиккарда перед французом Паскалем.

Сведения об этой машине весьма ограничены, они сводятся к фрагментам из двух писем, адресованных математиком и изобретателем Вильгельмом Шиккардом своему старшему другу Иоганну Кеплеру. Письма содержат несколько общих слов о проекте и упоминание о заказе на изготовление машины, сделанном некоему безымянному часовому мастеру.

Сама по себе история переписки Шиккарда с Кеплером и ее обнаружения прелюбопытна. В 1617 году великий Кеплер, признанный Имперским математиком Великой Римской империи, проезжая через город Тюбнген, посетил местный университет, где свел знакомство с молодым преподавателем, протестантским священником Шиккардом. Заметная разница в возрасте и в социальном положении не помешала этим двоим найти общие интересы и затем вступить, как это было принято, в многолетнюю научную переписку. Всего в двух посланиях Шиккард кратко описал свое изобретение, на этом все. Машина Шиккарда осталась бы в неизвестности, если бы в начале 30-годов XX века существовавшие тогда Баварская академия наук и Немецкий исследовательский союз не решили опубликовать полное эпистолярное наследие Кеплера. И тут выяснилось, что заметная часть архива содержится в собрании документов, купленном по указанию Екатерины II и помещенном на хранение в Пулковскую обсерваторию, где они остались в анналах не востребовавшими полтора столетия. В этом массиве писем в 1935 году немецкие архивисты неожиданно для себя обнаружили два письма Шиккарда, датированные 1623 годом, их заинтересовало содержащееся в письмах описание доселе неизвестной им машины, названной автором «часами для счета». Война прервала эту деятельность, но в 1950 году один из биографов Шиккарда нашел в Земельной библиотеке, расположенной Штутгарте, рисунок, который, как можно предположить, является эскизом машины Шиккарда, предназначенным для мастера. Только в начале шестидесятых удалось собрать отрывочные сведения и было принято решение воссоздать машину в том виде, в каком она представлялась небольшой группе историков и математиков.

В целом утверждениям о реальности машины Шиккарда, к достоверности находок и точности реконструкции следовало бы относиться с осторожностью, никакой научной экспертизы подлинности документов нет и не было, но в большинстве публикаций о машине представляют реплику и говорят о ней как о свершившемся факте.

По мнению реставраторов машина состояла из двух независимых частей – одна предназначалась для выполнения умножения и деления, вторая для сложения и вычитания. Сочетать в одном механизме оба действия научились намного позже, то есть, по сути, это могли быть две разные машины, объединенные в одном конструктивном исполнении. Первая представляла собой еще одну попытку механизировать работу с палочками Непера, вероятно она состояла из цилиндров с нанесенными на внешние поверхностями таблицами умножения, они приводились бы во вращение колесами с десятью зубьями, находящимися в таком зацеплении, что, если правое колесо повернется десять раз, то находящееся слева от него колесо сделает один оборот. Источник столь детальной реконструкции неизвестен, в ее достоверность трудно поверить, тем более, что нет упоминания о решении проблемы переноса. Сумматор же имеет много общего с педометром, в данном случае есть упоминание о решении проблемы переноса, оно содержится в письме Шиккарда: «Я создал способную считать машину, состоящую из одина-

дцати полных и шести неполных шестерен. Вы будете приятно удивлены, когда увидите, как она переносит единицу в старший разряд при сложении и занимает десятку при вычитании».

К несчастью, судьбы автора и его машины сложились трагично, сам Шиккард и вся его семья погибли во время эпидемии холеры, а его труды были забыты за годы Тридцатилетней войны.

## Паскалина

Достоверно и не может быть подвергнуто сомнению то, что первым созданным механическим сумматором была Паскалина Блеза Паскаля, ее называли по-разному: *Pascaline*, *Pascale* или *Pascalene*. Машина оказалась одним из самых хитроумных для своего времени инструментов, к тому же она внешне весьма привлекательна. Эта прелестная француженка украшает целый ряд музейных экспозиций, из 8-ми сохранившихся машин 5 находятся во Франции, по одному экземпляру в США и Германии, один в частной коллекции, что же касается копий, то их не стесняются выставлять даже такие музеи как Лондонский музей науки. Но с практикой счета дело обстоит похуже, что неудивительно, механика, построенная на известных с античных времен архаичных цевочных колесах, не могла соответствовать замыслу.

Цевочным называют такое примитивное цилиндрическое зубчатое колесо, у которого зубья выполнены в виде цилиндрических штифтов с осями, параллельными оси зубчатого колеса. Это самый несовершенный тип зубчатого зацепления, он неплохо работает в грубых мельничных механизмах и даже в башенных часах, но никак не подходит для точного прибора, поскольку зубцы не находятся в постоянном зацеплении и велики люфты. Из-за этого Паскалина была способна лишь на тривиальные арифметические операции, но заслуга Паскаля в том, что ему удалось открыть подход к решению проблемы переноса, поэтому его следует считать отцом сумматоров, за последующие три века было сделано огромное количество усовершенствований, но основной принцип построения шестеренчатых сумматоров, открытый Паскалем, сохранился.

Паскалина, безусловно, самая известная механическая счетная машина прошлого, рассказы о ней обычно начинаются с умилительной пасторальной притчи о любящем сыне, который создал ее из желания облегчить труд своему перегруженному работой отцу, бедному налоговому служащему. Как большинство, и эта история полуправда. Правда то, что отца звали Этьен Паскаль и он действительно в молодости был скромным фискальным чиновником, но проявив талант предпринимателя, смог за считанные годы составить приличное состояние и, как это было принято во Франции, зажить жизнью обеспеченного рантье. В 1626 году, когда Блезу было всего три года, отец, овдовев, ушел от дел, переехал из Оверни в Париж и посвятил себя воспитанию и образованию сына и двоих дочерей.

Блез-сын оправдал отцовские чаяния, он с детства проявил способности вундеркинда, в 16 лет написал эссе о конических сечениях, настолько содержательное, что современники не могли поверить в его авторство, сам Рене Декарт высказал подозрение, сочтя Этьена Паскаля подлинным автором. Но Блез успешно опроверг сомнения оппонентов в его таланте, когда всего за несколько лет обрушил на них мощный творческий поток. Он открыл наличие атмосферного давления, физические законы, связанные с гидравликой, занимался теорией вероятностей из желания понять закономерности азартных игр, был не чужд общественной жизни, став позже одним из организаторов общественного транспорта в Париже.

Мало кто знает, что Паскаль не избежал и свойственных своему времени заблуждений, посягнув на создание вечного двигателя, но в отличие от безумцев, бесплодно тративших на это бесперспективное дело свою жизнь, он оказался умнее и рациональнее, попутно разработал ту самую рулетку, которая остается главным атрибутом всей современной игровой индустрии. В ней удалось объединить вращающееся колесо с азартной итальянской игрой *Viribi*, представлявшей собой нечто подобное лото. Можно только удивляться что ни в Монте-Карло, ни в Лас-Вегасе нет памятника Паскалю и трудно представить какими могли бы быть патентные отчисления.

Паскаль был чрезвычайно религиозен, незадолго до кончины он написал трактат «Мысли о религии и других предметах» (*Pensées sur la religion et sur quelques autres sujets*), где наряду

с апологетикой христианства и защитой его от критики со стороны атеизма, он описал и Паскалину.

Кто знает, изобрел бы он ее, если бы не начавшаяся война, позже названная Тридцатилетней, которая оказалась косвенным стимулом. Война нарушила семейную идиллию, из-за разразившейся финансовой катастрофы правительство перестало платить по займам и в результате Паскаль-старший оказался на грани банкротства. Крупные инвесторы, такие как он, стали сопротивляться произволу, чем вызвали гнев всемогущего кардинала Ришелье, которого, вопреки утверждениям Дюма, финансы интересовали больше, чем проделки мушкетеров. Ришелье поначалу обрушил свой гнев на сопротивлявшихся ему рантье, но потом, осознав, что без их участия ему не удастся ничего сделать, он помиловал своих противников, дав при этом некоторым из них высокие должности. Паскаль-старший в 1639 году был назначен налоговым управляющим всей Нормандии и на этом посту он оказался перегружен вычислениями. Юный Блез ассистировал ему и, осознав сыновий долг, в 1642 году будучи девятнадцатилетним решил помочь отцу, механизировав часть его работы.

Появлению Паскалины еще поспособствовали лекции иезуитского монаха и математика Жана Керма (Jan Siegmans, 1602-1648), прослушанные Паскалем в юности. Из них он узнал об арабских методах вычислений с применением волвелл (volvelle) – простых устройств, собранных из наложенных друг на друга концентрических дисков. Волвеллы были изобретены в Древней Греции и представляли собой снабженные шкалами диски разного диаметра, изготовленные из пергамента или бронзы и насаженные на одну ось. Арабы же их усовершенствовали и научились применять волвеллы не только в целях математических вычислений, но и как было принято в те годы для астрологических предсказаний. В Западной Европе волвеллы появились в XII веке, встречаются они и сегодня, но лишь как сувенирные бумажные дисковые калькуляторы-игрушки. Паскаль вложил новую жизнь в заложенную в волвеллы идею и разработал на ее основе механический сумматор. Некоторые немецкие исследователи прослеживают еще и цепочку от Паскаля к Кеплеру. Они утверждают, что через своих преподавателей, знакомых с Кеплером, он мог узнать о машине Шикакрда и эта информация могла повлиять на возникновение замысла о создании собственной машины. Но, как говорил великий Станиславский: «Не верю!»

Впервые описание Паскалины появилось не в собственных трудах Паскаля, а в «Энциклопедии» Дидро. Предназначение устройства отражено в конструкции: оно достаточно неплохо складывает, хуже вычитает, умножать может только в теории. Основная модификация Паскалины была восьмиразрядной (ее младшие разряды приспособлены для оперирования с денье и су), но были и пяти, и десятиразрядные версии для работы только с десятичными цифрами. В базовом варианте первый разряд был двадцатеричным, а второй двенадцатеричным, потому что в те времена французская монетарная система была сложнее современной. Она отчасти повторяла английскую систему, в ливре было 12 денье, как и в фунте – шиллингов, а эти единицы соответственно делились на 20 су или пенсов. Этим сложности денежной системы не исчерпывались. Был еще и инженерный вариант для работы с современными Паскалю мерами длины – с туазами, футами, дюймами и линиями.

Внутри латунной коробочки имелось арифметическое устройство в виде регистра, состоящего из цевочных шестерен с храповиками, обеспечивающими вращение только в одном направлении и, что самое важное, механизм переноса на случай, когда сумма в разряде больше девяти. Этот механизм переноса имеет общее с конструкцией Фернеля. Работа с механическим суммирующим регистром напоминает то, что делается в электронных регистрах, построенных на триггерах. Для сложения нужно:

сбросить предыдущий результат путем вращения барабанов до тех пор, пока в каждом из окошек не появятся нули;

вести последовательно, начиная с младшего разряда, первое слагаемое, специальным стержнем при этом фиксируется положение, соответствующее цифре, а барабан вращается до этого упора;

таким же образом вводится второе слагаемое, и на дисплее можно видеть полученный результат.

Вычитание заметно сложнее, но Паскаль нашел решение, многократно повторенное в будущем – использование дополнительных кодов, то есть вычитание заменяется суммированием с дополнением до ближайшего наибольшего целого. Есть потенциальная возможность выполнить на Паскалине и умножение, и деление, но овчинка явно не стоит выделки.

На протяжении XVIII и XIX веков у Паскаля было несколько преемников, но их машины остались единичными экземплярами. Прогресс механических устройств сдерживался неразвитостью точного приборостроения, отсутствием промышленных стандартов и общей низкой культурой производства. Если в устройстве есть последовательность несовершенных взаимосвязанных шестерен, то на каждой паре значительно теряется крутящий момент, следовательно, в каком-то пределе его не хватит для преодоления трения в очередном узле. Например, когда современными средствами реконструировали таинственное счетное устройство Леонардо да Винчи, то оказалось, что работать оно не сможет: приложив усилие к первому колесу, не удастся, увы, проверить последнее.

Изящность внешности Паскалины скрывала заметные слабости, она страдала от частых сбоев в работе. Паскалину реально можно рассматривать только в качестве сумматора, остальные операции были слишком тяжелы для нее. К тому же стоимость устройства была чрезвычайно высока и непропорциональна его эффективности, поэтому среди современников Паскаля доминировало негативное отношение к его детищу. Невзирая на очевидные недостатки, Паскалина стала сенсацией, сначала она демонстрировалась в рабочем кабинете Паскаля, а затем отец и сын представили машину парижской знати и королевскому двору. Они развернули активную рекламную и деловую компанию, но большого успеха не добились. Машина не нашла спроса, поскольку для людей, связанных с бизнесом, ее приобретение оказалось экономически неоправданным, а имеющие средства аристократы сами свои деньги не считали. В итоге было продано порядка дюжины Паскалин.

В целом к Паскалине судьба отнеслась более благожелательно, чем к другим историческим счетным инструментам – из примерно 50 изготовленных образцов до нашего времени дошло целых восемь. Этому способствовало общественное положение ученого, его близость к королевскому двору, где он в 1645 году получил лицензию на исключительное право производства и продажи счетных машин (своего рода предшественница нынешних патентов). Конечно же, сохранности способствовали небольшие габариты и конструкция сумматора, он представлял собой металлическую коробку размером 36x13x8 см. Стоимость машины составляла примерно 100 ливров, рационально ли ее применение, если это сумма равна годовому бюджету семьи обеспеченного горожанина? Рынка счетных машин еще не было, большая часть из изготовленных машин пошла на дары, преподнесенные европейским королям и королевам в расчете на милость с их стороны.

## Машина Перро

Биография создателя *Abaque Rhabdologique* заслуживает особого внимания. Клод Перро выходец из чрезвычайно состоятельной парижской семьи, он и все его три брата преуспели в жизни, более всех известен младший Шарль, автор нескольких, в том числе серьезных произведений, но обрел он всемирную славу известными всем «Сказками матушки Гусыни» (Золушка, Кот в сапогах, Красная Шапочка, Мальчик-с-пальчик и еще четыре.) Были ли они детскими? Современным детям читают адаптированные версии этих сказок, в оригинале же они чудовищно жестоки и назидательны. Сказки неоднократно переводили на русский и другие языки, насчитывается множество версий, от одной к другой они теряли брутальность и приобретали нынешнее умильное содержание. Впрочем, в этом нет ничего необычного, если мы возьмем русские сказки из классического трехтомника Афанасьева, то убедимся – они совершенно непригодны для детей.

Клод Перро обладал разносторонними способностями и получил прекрасное образование, по окончании университета с дипломом врача почти 20 лет он посвятил медицине, но вдруг неожиданно нашел себя в архитектуре и стал маститым архитектором. На его счету несколько известных парижских сооружений, по большей части не сохранившихся, исключение составляет один спроектированных им фасадов Лувра. В этот период увлечения архитектурой, продолжавшийся с 1665 по 1680 год, он изобрел свой Абак, более точная дата неизвестна.

Его описание появилось только после смерти автора в 1700 году, в небольшой 22-х страничной книжке наряду с описаниями других изобретенных им устройств, в том числе двух машин для подъема и перемещения грузов, водяных часов с маятником и приспособления для управления зеркалом в телескопе.

В оригинале *Abaque Rhabdologique* представлял собой удлиненную металлическую пластину размером 30x12x0,7 см и весом чуть больше килограмма, способную считать до 10 миллионов. На лицевой стороне есть «устройство ввода» – семь прорезей по которым с помощью стержня перемещаются узкие пластинки с выгравированными на них цифрами двух цветов, скажем красного и черного, и два ряда окошек, верхнее для сложения, нижнее для вычитания, в них виден сначала первый введенный операнд, а затем результат. Работа с устройством начинается с ввода первого разряда первого операнда, затем вводятся все остальные. Сложение осуществляется движением линеек вверх поразрядно, далее точно также после вводится второй операнд и таким образом выполняется суммирование в разряде, вычитание отличается движением линеек вниз. Если возникает необходимость в переносе или займе, в окошке результата появляется цифра красного цвета, указывающая на то, что нужно вручную сделать увеличение или уменьшение в старшем разряде. Подробнее об абаке Перро в 11 главе.

## Машина Лейбница

Готфрид Вильгельм фон Лейбниц признан одним из величайших полематов своего времени, предметом его интереса были несколько наук: математика, логика, механика, геология, теология, философия, история, лингвистика и другие. Однако из них всех приоритет он отдавал математике, где достиг абсолютного превосходства, стал чрезвычайно честолюбив, не терпел конкурентов. О Лейбнице как о математике известно очень многое, в том числе и то, что у него есть исследования, напрямую относящиеся к современной информатике. Лейбниц одним из первых европейцев исследовал двоичные числа, он считал их своим открытием, хотя за полторы тысячи лет до этого двоичная система была известна в Индии и Китае. Но не только логика для него была важна, как человек своего времени Лейбниц придавал двоичной записи еще и религиозно-мистическое значение. Семерка в виде 111 представлялась ему символом Троицы, он еще как-то связывал эту запись с семью днями творения. Однако в других рассуждениях Лейбниц был более рационален, он даже приблизился к булевой двоичной логике, соотнося значения «1» и «0» с ответами «да» и «нет».

Наиболее известна многолетняя ожесточенная полемика Лейбница с Ньютоном, предметом спора оставался приоритет в области дифференциального исчисления. Дискуссия вовлекла в свою орбиту почти всех математиков конца XVII – начала XVIII века. Письма служили в ту пору единственным способом доведения до сведения общественности своих результатов, поскольку научных журналов или каких-то иных методов закрепления авторского права в науке не было. Писавшие себя не сдерживали, не случайно происходившее называют «золотым веком диспутов о приоритете в стиле метания грязью». Один показательный пример, Лейбниц 1 февраля 1673 года на заседании Лондонского королевского общества продемонстрировал свою вычислительную машину. Роберт Гук, известный как яростный антагонист Ньютона, исследовал прибор и в отсутствие Лейбница выступил с нелицеприятной критикой машины немецкого ученого, заявив, что он мог бы сделать куда более простую модель. Позже, узнавший об этом Лейбниц, в ответ на этот выпад сформулировал принципы корректного научного поведения.

Библиография трудов Лейбница огромна, многие его рукописи до сих пор не опубликованы, а письма не изучены. На этом фоне машина, о которой идет речь, отнюдь не самое важное в научном наследии Лейбница, не будь ее, историческое значение этой фигуры не изменилось бы. Складывается впечатление, что Лейбницем воспользовались люди, реставрировавшие машину, они явно хотели сыграть на имени великого ученого, наделив машину тем, чего в ней не было и придав ей большее значение, чем она того заслуживает. И надо признать им это великолепно удалось, придуманная ими история машины Лейбница оказалось общепризнанной, а подлинная осталась за кадром. На самом деле ситуация намного сложнее, чем ее обычно представляют, это стало ясно совсем недавно, уже XXI веке были опубликованы исследования альтернативной направленности, обнаруживающие неточности канонизированной версии. В этих исследованиях отмечается, что в конце XIX века усилиями группы энтузиастов произошло явление, которое называют «преобразование истории» (transmission history), по-русски можно сказать точнее – фальсификация истории. Такого рода стремление заменить объективную историю желаемой отнюдь не редкость, обычно оно случается, когда появляются мощные силы, заинтересованные в более выгодной им трактовке прошлого. В наше время за примерами такого рода далеко ходить не приходится.

Из навязанной трактовки следует, что Лейбниц сделал важнейший шаг в эволюции механических счетных машин – утверждается, что он изобрел ступенчатую шестерню (step reckoner, или, как его чаще называют, Leibniz wheel), хотя нет каких-либо документов, достоверно подтверждающих этот факт, ни одного рисунка, но эта версия без критики была принята

общественностью под давлением груза научного авторитета Лейбница. Для большинства естественно – раз он так велик и так много сделал, то мог сделать и эту мелочь. Вплоть до последних лет никто не ставил роль Лейбница в этом узком вопросе под сомнение.

Действительно шестерня, названная именем Лейбница, наряду с колесом с переменным числом зубцов (pin wheel), о которой речь пойдет ниже, стала фундаментальной основой для огромного числа механических счетных машин вплоть до 70-х годов XX века. Вопрос в том, кто ее изобрел? Кажущаяся нам более верной альтернативная версия строится на том, что идея витала в воздухе, так бывает со многими изобретениями, наступает момент и кто-то патентует ее и оказывается первым. В данном случае внедрил ступенчатую шестерню в 1820 году и запатентовал ее француз Шарль Томас (Тома), а имя Лейбница к ней прицепили лишь в 1879 более чем через полвека известными своим ревностным отношением к делу борцы за приоритет всего немецкого. Их опыт доказательства несуществующего был использован в СССР в годы сталинского режима. Культ Лейбница создавался по двум причинам. Первая – политическая, после объединения Германии в 1871 году немецкие историки активно принялись за восстановление «исторической правды», нужной им для укрепления позиции науки в зарождающейся новой государственности. Вторая – чисто практическая, в эти годы немецкие промышленники стремились занять лидирующие позиции в деле индустриализации производства арифмометров, что им удалось, спору нет, и такая трактовка истории была выгодна их бизнесу.

Однако вернемся к Лейбницу. Родившийся в 1646 году в профессорской семье с богатыми образовательными традициями, он рано лишился отца, оставившего ему хорошую библиотеку, его домашним образованием занималась мать, отличавшаяся редкими по тем временам либеральными взглядами. Под ее влиянием ребенок рос без строгих ограничений, он мог читать что угодно, увлекаться чем угодно, что нетипично для XVII века с его строгими нормативами.

Талант в сочетании со свободой способствовали раннему самостоятельному развитию и быстрому становлению как ученого. В 15 лет Лейбниц поступил в университет и в 20 его закончил, написав блестящую диссертацию. Юный возраст диссертанта вызвал сомнение в умах консервативно настроенных ученых, поэтому отнюдь не сразу, с преодолением ряда препятствий ему предложили место профессора, от которого, однако, Лейбниц отказался, предпочтя дипломатическую карьеру, приведшую его в Париж. Но на дипломатическом поприще Лейбниц к карьере не стремился, зато двухлетнее пребывание в тогдашней математической столице Европы позволило ему войти в круг наиболее компетентных коллег и стать одним из наиболее видных математиков того времени. Особое значение имело сотрудничество с Кристианом Гюйгенсом, умело сочетавшим математические знания с практическими исследованиями в области механики. В частности, Гюйгенс развил изобретение Хенлейна, который часовой спиралью заменил гири, Гюйгенс пошел дальше, сделав часы с вращающимся маятником, имевшие погрешность менее одной минуты в сутки, такая точность была достигнута впервые, им же была изобретена система «баланс-спираль», позволявшая создавать хронометры.

Что же касается машины, для начала изложим немецкую версию, ставшую канонической. Непосредственным стимулом к ее созданию оказалось описание Паскалина, обнаруженное Лейбницем в трактате «Мысли...» Блеза Паскаля, но он решил пойти «иным путем», ключевым элементом в его машине стала не имеющая аналогов изобретенная им ступенчатая шестерня, ее еще называют барабаном. Такая шестерня представляет собой цилиндр, внешняя поверхность которого разделена на 10 полос, на 9-й из них есть по зубцу, по длине они соответствуют цифрам от 1 до 9, а полоса без зубца соответствует 0. На выбор конструкции ушло минимальное время и уже в 1673 году Лейбниц смог продемонстрировать деревянный макет будущей «арифметической машины» Лондонскому королевскому обществу. Однако в ней таких шестерней не было, по сути, она осталась усовершенствованной Паскалиной. Технологические сложности в ту пору были так велики, что на переход от макета к работающей

машине ушло почти полвека. За это время было создано несколько вариантов, известно о трех поколениях конструкции, на изготовление первого латунного прототипа ушло более 10 лет, с 1674 по 1685 год, на второй вариант немного меньше, он строился в период между 1686 и 1694 годами, создание третьего началось в 1690 и продолжалось почти 30 лет, он достраивался после смерти Лейбница. Последняя версия дошла до наших дней, сейчас она хранится в Национальной библиотеке земли Нижняя Саксония, в Ганновере. Путь в музей оказался непрост, после кончины Лейбница машину передали в Геттингенский университет, где она пролежала забытой до 1876 году, когда ее нашли при ремонте здания. Почти 20 лет она оставалась никому нужной пока в 1894 году на нее не обратил внимание Артур Буркхардт, владелец крупной компании, специализировавшейся на производстве арифмометров под торговой маркой Saxonia, где использовалась шестерня Лейбница. Он реставрировал машину и передал в нынешнее место хранения.

Увы, как бы убедительно эта канонизированная версия ни выглядела, при ближайшем рассмотрении история создания машины выглядит несколько иначе. Прежде всего Лейбниц утверждал, что вовсе не труд Паскаля стал импульсом к созданию машины. По его словам, пойдя по стопам своего старшего друга и наставника Гюйгенса, сочетавшего механику с математикой, в 1672 году в возрасте 26 лет Лейбниц самостоятельно пришел к мысли о создании счетной машины. Случившееся он описал в 1685 году: «Впервые увидев инструмент, автоматически сохранявший число сделанных шагов (описанный выше педометр Фернеля, вот оно начало!), я задумался о возможности распространить этот подход на арифметические операции. Я подумал, если можно механизировать последовательный счет, то почему нельзя подобным образом механизировать операции сложения, вычитания, умножения и деления. К этому я пришел самостоятельно, не зная о существовании машины Паскаля (!), о ней вообще мало кто знал, но потом я нашел упоминание о машине в его трудах и попросил моих друзей помочь мне познакомиться с ней поближе. От них я узнал, что Паскалина справляется только со сложением и вычитанием, но два других действия выполнять на ней затруднительно».

Под этим впечатлением Лейбниц пришел к выводу о необходимости создания более универсальной машины, способной выполнять все четыре действия, такие машины принято называть по-английски *four-species calculating machine* по аналогии с *four-wheel drive*, так именуют автомобили с приводом на все 4 колеса.

К тому же Лейбниц занялся проектированием машины, скажем так, из высших соображений, а совсем не практических, как в свое время Паскаль. Вот суть этих его рассуждений: «Если смертный человек может наделить латунную конструкции способностью считать, то значит подобным образом Бог способен наделить духом тела животных и человека и таким образом вдохнуть в них жизнь. Значит калькулятор служит еще одним доказательством существования Бога». Он наделял достаточно тривиальное устройство, состоящее из шестерен и рычагов, неким сакральным смыслом.

Многолетняя Работа Лейбница над машиной разделилась на два периода – первый с 1672 по 1678 год, когда был создан деревянно-металлический макет (его называют младшей машиной), тот самый который был показан в Лондоне. Он был действительно примитивен и вполне заслуженно не произвел серьезного впечатления на Гука, и второй период, с 1690 года до конца его жизни, когда создавалась, так называемая «старшая машина», нет точных данных чем он закончился. После кончины Лейбница работу над машиной продолжил сотрудничавший с ним механик Оливер, мы не знаем это имя или фамилия, но его деятельность завершилась не работоспособным макетом старшей машины.

Первый период достаточно хорошо изучен, есть даже защищенная в 2014 году диссертация, посвященная младшей машине. Из нее и из работ других историков следует, что сделанное Лейбницем за эти 6 лет им все же имеет конструктивное сходство с Паскалиной. Нашелся труд со ссылкой на признание Лейбница, где он говорил о решении построить усовершенствован-

ный вариант, названный Leibnizian Überpascaline, то есть Суперпаскалина Лейбница (Сравним, Übermensch – гипотеза суперчеловека Ницше, доведенная до абсурда немецкими нацистами.).

Однако в сохранившихся бумагах упоминаний о проекте Суперпаскалина нет, как нет и никаких упоминаний о приписываемой Лейбницу ступенчатой шестерне. Скорее всего, Überpascaline представляет собой ни что иное, как дальнейшее развитие Паскалина, но с некоторыми дополнениями и изменениями. Главное, что отличает Суперпаскалина от ее предшественницы – отказ от примитивных цевочных шестерней в пользу более совершенных, зубчатых. Отказ этот стал возможен благодаря тому, что за 30 лет, прошедших с момента изготовления первого экземпляра Паскалина, Гюйгенсом были созданы передачи с зубчатыми шестернями, они оказались намного совершеннее цевочных. То есть Суперпаскалина это практически та же Паскалина, но на зубчатых шестернях, она осталась сумматором, однако более работоспособным. Что же касается умножения и деления, то для решения этой задачи Лейбниц предполагал использовать дополнительный механизм наподобие редуктора с ременной передачей (mechanism with transmission cords), снабженного умножающими колесами (multiplicandae wheels). В нем он предполагал использовать колеса с переменным количеством извлекаемых зубцов (variably extractable teeth), а работу механизма переноса обеспечивали пятиконечные шестерни (pentagonal wheel). В описаниях действительно встречается упоминание о потенциальной возможности использования шестерен с неравными по длине зубцами (wheel with unequal teeth), но лишь как соображение о возможности. В них нет чертежей, где присутствует хотя бы одно изображение хорошо известных в последующем ступенчатых шестерен, тех самых, которые впоследствии стали называть Stepped Reckoner или шестерней Лейбница.

Вплоть до 1764 история машины Лейбница прерывается. В тот год к пятидесятилетию со дня его смерти руководством университета было принято решение реставрировать то, что сохранилось от нее. Однако описаний немного, поэтому мастера из Геттингенского университета с поставленной задачей не справились, на этот раз наследие Лейбница было помещено на чердак, где благополучно пролежало более чем 100 лет под завалами рухнувшей крыши вплоть до его второго открытия 1879, когда начался ремонт здания. Момент для реинкарнации оказался на редкость удачен, после победоносных войн против Австрии, Дании и Франции под руководством Бисмарка в 1870-71 годах состоялось объединение Германии, оно сопровождалась разного рода действиями, нацеленными на возвеличивание немецкого духа, как тут не вспомнить Вагнера, Ницше и других великих германцев. Но искусства и философии оказалось недостаточно, потребовались представители других направлений, поэтому еще одним символом величия немецкого духа стала машина Лейбница, к тому же в ней нуждалось набирающее обороты немецкое точное машиностроение. Теперь можно было сказать, что оно не идет по стопам какого-то «лягушатника» Томаса, изобретшего арифмометр, а следует заветам своего немецкого гения Лейбница.

Инициатором повторного открытия машины Лейбница стал Рудольф Герке, профессор Технического университета в Ганновере, руководитель научной организации Deutscher Geometerverein, ставившей своей целью способствовать исследованиям посредством распространения научных и практического опыта. Начиная с 1880 года он написал ряд статей исторической и аналитической направленности, популяризирующих машину Лейбница. В 1904 году университет передал машину в компанию Arthur Burkhardt Company с просьбой проанализировать ее устройство и реставрировать. Первоначальный ответ носил скептический характер, он гласил, что в целом устройство работоспособно, но механизм переноса не эффективен, поэтому оно может иметь ограниченное применение и использовано лишь для сложения и вычитания. Но в последующем, очевидно в интересах своего бизнеса, Буркхард смягчил свою критическую позицию и стал одним из главных проponentов формирующегося культа Лейбница. К середине 20-годов процесс переписывания истории захватил широкие круги, в разных

местах создавались «реплики» машины Лейбница, имеющие мало общего с оригиналом, а термин Stepped Reckoner превратился в ее синоним.

О том насколько переписанная история может вытеснить историческую правду можно судить по тому, что написал Стивен Вольфрам, автор системы компьютерной алгебры Mathematica и системы извлечения знаний WolframAlpha, в статье «Погружаясь в наследие Лейбница» (Dropping In on Gottfried Leibniz). В ней он утверждает, кстати, что на создание машины Лейбниц потратил около миллиона долларов по современному курсу. В одном месте мы встречаем: «... к сожалению Лейбницу не удалось сделать калькулятор надежным – далеко не всегда он выдавал правильный результат. Как и большинство подобных механизмов того времени калькулятор представлял собой лишь изрядно приукрашенный педометр». А через несколько абзацев: «Когда я посетил его архив – я не мог не спросить кураторов о том, что же случилось с этим калькулятором. «Хм, мы можем Вам показать его» – был ответ. Калькулятор стоял на одной из многочисленных полок в подвале и выглядел совершенно новым». Это был изготовленный с использованием современных технологий новодел.

## Машина Полени

В отличие от Паскаля и Лейбница в русскоязычной литературе имя Джованни Полени, астронома, математика и изобретателя нескольких интересных машин практически не встречается. Джованни родился в 1683 году в знатной венецианской семье, его отец маркиз Джокко Полени. Он учился в Падуанском университете, главном образовательном центре Венецианской республики, одном из старейших университетов, открытом в 1222 году. В 1709 году Полени для получения должности в университете, как это было принято в те годы, опубликовал свой первый тракт «Разное» (*Miscellanea: de barometris et thermometris de machina quadam arithmetica*)

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.