



№4 - 1998

## МАШИНА МЯТЕЖНОГО ПРОФЕССОРА

7 мая 1673 года «куратор экспериментов» Лондонского королевского общества Роберт Гук выступил перед членами общества с докладом о способах механизации счетных операций. Со свойственной ему проницательностью Гук верно подметил те недостатки суммирующих машин, с которыми на протяжении двух следующих столетий с разной степенью успеха будут бороться изобретатели, и пришел к заключению о превосходстве письменного способа вычислений над машинным.

«Лучший способ сложения и вычитания заключается в записи чисел на бумаге и выполнении над ними действий обычной арифметики; обе части операции выполняются при этом быстрее и значительно надежнее, чем с помощью какого-либо инструмента; во-первых, запись чисел на бумаге требует вполтину меньше времени, чем при установке их на любом из известных инструментов; во-вторых, числа, постоянно оставаясь в поле зрения, могут быть быстро сложены и вычтены, а их сумма или остаток записаны; если же при вычислениях будет допущена какая-то ошибка, то их сейчас же можно будет повторить, что займет не более четверти усилий, которые тратятся на выполнение всей операции, в то время как при использовании инструмента для проверки результата потребуется повторить всю операцию полностью (т. е. установить числа и выполнить вычисления); человек в большей степени подвержен ошибкам при установке чисел посредством ключей, чем при записи цифр, выражающих это число. Следовательно, для облегчения выполнения этих арифметических операций инструмент не имеет большого значения, так как в лучшем случае он сокращает время обычного счета».

Примерно через полвека некоторые из названных Гуком недостатков счетных машин попытался преодолеть другой член Лондонского королевского общества немецкий математик, физик и астроном Христиан Людвиг Герстен.

О жизни этого ученого известно немного. Он родился в феврале 1701 года в Гессене, главном городе графства Гессен-Дармштадт. 32 лет от роду он был назначен профессором Гессенского университета, но вскоре вынужден был оставить должность и родные края: будучи втянутым в судебный процесс, он потерял не только большую часть своего состояния, но и лишился значительной части профессорского жалования, и поэтому решил поискать счастья в других краях. Он пытался найти работу в различных университетах Европы, добрался даже до Санкт-Петербурга. Но все его попытки оказались неудачными; вероятно, причиной тому был упрямый и вспыльчивый характер ученого. Герстен вынужден был вернуться на родину. Доведенный нуждою до отчаяния, он пишет в 1748 году ландграфу столь резкое письмо, что оскорбленный правитель приказывает посадить экс-профессора под домашний арест в один из замков Марксбурга. Здесь Герстен безвыездно живет около двенадцати лет, занимаясь математикой, астрономией, физикой и время от времени публикуя свои труды. Эти публикации приносят Герстену определенную известность в научных кругах Европы; его избирают членом Лондонского Королевского общества.

В 1760 году ландграф освобождает Герстена из-под ареста, определив ему местожительство в Браубахе, где он должен был неотлучно находиться еще в течение года (испытательный срок!). Однако мятежный профессор нарушил приказ и бежал во Франкфурт. Здесь в крайней бедности он умер 13 августа 1762 года.

Наибольшую славу Христиану Людвигу Герстену принесла его арифметическая машина, которую он изобрел в 1723 году, а изготовил двумя годами позднее.

В статье, опубликованной в 1735 году в «Философских трудах Королевского общества», Герстен так пишет об истории своего изобретения: «Первый толчок к рассуждению дала мне заметка Лейбница, которая заставила меня размышлять над тем, каким образом могло быть сконструировано внутреннее устройство машины. Но я был не в состоянии следовать идеям великого человека\*, и поэтому собственные исследования сущности арифметических операций привели меня, в конце концов, к другой конструкции, которую я воплотил в грубой деревянной модели. Я показал ее нескольким покровителям и друзьям, которые посоветовали мне сделать медную модель машины. Но из-за отсутствия мастера, который бы смог воплотить мои идеи, мне пришлось отложить ее изготовление до 1725 года, когда, имея свободное время, я сделал модель для вычислений с семиразрядными числами».

Для того чтобы разобраться в устройстве и принципе действия этой одной из самых сложных суммирующих машин, воспользуемся несколькими рисунками, заимствованными из упомянутой статьи.

На рис. 1 показаны только три младших разряда, обозначенных АА, ВВ, СС, причем разряд единиц АА изображен без верхней крышки и некоторых внешних деталей.

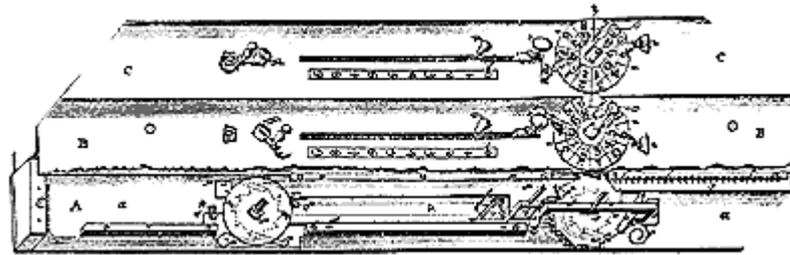


Рис. 1. Три младших разряда АА, ВВ, СС счётной машины Герстена

Механизм каждого разряда содержит две подвижные линейки, храповые и зубчатые колеса и монтируется на медном основании ааа. Первая подвижная линейка ggg, названная автором Оператором, движется в медных боковых желобках iii и qqq. В ее верхней части имеется ряд неподвижных стальных штырьков, а в центре находится выступ D, на котором крепится плата h со штырем. На штырь надевается ручка z, с помощью которой можно перемещать Оператор в желобках.

Вторая подвижная линейка – Определитель (kkk) – скользит в желобках ss и u. В ее верхней части имеется устройство, названное автором «замком» (рис. 2) и предназначенное для фиксации положения Определителя.

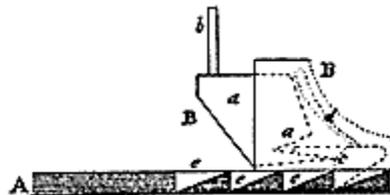


Рис. 2. "Замок" определителя

Делается это следующим образом. В основании ааа нарезано 10 зубьев eee. С ними в зацеплении находится собачка c, поджатая пружиной d. К «ключу» aa замка приварен штырь b, на который насаживается ручка II. Нажимая на ручку, можно вывести собачку из зацепления и затем сместить Определитель вдоль машины. Его положение определяет расстояние, на которое Оператор может быть сдвинут влево. Если сместить Определитель

так, чтобы собачка оказалась в зацеплении с  $i$ -м зубом, то Оператор можно будет сдвинуть влево на шаг  $i - 1$ .

В правой части машины в каждом разряде находится механизм, представляющий собой «сэндвич», который состоит из двух храповых и одного зубчатого колеса (см. рис. 1). Сверху находится десятизубое храповое колесо  $a$  с собачкой  $г$ , поджатой пружиной  $t$ . Под ним располагается второе храповое колесо  $b$  той же формы, но меньших размеров. Колеса  $a$  и  $b$  прикреплены друг к другу и имеют одну и ту же ось вращения. Под колесом  $b$  находится зубчатое колесо  $f$ , число зубьев которого (20 или более) равно числу штырей Оператора. Колесо  $f$  больше в диаметре, чем нижнее храповое колесо, но меньше, чем верхнее. На нем крепится подпружиненная собачка  $c$ , которая входит в зацепление с зубьями колеса  $b$ . Колеса «сэндвича» имеют общую ось вращения, установленную в мостике  $e-e$ .

Непосредственно под «сэндвичем» располагается Оператор, стальные штырьки которого при его смещении вдоль машины входят в зацепление с зубьями колеса  $f$  и поворачивают его в ту или иную сторону. Геометрические параметры колес «сэндвича» и шаг зубьев в основании  $aaa$  подбираются таким образом, что при перемещении Оператора на расстояние, скажем, равное трем шагам, колесо  $f$  поворачивается на такой угол, при котором собачка  $c$  проскальзывает по трем зубьям храпового колеса  $b$ .

В нижней части каждого разрядного механизма имеется еще одно храповое колесо  $mm$ , необходимое при выполнении операций умножения и деления. На этом колесе сверху укреплен круглый диск  $l$  с выгравированными по его периферии цифрами 0, 1, ..., 9. Ось, на которой вращается колесо с диском, крепится в основании машины. Храповое колесо располагается непосредственно над Определителем и имеет подпружиненную собачку  $n$ . Кроме того, в нижней части Оператора имеется еще одна подпружиненная собачка  $o$ , укрепленная на небольшом рычаге таким образом, что при каждом смещении Оператора вниз либо вверх вдоль машины она поворачивает колесо  $mm$  на один зуб.

Механизм «передачи десятков» выполнен следующим образом. К верхнему храповому колесу «сэндвича» приклепан стальной зуб таким образом, что один раз в течение полного поворота этого колеса он входит в зацепление с храповым колесом старшего разряда и поворачивает его на  $1/10$  оборота (рис. 3). Такое конструктивное решение требует, чтобы весь механизм старшего разряда был приподнят (на толщину передающего зуба) относительно младшего. Необходимо также, чтобы зубья храповиков смежных разрядов были нарезаны в противоположных направлениях. Соответственно этому и «сэндвичи» смежных разрядов будут вращаться в разные стороны.

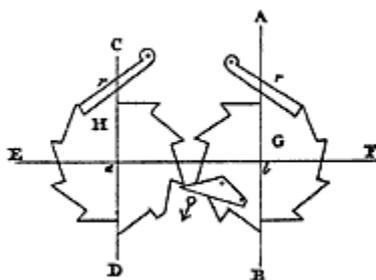


Рис. 3. Механизм передачи десятков

Весь разрядный механизм закрывается крышкой, которая крепится к боковым стойкам СС. На крышке имеется узкая прорезь, в которой перемещаются ручки Оператора и Определителя. Параллельно прорези нанесена шкала, интервал между делениями которой соответствует шагу нарезки зубьев в основании машины. Вдоль шкалы движется Указатель, укрепленный на боковой стойке Определителя и позволяющий установить последний в нужное положение. Кроме того, на крышке имеется окошечко, в котором

видны цифры, выгравированные на диске 1. Для установки храповика  $mm$  в нулевое положение на его ось, выступающую поверх крышки, наворачивается шайба  $ff$  с ручкой. На оси «сэндвича» крепится поверх посеребренный круглый диск  $x$  и ручка  $s$ . На плате имеется два концентрических кольца с десятью выгравированными на них цифрами 0, 1, ..., 9. Внешнее кольцо используется при сложении, внутреннее — при вычитании.

Диск поворачивается ручкой  $fs$  так, чтобы против Указателя  $w$  установилась нужная цифра внешнего кольца, а против Указателя  $y$  — внутреннего. Указатели выполнены в виде выпуклых стрелок. Это сделано для того, чтобы облегчить работу с машиной: диски соседних разрядов должны вращаться в разные стороны, соответственно направлению выпуклости указателей (нечетные разряды вращаются по часовой стрелке, четные — против). При изготовлении машины градуировку дисков выполняли следующим образом: «сэндвич» поворачивали до положения, при котором зуб передачи десятков касался храпового колеса старшего разряда. Тогда на диске против указателя  $w$  во внешнем кольце наносили цифру 9, а на внутреннем — против указателя  $y$  — цифру 0. Затем оба кольца делили на 10 равных частей. Далее во внешнем кольце нечетного разряда после цифры 9 гравировали в направлении против часовой стрелки цифры 0, 1, ..., 8, а во внутреннем — в том же направлении — после цифры 0 гравировали 9, 8, ..., 1. На дисках четных разрядов градуировка имела обратное направление. Цифры, находящиеся на одном и том же диске против указателей  $w$  и  $y$ , всегда составляли в сумме 9. При градуировке дисков 1 цифры на них наносили в том же направлении, что и на внешнем кольце диска  $x$  данного разряда.

Параллельно прорези, в которой движутся Оператор и Определитель, на крышке машины крепились пластины из слоновой кости, на которые записывались исходные данные вычислений.

При выполнении операции сложения цифры первого слагаемого устанавливаются в каждом разряде машины поворотом ручек  $fs$  в соответствующем направлении. Затем Определители ставят в положения, соответствующие цифрам второго слагаемого, и последовательно, начиная с 1-го разряда, смещают Операторы влево (до упора с Определителями) и вправо, в исходное положение. При движении Оператора влево его штыри поворачивают зубчатое колесо  $f$  и укрепленная на нем собачка с скользит по зубьям храповика  $b$ , причем число зубьев, по которым проходит собачка, равняется цифре в данном разряде второго слагаемого. При движении Оператора вправо та же собачка вместе с колесом  $f$ , вращаясь в противоположную сторону, поворачивает на такое же число зубьев храповики  $a$  и  $b$ , а вместе с ними — посеребренный диск  $x$ . Результат операции считывается с дисков против указателей.

Операция вычитания выполняется аналогичным образом, с той лишь разницей, что цифру уменьшаемого устанавливают на внутреннем кольце, напротив указателей  $y$ .

Умножение осуществляется путем последовательного сложения множимого. Поворотом ручек  $fs$  и  $ff$  диски  $x$  и 1 становятся в нулевое положение, а Определители — в положения, соответствующие цифрам множимого. Операторы смещают столько раз, сколько единиц в младшем разряде множителя. Число этих смещений регистрируется поворотом дисков и наблюдается в окошках. Затем снова устанавливают разрядные Определители, причем «единицы» множимого устанавливают в разряде «десятков», «десятки» — в разряде «сотен» и т. д., а Операторы вновь смещают столько раз, сколько единиц стоит в разряде десятков множителя и т. д.

Операция деления выполняется аналогичным образом. Цифры делимого устанавливают на внутренних кольцах напротив указателей  $y$ , и деление выполняется как последовательное вычитание делителя из делимого. Число этих вычитаний (частное) регистрируется при смещении Определителя каждого из них поворотом дисков 1, а остаток считывается с дисков  $x$  против указателей  $y$ . Внешний вид машины показан на рис. 4.

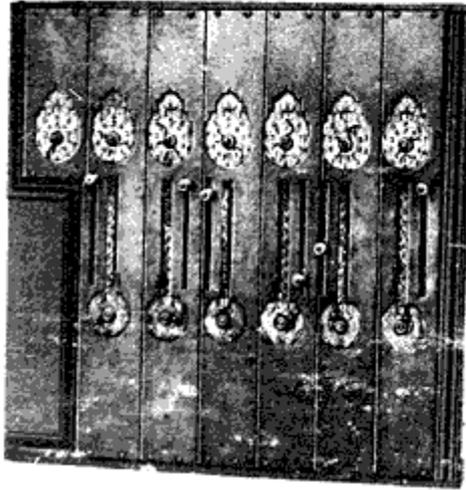


Рис. 4. Машина Герстена

Машина Герстена замечательна во многих отношениях: в ней впервые применено устройство для подсчета частного и числа последовательных операций сложения, необходимых при умножении чисел, а также (главное!) предусмотрена возможность контроля за правильностью ввода (установки) второго слагаемого, что снижает вероятность субъективной ошибки, связанной с утомлением вычислителя.