

БИБЛИОТЕКА **ЗНАНИЕ**

Р.С. ГУТЕР
Ю.Д. ПОДУНОВ

От абака до компьютера



**БИБЛИОТЕКА
«ЗНАНИЕ»**



© Издательство «Знание», 1975 г.

© Издательство «Знание», 1981 г.

Р. С. ГУТЕР
Ю. Л. ПОЛУНОВ

От абака до компьютера

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1981

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ, ПРЕДВАРЯЮЩИЕ КНИГУ

История науки и есть сама наука.

И. В. ГЕТЕ (1749—1832)

Появление электронных вычислительных машин, или компьютеров (от английского compute — вычислять), — одна из существенных примет современной научно-технической революции. ЭВМ открывают новую страницу в истории человеческих знаний и возможностей. Широкое распространение компьютеров привело к тому, что все большее число людей стало знакомиться с основами вычислительной техники, а программирование постепенно превратилось из рабочего инструмента специалиста в элемент культуры.

История развития средств инструментального счета известна при этом в значительно меньшей степени.

Поэтому авторы, занимающиеся собственно вычислительной математикой и вычислительной техникой, взяли на себя смелость совершить экскурсию в историю и популярно рассказать о некоторых этапах развития идеи инструментальных вычислений. Однако наша книга не претендует на полноту изложения, и ее не следует рассматривать ни как учебник, ни как справочное руководство.

Книга посвящена в основном истории средств дискретной вычислительной техники. Интересующихся историей аналоговых машин мы отсылаем к иным источникам *.

* Из них в первую очередь следует упомянуть интересную книгу польского писателя А. Эмпахера «Сила аналогий» (М., «Мир», 1965).

Хотя Прометей в трагедии Эсхила утверждает: «Подумайте, что смертным сделал я: число им изобрел и буквы научил соединять», понятие числа возникло задолго до появления письменности. Люди учились считать в течение многих веков, передавая и обогащая из поколения в поколение свой опыт.

Счет, или шире — вычисления, может быть осуществлен в различных формах: существует устный, письменный и инструментальный счет. Средства инструментального счета в разные времена имели различные возможности и назывались по-разному: счетные доски, абак, счетные инструменты, снаряды, приспособления, приборы, машины и, наконец, с середины нашего столетия — компьютеры.

В этой части мы познакомимся с первым этапом в истории инструментального счета, знаменующимся распространением различных «абаквидных» счетных инструментов и изобретением логарифмической линейки.

В мире есть много трудных вещей, но нет ничего труднее, чем четыре действия арифметики.

БЕДА ДОСТОПОЧТЕННЫЙ (около 673—735)

«ЭТО БЫЛО НАЧАЛОМ НАЧАЛ...»

Древнейшим счетным инструментом, который сама природа предоставила в распоряжение человека, была его собственная рука. «Понятие числа и фигуры,— писал Ф. Энгельс,— взято не откуда-нибудь, а только из действительного мира. Десять пальцев, на которых люди учились считать (производить первую арифметическую операцию), представляют собой все что угодно, только не продукт свободного творческого разума».

Имена числительные во многих языках указывают, что у первобытного человека орудием счета были преимущественно пальцы. Не случайно в древнерусской нумерации единицы называются «перстами», десятки — «составами», а все остальные числа — «сочинениями». Кисть же руки — пясть — синоним и фактическая основа числительного «пять» у многих народов. Например, малайское «лима» означает одновременно и «рука» и «пять».

По словам знаменитого русского путешественника Н. И. Миклухо-Маклая, туземцы Новой Гвинеи считали следующим образом: «...папуас загибает один за другим пальцы руки, причем издает определенный звук, например, «бе, бе, бе...». Досчитав до пяти, он говорит «ибон-бе» (рука). Затем он загибает пальцы другой руки, снова повторяет «бе, бе, ...», пока не доходит до «ибон-али» (две руки). Затем он идет дальше, приговаривая «бе, бе,...», пока не доходит до «самба-бе» и «самба-али» (одна нога, две ноги). Если нужно считать дальше, папуас пользуется пальцами рук и ног кого-нибудь другого».

От пальцевого счета берет начало пятеричная система счисления (одна рука), десятеричная (две руки), двадцатеричная (пальцы рук и ног). У многих народов

пальцы рук остаются инструментом счета и на более высоких ступенях развития.

В гомеровской «Одиссее» часто встречается слово «пятьерить», имеющее по смыслу значение «считать» и свидетельствующее о распространении в гомеровскую эпоху пальцевого счета. В другом литературном памятнике, комедии Аристофана «Осы» (конец V — начало IV в. до н. э.), говорится: «Подсчитаем попросту, не на камешках, а на руках, все подати...»

Хорошо был известен пальцевый счет и в Риме. По свидетельству древнеримского историка Плиния-старшего (погибшего в 79 году в Помпее во время извержения Везувия), на главной римской площади Форуме была воздвигнута гигантская фигура двуликого бога Януса. Пальцами правой руки он изображал число 300, пальцами левой — 55. Вместе это составляло число дней в году в римском календаре.

В средневековой Европе полное описание пальцевого счета составил ирландец Бёда Достопочтенный (около 673—735). Этот трудолюбивый монах — о себе он говорил, что всегда либо учился, либо учил, либо сочинял, — оставил после себя ряд интересных трактатов. В одном из них — «О счислении» — он подробно изложил способы представления на пальцах различных чисел вплоть до миллиона. Трактат Бёды явился источником, откуда средневековые составители учебников арифметики в течение многих лет черпали свои сведения о пальцевом счете.

Пальцевый счет сохранился кое-где и поныне. Историк математики Л. Карпинский в книге «История арифметики» сообщает, что на крупнейшей мировой хлебной бирже в Чикаго предложения и запросы, как и цены, объявлялись маклерами на пальцах без единого слова.

Издrevле употреблялся еще один вид инструментального счета — с помощью деревянных палочек с зарубками (бирок). Впервые упоминание о способе записи чисел путем нанесения зарубок встречается на барельефе храма фараона Сети I (1350 г. до н. э.) в Абудосе. Здесь изображен бог Тот, отмечающий с помощью зарубок на пальмовой ветви длительность срока правления фараона.

В средние века бирками пользовались для учета и сбора налогов. Бирка разрезалась на две продольные части, одна оставалась у крестьянина, другая — у сбор-

щика налогов. По зарубкам на обеих частях и велся счет уплаты налога, который проверяли складыванием частей бирки. В Англии, например, этот способ записи налогов существовал до конца XVII столетия.

При ликвидации старых налоговых обязательств крестьян на дворе лондонского казначейства был устроен костер из накопившихся бирок. Он оказался таким большим, что сгорело и само здание казначейства, а вместе с ним погиб и вделанный в стену образец английской меры длины, так что с тех пор англичане не знают точной длины своего фута.

Другие народы — китайцы, персы, индийцы, перуанцы — использовали для представления чисел и счета ремни или веревки с узелками. У античного историка Геродота (V в. до н. э.) есть рассказ о том, как персидский царь Дарий, отправляясь в поход на скифов, приказал ионийцам остаться для охраны моста через реку Истер и, завязав на ремне 60 узлов, вручил его со словами: «Люди Ионии, возьмите этот ремень и поступите так, как я скажу вам: как только вы увидите, что я выступил против скифов, с того дня вы начнете ежедневно развязывать по одному узлу, и когда найдете, что дни, обозначенные этими узлами, уже миновали, то можете отправляться к себе домой». Американские индейцы называли счетные веревки *куиру*, и в перуанских городах до вторжения в Южную Америку европейцев городской казначей именовался *куиру комоуокуна*, то есть чиновник узелков.

ОТ АБАКА...

Бирки и веревки с узелками не могли удовлетворить возрастающие в связи с развитием торговли потребности в средствах вычисления. Развитию же письменного счета препятствовали два обстоятельства.

Во-первых, не было подходящего материала для выполнения вычислений — глиняные и восковые таблички для этого не годились, пергамент был изобретен лишь в V веке до н. э. (да и был слишком дорог), а бумага появилась значительно позже (в Европе — около XI столетия). Во-вторых, в тогдашних системах счисления письменно выполнить все необходимые операции было сложно. Попробуйте, например, перемножить CLVI на LXXIV, пользуясь римской системой счисления! Этими

обстоятельствами можно объяснить появление специального счетного прибора, известного в древности под именем абака.

Происхождение термина «абак» не установлено. Большинство историков производят его от семитического корня; согласно этому толкованию абак означает дощечку, покрытую слоем пыли. В своей примитивной форме абак действительно представлял собой такую дощечку. На ней острой палочкой проводились линии и какие-нибудь предметы, например камешки или палочки, размещались в получившихся колонках по позиционному принципу. На рис. 6, не требующем комментариев, показана последовательность выполнения сложения $258 + 54$ на абак. Вычитание выполнялось изъятием камешков, умножение и деление — как повторные сложения и вычитания соответственно.

По свидетельству Геродота, египтяне пользовались абак, причем в отличие от греков передвигали камешки не слева направо, а справа налево. Отсюда видно, что в эпоху Геродота абак и в Греции, и в Египте уже получил широкое распространение. Историки полагают, что в Грецию абак был завезен финикийцами и стал там «походным инструментом» греческих купцов. Значения, приписываемые камешкам в различных колонках, обычно соотношались с соотношениями различных денежных единиц. Например, у историка Полибия мы встречаем слова: «Придворные — как камни на счетной доске; захочет счетчик, и они будут стоять один халк, а захочет — так и целый талант» (и халк и талант — денежные единицы. — *Авт.*).

В Древнем Риме абак назывался *calculi* или *abaculi* и изготовлялся из бронзы, камня, слоновой кости и цветного стекла. Слово *calculus* означает «галька», «голыш». От этого слова произошло позднейшее латинское *calculari* (вычислять) и наше — «калькуляция». Сохранился бронзовый римский абак, на котором *calculi* передвигались в вертикально прорезанных желобках. Внизу помещали камешки для счета до пяти, а в верхней части имелось отделение для камешка, соответствующего пятерке (рис. 1).

Китайцы заменили камешки бусинками (или шариками), нанизанными на прутики, проволоки или веревки. Китайская разновидность абака — суаньпань — появилась, вероятно, в VI веке н. э.; современный тип этого

счетного прибора был создан позднее, по-видимому в XII столетии (рис. 3). Суаньпань представляет собой прямоугольную раму, в которой параллельно друг другу протянуты проволоки или веревки числом от 9 и более; перпендикулярно этому направлению суаньпань перегороден линейкой на две неравные части. В большом отделении («земля») на каждой проволоке нанизано по 5 шариков, в меньшем («небо») — по два; первые как бы соответствуют пяти пальцам руки, вторые — двум рукам. Проволоки соответствуют десятичным разрядам.

Японский абак — соробан (рис. 3) — происходит от китайского суаньпаня, который был завезен в Японию в XV—XVI веках. Соробан проще своего предшественника, у него на «небе» на один шарик меньше, чем у суаньпаня.

Наконец на рубеже XVI—XVII веков появляется русский абак — счеты, о которых мы поговорим несколько позже.

ПАСТУШОНОК ГЕРБЕРТ И ПАПА СИЛЬВЕСТР II

Воланд, один из героев популярного романа Булгакова «Мастер и Маргарита», приезжает в Москву, чтобы познакомиться с найденными здесь «подлинными рукописями чернокишечника Герберта Аврилакского десятого века». Герберт, сын крестьянина из местечка Орильяк на юге Франции, был крупным ученым, замечательным педагогом, государственным и церковным деятелем. Однако недобрая слава слуги дьявола долгие годы преследовала его главным образом потому, что он мог легко перемножать и делить многозначные числа. Делал он это с помощью счетного инструмента, известного в истории науки как «абак Герберта».

Впрочем, некоторые ученые утверждают, что Герберт не изобретал абак, а лишь видоизменил счетный прибор, уже известный в раннем средневековье. Это утверждение вовсе не умаляет заслуг Герберта, даже если оно справедливо.

Герберт родился около 940 года в семье «бедных, но свободных родителей» и в детстве был пастушонком. Способности мальчика обратили на себя внимание монахов орильякского монастыря св. Геральда, и они взяли пастушонка под свою опеку. В монастыре он бы-

стро овладел латынью, грамматикой и основами схоластики. В 967 году монастырь посетил барселонский граф Борелл II. Своей ученостью и обхождением Герберт произвел благоприятное впечатление на графа, и он взял юношу в свою свиту. Граф направлялся за Пиренеи в ту часть Испании, которая еще не была завоевана арабами. Здесь епископ города Вих Аттон преподавал бывшему пастушонку основы математических знаний.

Герберт сопровождал Борелла и Аттона в Рим на переговоры с папой Иоанном XIII. Ораторское искусство, ум и находчивость Герберта поразили папу, он оставил Герберта в Риме и представил императору Оттону I. В течение двух с лишним лет Герберт был воспитателем юного сына императора — Оттона II, но блестящая карьера не заставила его отказаться от научных занятий. В 972 году он встречается с реймским архиепископом Геранном, приехавшим в Рим на свадьбу Оттона II и племянницы византийского императора Иоанна Цимисхия, и, поддавшись уговорам Геранна, переезжает в Реймс — цветущий культурный и торговый центр на севере Франции. Там Герберт становится секретарем архиепископа Адельберона и профессором знаменитой впоследствии Реймской школы. Преподавательская деятельность Герберта в течение последующих 10 лет (до 982 года) принесла ему европейскую известность. Из разных стран в Реймс приходили и приезжали студенты, чтобы поучиться у Герберта грамматике, риторике, диалектике, арифметике (в том числе счету на «абаке Герберта»), астрономии, геометрии и даже... игре на органе.

В 982 году император Оттон II, желавший укрепить свою власть над итальянской церковью, назначил Герберта аббатом монастыря Боббио в Северной Италии. Жесткая политика нового настоятеля в вопросе о церковных землях поссорила его с местной знатью, и в 983 году, после внезапной смерти императора, он вынужден был поспешно бежать в Павию, а затем — в Реймс.

Последний период в жизни Герберта — 983—1003 годы — насыщен сложными политическими и церковными интригами. После смерти Оттона II императором был провозглашен его трехлетний сын — Оттон III. Реймским политикам (и Герберту тоже) пришлось немало потрудиться, чтобы корона удержалась на его голове,

а голова — на плечах. Герберт, поклонник идеала Великой Римской империи, всеми силами поддерживал германского императора и решительно выступал против французских королей. Интриги реймского архиепископа и Герберта немало способствовали падению в 987 году династии Каролингов и провозглашению графа парижского Гуго Капета королем Франции.

Весной 997 года Герберт перешел к своему новому ученику Оттону III, неуравновешенному и пылкому юноше, бредившему мечтой о Великом Риме. Оттон был в восторге от учености Герберта и в 998 году назначил его архиепископом Равенны. Еще через год под именем Сильвестра II Герберт сел на папский престол.

В 1001 году в Риме вспыхнуло восстание. Оттон и Герберт бежали. А вскоре при довольно таинственных обстоятельствах император умер, и положение Герберта стало еще хуже, чем в Боббио после смерти Оттона II. Впрочем, через год при столь же неясных обстоятельствах покинул сей мир и сам Герберт.

Необычная ученость Герберта, его стремительная карьера и загадочная смерть послужили причиной многочисленных легенд, окружавших в средние века его имя. Он занимался логикой, астрономией, геометрией и оставил после себя ряд политических и теологических трактатов и несколько математических книг. «Правила вычислений с помощью абака» изложены Гербертом в виде письма к монаху Константину из монастыря Флерри, в другом своем математическом сочинении Герберт привел множество примеров довольно сложных вычислений с помощью абака.

В описании Герберта абак представлял собой гладкую доску, посыпанную голубым песком и разделенную на 30 столбцов, из которых три отводились для дробей, а прочие группировались по 3 столбца в 9 групп, которые сверху завершались дугами (рис. 4). Столбцы в каждой группе обозначались (слева направо) буквами *C* (*centum*, 100), *D* (*decem*, 10) и *S* (*singularis*, 1). В отличие от древних форм счетной доски в каждый столбец клали не камешки, а особые нумерованные жетоны, на которых были обозначены 9 первых числовых знаков. Эти изображения на жетонах назывались «апексами» (от латинского *apex*, одно из значений которого — письмена). Апекс нуля отсутствовал, поэтому для изображения нуля в соответствующий столбец жетонов не

клали. Иногда вместо жетонов с апексами использовались вырезанные из рога цифры.

Таким образом, 27-разрядное целое число на абаке представлялось как бы сгруппированным по три разряда. Герберт дал также правила вычисления на абаке, которые несколько веков «питали» европейскую арифметическую культуру.

Замена камешков нумерованными жетонами не представляла больших преимуществ для вычислений. Апексы имели иное значение для развития математики, в них можно видеть ближайших предков тех арабско-индийских цифр, которыми мы пользуемся и поныне.

О популярности Герберта свидетельствует то обстоятельство, что в средние века вместо слова «абакист», то есть вычислитель на абаке, иногда говорили «геберкист» — последователь Герберта. Спустя несколько веков Леонардо Пизанский, прозванный Фибоначчи, в своей книге «*Liber abaci*» называет счет на абаке Герберта одним из трех существовавших способов вычислений (два других способа — счет на пальцах и «*modus Indogit*» — письменные вычисления с помощью индийских цифр). Последний способ после выхода книги Леонардо постепенно завоевывал популярность, чему немало способствовало проникновение и распространение в Европе XII и XIII столетий бумаги.

В течение следующих двух-трех столетий развернулась острая борьба между абакистами, отстаивавшими использование абак и римской системы счисления, и алгоритмниками, отдававшими предпочтение арабско-индийским цифрам и письменным вычислениям. Борьба эта завершилась победой алгоритмиков лишь в XVI—XVII столетиях, поскольку сопротивление абакистов было поддержано появлением в XV столетии нового типа абак — счета на линиях.

СЧЕТ НА ЛИНИЯХ...

...представляет собой горизонтально разлинованную таблицу, на которой выкладываются специальные жетоны. Горизонтальные линии таблицы соответствуют единицам, десяткам, сотням и т. д. На каждую линию кладут до четырех жетонов; жетон, помещенный между двумя линиями, означает пять единиц ближайшего разряда, соответствующего нижней линии. В вертикальном

направлении таблица расчерчивается на несколько столбцов для отдельных слагаемых или сомножителей (рис. 5).

Счет на линиях и счетные таблицы особое распространение получили в XV—XVI столетиях. В Нюримберге, например, изготовлением счетных жетонов занималась целая отрасль промышленности, поставлявшая всей Европе жетоны различной формы, чеканки и стоимости. Большим разнообразием отличались и счетные таблицы, начиная специальными столами и кончая платками. В английском государственном казначействе в качестве счетной таблицы использовалась разделенная на клетки (chequer) скатерть, покрывавшая стол, на котором производился счет. Поэтому казначейство (exchequer) называлось Палатой шахматной доски.

Счетные таблицы два с лишним столетия были необходимой принадлежностью купца и чиновника, ученого и школяра. Счет на линиях вспоминают герои Шекспира — шут в «Зимней сказке» затрудняется решить задачу, не имея под рукой жетонов; Мольер в одной из своих последних постановок «Мнимого больного» заставил героя раскладывать на столе жетоны, чтобы проверить счета аптекаря; Лейбниц предпочитал счет на линиях арифметическим выкладкам на бумаге; в Германии, где этот способ удерживался до XVIII столетия, был известен экспромт, обычно приписываемый прусскому королю Фридриху II:

Придворные — точъ-в точъ жетоны,
все их значенье — в положенье
В фаворе значат миллионы,
но лишь нули в пренебреженье*.

Впрочем, читатель может уличить короля в плагиате (быть может, невольном), если вспомнит слова Полибия.

Счет на линиях был известен и в России. Под названием «счет костями» он был описан в древнерусском учебнике арифметики XVII века «Сия книга глаголема по еллински и по гречески арифметика, а по немецки алгоризма, а по русски цифирная счетная мудрость».

Еще раньше Генрих Штаден, немецкий авантюрист, находившийся в России с 1564 по 1576 год, отмечал в своих записках: «В Русской земле счет ведут при помо-

* Перевод проф. А. П. Юшкевича.

щи слиянных косточек» (этим и объясняется замена европейского термина «счет на линиях» русским «счетом костями»).

Но если в Европе счет на линиях постепенно был вытеснен письменными вычислениями на бумаге, то в России счет костями не выдержал конкуренции в борьбе с уникальным и замечательным средством вычислений — русскими счетами.

СУДЬБА «ДОЩАНОГО СЧЕТА»

Долгое время считалось, что русские счеты ведут свое происхождение от китайского суаньпаня, и лишь в начале 60-х годов нашего столетия ленинградский ученый И. Г. Спасский убедительно доказал оригинальное, русское происхождение этого счетного прибора — у него, во-первых, горизонтальное расположение спиц с косточками и, во-вторых, для представления чисел использована десятичная (а не пятеричная) система счисления.

Десятичный строй счетов — довольно веское основание для того, чтобы признать временем возникновения этого прибора XVI век, когда десятичный принцип счисления был впервые применен в денежном деле России.

В 30-е годы XVI века московское правительство, возглавляемое Еленой Глинской, матерью малолетнего Ивана Грозного, провело денежную реформу, объединив московскую и новгородскую денежные системы. Московская денга, составлявшая в то время $\frac{1}{200}$ московского рубля, и ее половина — полушка — стали половиной и четвертью новой основной монетной единицы, которая получила название «копейка». Благодаря введению копейки рубль стал делиться на 100 основных единиц.

Вероятно, в это время, а может быть, и немного позже какому-то наблюдательному человеку пришла в голову мысль заменить горизонтальные линии счета костями горизонтальными натянутыми веревками, навесив на них, по существу, все те же «кости». Может быть, идею такого устройства ему подсказали четки, этот древнейший примитивный счетный инструмент, широко распространенный в русском быту XVI века. Недаром великий ученый и путешественник Александр Гумбольдт, обративший внимание на родство счетов и четок, рассматривал четки как «ритуальную счетную машину».

Впрочем, в XVI веке термина «счеты» еще не существовало и прибор именовался «дощаным счетом». Один из ранних образцов такого «счета» представлял собой два соединенных ящика, одинаково разделенных по высоте перегородками. В каждом ящике два счетных поля с натянутыми веревками или проволочками. На верхних 10 веревках по 9 косточек (четок), на 11-й их четыре, на остальных веревках — по одной. Существовали и другие варианты «дощаного счета».

Название прибора изменилось в XVII столетии. Так, в «Переписной книге домной казны патриарха Никона 1658 г.» среди «рухляди» Никонова келейного старца Сергия упомянуты «счоты», которые, по свидетельству археологов и историков, в XVII столетии уже изготовлялись на продажу.

Широкое использование в торговле и учреждениях невиданного на Западе счетного инструмента отмечали в XVII—XVIII столетиях многие иностранцы. Английский капитан Перри, находившийся в России с 1698 по 1712 год и издавший по возвращении на родину книгу «Положение России при нынешнем царе с описанием татар и других народов» (1716), писал: «Для счета они пользуются изобретенным ими особым прибором с напизанными на проволочные прутья шариками от четок или бусами, который они устраивают в ящичке или небольшой раме, почти не отличающейся от тех, которыми пользуются у нас женщины, чтобы ставить на них утюги.. Передвигая туда и сюда шарики, они справляются с делением и умножением разных сумм...»

Ко времени посещения капитаном Перри России счеты уже приняли вид, существующий и поныне. В них осталось лишь одно счетное поле, на спицах которого размещалось либо 10, либо 4 косточки (спица с четырьмя четками — дань «полушке», денежной единице в $\frac{1}{4}$ копейки).

Хотя форма счетов остается неизменной вот уже свыше 250 лет, на протяжении трех столетий было предложено немало модификаций этого элементарного, но полезного прибора.

В этом ряду заслуживает упоминания в первую очередь счетный прибор генерал-майора русской армии Ф. М. Свободского, изобретенный им в 1828 году. Прибор состоял из нескольких обычных счетных полей, которые использовались для запоминания промежуточных

результатов при умножении и делении или других действиях. Автор разработал простые правила сведения арифметических действий к последовательности сложений и вычитаний, что вместе с запоминанием нескольких простых вспомогательных таблиц (вроде таблицы умножения) заметно сокращало время вычислений. Комиссии инженерного отделения ученого комитета Главного штаба и Академии наук одобрили способ Ф. М. Свободского и рекомендовали ввести его преподавание в российских университетах. В течение нескольких лет такое преподавание действительно велось в университетах Петербурга, Москвы и Харькова.

Другие интересные модификации русских счетов были предложены А. Н. Больманом (1860) и Ф. В. Езерским (1872). Счетами занимался и известный русский математик академик В. Я. Буняковский, который, будучи еще молодым адъюнктом, входил в 1828 году в комиссию Академии наук, рассматривавшую счетный прибор Ф. М. Свободского. В 1867 году В. Я. Буняковский изобрел «самосчеты»; в основе этого приспособления для многократных сложений и вычитаний лежит принцип действия счетов.

Русские счета широко использовались при начальном обучении арифметике в качестве учебного пособия. Благодаря известному французскому математику и механику Ж. Понселе, который познакомился со счетами в Саратове, будучи военнопленным офицером наполеоновской армии, аналогичный прибор появился во французских школах, а затем и в некоторых других странах Европы.

И в вычислениях на логарифмической линейке
можно найти известную поэзию.

К. Ф. ГАУСС (1777—1855)

.. словно пена
Опадают наши рифмы,
И величие
 степенно
Отступает в логарифмы.

Б. СЛУЦКИЙ (р. 1920)

ШОТЛАНДЕЦ, ВАЛЛИЕЦ И АНГЛИЧАНЕ

Нам, живущим в эпоху широкого распространения вычислений, нелегко даже вообразить, сколь затруднительны для людей XVI—XVII столетий были обычные арифметические операции, особенно с большими числами.

Обратимся к «свидетельским показаниям».

Чиновник британского адмиралтейства Сэмюэл Пепис заносит 4 июля 1662 года в свой дневник следующую запись: «К пяти часам утра, приведя в порядок свой журнал, я отправляюсь в контору. Вскоре туда приходит м-р Купер, с помощью которого я надеюсь изучить математику... (я пытаюсь, прежде всего, выучить таблицу умножения)»...

Пепис был человеком хорошо образованным для своего времени и имел кембриджский диплом. Впоследствии он стал президентом Королевского общества и другом Исаака Ньютона. Однако и ему приходилось «бороться» с таблицей умножения, чтобы осилить простые вычисления, необходимые при закупке адмиралтейством пеньки или древесины. Что же говорить о необразованных землемерах, моряках, каменщиках, плотниках, профессиональное искусство которых все в большей степени начинало зависеть от умения быстро и правильно вычислять!

Понятно, какое значение имело изобретение логарифмов.

И. Кеплер писал тюбингенскому профессору математики В. Шиккарду: «...Некий шотландский барон, имени которого я не запомнил, выступил с блестящим дости-

жением: он каждую задачу на умножение и деление превращает в чистое сложение и вычитание...» «Неким шотландским бароном» был Джон Непер, с которым мы еще встретимся в этой книге. В 1614 году он опубликовал знаменитый трактат (*Mirifici logarithmorum canonis descriptio*) («Описание удивительных таблиц логарифмов»).

Вскоре появляются и другие логарифмические таблицы. Они упростили вычисления, но все же эта операция оставалась достаточно трудоемкой и утомительной для тех, кому приходилось ею заниматься ежедневно. Поэтому вслед за изобретением логарифмов делаются попытки механизировать логарифмические вычисления.

Наиболее удачной была идея профессора астрономии Грэшемского колледжа Эдмунда Гюнтера. Он построил логарифмическую шкалу, которая использовалась вместе с двумя циркулями-измерителями. Эта шкала («шкала Гюнтера») представляла собой прямолинейный отрезок, на котором откладывались логарифмы чисел или тригонометрических величин. (Несколько таких шкал наносились на деревянную или медную пластинку параллельно.) Циркули-измерители нужны были для сложения или вычитания отрезков вдоль линий шкалы, что в соответствии со свойствами логарифмов позволяло находить произведение или частное.

На рис 7 приведен вариант шкалы Гюнтера, заимствованный из английского издания популярной в XVIII веке книги французского механика Н Бюона «Конструкция и применение математических инструментов» (1723). На пластинке 600 мм в длину и 37 мм в ширину расположены 6 логарифмических шкал: чисел, синусов, тангенсов, синус-верзусов (была когда-то такая тригонометрическая функция $\sin \text{vers } \alpha = 1 - \cos \alpha$), синусов и тангенсов малых углов, синусов и тангенсов румбов, а также равномерные шкалы — «линия меридиана» и «линия равных частей».

Об авторе логарифмической шкалы, которая является прародительницей логарифмической линейки, известно немного. Эдмунд Гюнтер (1581—1626), родом валлиец, учился в Оксфорде, где в 1615 году получил степень бакалавра богословия. В 1619 году он избирается профессором Грэшемского колледжа, а в следующем году публикует книгу «*Canon triangulorum*», в которой помещает вычисленные им таблицы логарифмов синусов и тангенсов и описание своей логарифмической шкалы. Гюнтер известен также и тем, что впервые ввел

общепринятое теперь обозначение \log и термины «косинус» и «котангенс».

В России первое описание шкалы Гюнтера было сделано соратником Петра I, профессором Морской академии А. Фархварсоном в книге: «Книжица о сочинении и описании сектора, скал плоской и гунтеровской со употреблением оных инструментов в решении разных математических проблем от профессора математики Андреа Фархварсона изданная» (1739).

Андрей Данилович Фархварсон был примечательной фигурой в истории русской культуры. Он родился в Шотландии в середине XVII столетия и во время посещения Петром I Лондона (1698) был профессором математики Абердинского университета. Приглашенный Петром в Россию, он принял деятельное участие в организации Математической и навигацкой школы, открытой 19 августа 1699 года в Москве, в Сухаревой башне. Фархварсон состоял преподавателем школы до 1715 года, после чего был переведен в только что открытую в Петербурге Морскую академию.

В академии Фархварсон преподавал арифметику, геометрию, плоскую и сферическую тригонометрию, геодезию и навигацию. Свободно зная латынь и основные европейские языки, он писал и преподавал по-русски. В 1737 году по случаю представления его к званию бригадира Адмиралтейств-коллегии писала: «За знатные его на пользу государства службы дела.. награды сей он достоин, понеже через него первое обучение математике в России было введено и едва ли не все при флоте Ея Императорского Величества российские подданные, от высших и до низших, к мореплаванию в навигацких науках обучены».

Усовершенствованию и популяризации шкалы Гюнтера способствовал англичанин Эдмунд Уингейт (1596—1656) — математик, политический деятель и плодовитый писатель, издавший о ней в 1624 году отдельную книгу.

Рядом с основной логарифмической шкалой чисел Уингейт поместил две шкалы, построенные в половинном масштабе на одной прямой и три шкалы в масштабе $\frac{1}{3}$ — на другой. Переноса измерителем отрезки с обычной шкалы на двойную и на тройную и наоборот, можно осуществлять возведение числа в квадрат, в куб и извлечение квадратного или кубического корня.

«У поэтов есть такой обычай: в круг сойдясь, оплывавать друг друга». Печальный этот обычай наблюдается иногда не только среди плохих поэтов, о которых писал Дмитрий Кедрин, но и среди некоторых ученых и инженеров. Изобретатели первых логарифмических линеек Уильям Отред и Ричард Деламейн не составляют в данном случае исключения.

В большинстве приоритетных споров время обычно расставляет все по своим местам, но здесь и оно оказалось бессильным. Мы даже не знаем точной даты изобретения логарифмической линейки. Можно лишь с уверенностью утверждать, что это произошло между 1620 и 1630 годами.

Уильям Отред (1574—1660) — замечательный английский математик и педагог. Сын священника, выходец из старинной семьи Северной Англии, он учился сначала в аристократическом Итоне, а затем в кембриджском Королевском колледже, специализируясь по математике. В 1595 году он получил первую ученую степень и стал членом совета колледжа.

В последующие годы Отред совмещал занятия по математике с изучением богословия и в 1603 году был посвящен в сан священника. Вскоре он получил приход в местечке Олбьюри, вблизи Лондона, где и прожил большую часть своей жизни. Однако истинное призвание преподобный отец Уильям нашел в преподавании математики.

«Он был жалкий проповедник,— писал его современник,— все его мысли были сосредоточены на математике, и он все время размышлял или чертил линии и фигуры на земле... Его дом был полон юных джентльменов, которые приезжали отовсюду, чтобы поучиться у него».

Плату за обучение Отред не брал, хотя не был богатым. «Жена постоянно корила его за бедность и всегда забирала подсвечник после ужина, из-за чего многие важные проблемы остались неразрешенными. Один из учеников, который тайком передал ящик свечей, заслужил его горячую благодарность». Для своих учеников Отред написал в 1631 году учебник арифметики и алгебры «Ключ математики» («Clavis mathematicae»),

пользовавшийся большой популярностью в XVII и даже XVIII столетиях.

Воспоминания современников об Отреде рисуют облик человека весьма симпатичного. Был он «невысокого роста, черноглаз и черноволос; дух его был высок, а мозг непрестанно работал». Ньютон говорил об Отреде как об «очень хорошем и рассудительном человеке... на чьи суждения можно без сомнения полагаться».

Отец Уильям был роялистом и не считал нужным скрывать свои взгляды. Поэтому лишь заступничество многочисленных друзей спасло его во время буржуазной революции от крупных неприятностей. Говорили, что он умер от радости, узнав о реставрации Карла II. Известный английский математик и логик XIX столетия А. де Морган заметил, что такая смерть вполне извинительна, если учесть, что Отреду шел в то время 86-й год.

В летние каникулы 1630 года в доме Отреда гостил его ученик и друг, лондонский учитель математики Уильям Форстер. Коллеги беседовали о математике и, как мы сказали бы сегодня, о методике ее преподавания. В одной из бесед Отред критически отозвался о школе Гюнтера, указав, что манипулирование с двумя циркулями требует много времени и дает низкую точность. Видя недоумение Форстера, высоко ценившего это изобретение, Отред показал своему ученику два изготовленных им вычислительных инструмента.

Первый состоял из двух логарифмических шкал, одна из которых могла смещаться относительно другой, неподвижной. Второй инструмент состоял из кольца, внутри которого вращался на оси круг. На круге (снаружи) и кольце (внутри) были нанесены свернутые в окружность логарифмические шкалы. Оба инструмента позволяли производить вычисления без циркулей.

Это были первые логарифмические линейки!

Форстер удивленно спросил, как мог учитель скрывать от мира столь замечательные изобретения? Ответ Отреда свидетельствует о замечательных педагогических принципах «маленького викария из Ольбюри»: «...истинный путь к овладению Искусством проходит не через Инструменты, но через Доказательства. И это нелепая манера невежественных учителей начинать с Инструментов, а не с Науки. Поэтому вместо Мастерства их ученики обучаются только трюкам, подобно фокусни-

кам. И несмотря на обучение, это приводит к потере драгоценного времени и превращению умов жаждущих и трудолюбивых в невежественные и ленивые. Использование Инструментов действительно превосходно, если человек владеет истинным Мастерством, но презренно, если это владение противопоставляется Искусству».

По просьбе Форстера Отред передал ему описания линеек и разрешил перевести их с латыни на английский и издать. Книга Форстера и Отреда «Круги пропорций» вышла в Лондоне в 1632 году. В ней описана круговая логарифмическая линейка, отличающаяся, однако, от той, которую Отред демонстрировал Форстеру летом 1630 года.

Новая линейка содержала восемь шкал, расположенных по концентрическим окружностям, выгравированных на медной пластинке, в центре которой на оси укреплены два плоских радиальных указателя (на рис. 8, заимствованном из оксфордского издания «Кругов пропорций» 1660 года, указатели отсутствуют). Одна из шкал была равномерной шкалой чисел от 1 до 10, а 7 остальных — шкалами логарифмов чисел, синусов и тангенсов.

Прямоугольная логарифмическая линейка Отреда описана в следующей книге Форстера «Дополнение к использованию инструмента, называемого Кругами Пропорций» (1633). Эта линейка состояла из двух логарифмических шкал. При употреблении они зажимались в левой руке вычислителя, и одна из них правой рукой смещалась относительно другой, неподвижной.

Права на изготовление своих линеек Отред передал известному лондонскому механику Элиасу Аллену. Осенью 1630 года, идя из мастерской Аллена, Отред встретил учителя математики Ричарда Деламейна, некогда бывшего его ассистентом. Отред рассказал Деламейну об инструментах, изготовление которых он поручил Аллену. Услыхав о круговой логарифмической линейке, Деламейн воскликнул: «Подобное изобретение сделал и я!»

Деламейн оказался более предприимчивым человеком и успел в том же 1630 году выпустить брошюру «Граммелогия, или Математическое кольцо», в которой описал круговую логарифмическую линейку и правила ее использования. Впоследствии «Граммелогия...» с изменениями и дополнениями переиздавалась еще несколько раз.

Линейка Деламейна состояла из вращающегося внутри кольца круга. В своей книге Деламейн привел несколько вариантов таких линеек, содержащих до 13 шкал. В специальном углублении Деламейн расположил плоский указатель, который мог перемещаться вдоль радиуса, облегчая использование вычислительного инструмента. В другой конструкции кольцо вращалось между неподвижным кругом и наружным кольцом. Ричард Деламейн не только описал линейки, но и предложил методику их градуировки, способы проверки точности и дал много примеров их использования.

Кажется, Отред остался вполне равнодушным, узнав о выходе «Граммелогии...». Во всяком случае, Деламейн, готовя к печати в 1631 году свою следующую книгу, «Горизонтальный квадрант», регулярно посылал Отреду для просмотра типографские оттиски. Но многочисленные ученики Отреда негодовали.

Атаку начал Форстер. В «Посвящении», предшествующем основному тексту «Кругов...», он, не называя имен, говорит о «другом, которому автор (Отред), любовно доверяя, открыл свою цель». Этот «другой» «с поспешностью, превосходящей скорость устремления к добрым делам», попытался «поскорее захватить место».

Затем последовал обмен письмами между Деламейном и «отредовцами», содержавшими взаимные упреки и обвинения. Наконец в 1633 году, в четвертом издании «Граммелогии...», Деламейн решается печатно обвинить Отреда в воровстве. Без всяких доказательств он утверждает, что Отред не изобрел круговой линейки, а все сведения о ней почерпнул из его, Деламейна, книги.

Это голословное обвинение, по словам одного из друзей Отреда, «разбудило дремлющего льва». В том же 1633 году Отред публикует памфлет в защиту своих авторских прав. Подробно описывая историю своего изобретения, Отред замечает, что оно было сделано около 12 лет назад. Памфлет полон обвинений в адрес Деламейна. Отред пишет о своем бывшем ассистенте как о человеке «дурного нрава», с «ядовитым языком, сардоническим смехом и бесстрастным взглядом», обвиняет его в математическом невежестве.

Кто же прав, Уильям Отред или Ричард Деламейн? Конечно, нечего и думать о том, чтобы спустя три с половиной столетия разрешить спор, разгоревшийся между двумя изобретателями. Скорее всего следует согла-

ситься с известным историком математики Ф. Кэджори, который считает, что изобретение логарифмической линейки было сделано независимо друг от друга Уильямом Отредом и Ричардом Деламейном.

Примерно в эти же годы был предложен и еще один тип логарифмической линейки — плоская спиральная; благодаря увеличению длины шкалы она позволяла повысить точность вычислений. Отред в своем памфлете называет автором спиральной линейки Томаса Брауна, не сообщая о нем никаких сведений. Линейка Брауна (и ее автор) была вскоре забыта. Плоскую спиральную линейку вновь изобрел и изготовил механик короля Георга III Джордж Адамс в 1748 году. Она была выгравирована на медной пластинке диаметром 12 дюймов (305 мм) и имела 10 витков.

Длину логарифмической шкалы можно увеличить, если расположить спираль не в плоскости, а на боковой поверхности цилиндра. Эта идея, принадлежащая «йоркширскому джентльмену мистеру Милбурну» и высказанная им около 1650 года, была затем развита в вычислителе Фуллера, с которым мы еще здесь встретимся.

ГЛУБИНА СОЛОДА

В 1654 году англичанин Роберт Биссакер предложил конструкцию прямоугольной логарифмической линейки, сохранившуюся в принципе до нашего времени. Его линейка состояла из трех самшитовых планок длиной около 60 см; две внешние удерживались вместе медной оправкой, а третья (движок) свободно скользила между ними. Каждой шкале на неподвижных планках соответствовала такая же на движке. Шкалы имелись на обеих сторонах линейки.

Аналогичную конструкцию предложил в 1657 году независимо от Биссакера лондонский учитель математики Сет Патридж.

Важные усовершенствования в конструкцию прямоугольной логарифмической линейки внес в 1683 году Томас Эверард, механик и налоговый чиновник. Его линейка, предназначавшаяся главным образом для определения объемов различных сосудов и емкостей, состояла из корпуса и двух движков, которые перемещались в пазах на лицевой и тыльной сторонах корпуса (рис. 9).

Эверард реализовал идею Уингейта: поместил на линейке двойные и тройные шкалы для возведения чисел в квадрат и куб, извлечения квадратного и кубического корней. Он же впервые нанес на шкалы линейки «особые точки», отмечающие числа, часто встречающиеся в вычислениях. S_1 (0,707) — сторона квадрата, вписанного в круг диаметра I ; S_2 (0,886) — сторона квадрата, равновеликого такому кругу; C (3,14) — длина окружности того же круга; W (231) — объем стандартного галлона вина в кубических дюймах, MB (2150,42) — объем стандартного бушеля солода и, наконец, A (282) — объем стандартного галлона эля. Эверард впервые применил также обратную шкалу, которая позволяла находить глубину различных бочонков стандартного объема (В соответствии с назначением линейки речь шла обычно о глубине бочонка, вмещающего бушель солода. Отсюда и наименование шкалы MD — malt depth — глубина солода).

Обратная шкала была помещена Эверардом на неподвижной части линейки. В 1797 году известный английский химик У. Волластон предложил сделать обратной одну из двух шкал движка. А еще через 100 лет французский математик А. Бегин поместил ее на движке между двумя шкалами. Здесь она пребывает и поныне.

Линейка Эверарда предназначалась главным образом для определения объема различных сосудов. Универсальная же логарифмическая линейка, пригодная для выполнения любых инженерных расчетов, была сконструирована в 1779 году выдающимся английским механиком Дж. Уаттом. Она получила название «сохо-линейки», по имени местечка близ Бирмингема, где работал Уатт (рис. 11).

В книге Дж. Фарея «Трактат о паровой машине» (1827) читаем: «М-р Уатт использовал логарифмические шкалы, нанесенные на линейку, для вычислений, относящихся к паровым машинам. Подобные инструменты давно использовались метрологами, сборщиками налогов и плотниками, но они были весьма грубо и неточно выполнены и требовали улучшений для того, чтобы их могли использовать инженеры. М-р Уатт и м-р Соутерн (математик, работавший с Уаттом.— Авт.) расположили ряд шкал на линейке весьма разумным образом и пригласили опытейших специалистов для градуировки первого образца, с которого затем были сняты копии. Впоследствии эти линейки были переданы мастерам и старшим рабочим, благодаря которым преимущества вычислений с помощью логарифмических линеек стали известны инженерам других фабрик».

Сведения об этой линейке проникли и в Россию. Описание «сохо-линейки» на русском языке было составлено «корпуса горных инженеров майором Дмитриевым», выпустившим в 1837 году «Наставление к употреблению числительной линейки Коллардо» (по имени французского механика, организовавшего в Париже выпуск логарифмических линейек). Это первая публикация на русском языке, относящаяся к логарифмическим линейкам.

КАК ПОЯВИЛСЯ «БЕГУНОК»

Немногим известно, что идея «бегунка» — неотъемлемого элемента современной линейки — была высказана великим Ньютоном.

24 июня 1675 года секретарь лондонского Королевского общества Генри Ольденбург писал Лейбницу: «Мистер Ньютон находит корни уравнений с помощью логарифмических шкал, расположенных параллельно на равных расстояниях друг от друга. Для решения кубического уравнения достаточно трех различных шкал, для уравнения четвертой степени — четырех».

Наиболее полное описание метода Ньютона содержится в книге Дж. Уилсона «Математические трактаты покойного Бенджамена Робинса», изданной в 1761 году в Лондоне.

Пусть требуется решить кубическое уравнение $ax + bx^2 + cx^3 = m$. Расположим параллельно четыре логарифмические шкалы, причем две первые AB и CD являются одинаковыми, шкала EF — двойная, а шкала GH — тройная. Шкала AB неподвижна, а остальные могут смещаться по самим себе влево или вправо.

Проведем линию LM перпендикулярно шкалам (рис. 10). Она пересечет две верхние шкалы в точках, соответствующих некоторому числу N ; на шкале EF пересечение будет соответствовать числу N^2 , а на шкале GH — числу N^3 . Если сдвинуть теперь шкалу CD так, чтобы под точкой A находилась отметка a , то линия LM пересечется с этой шкалой в точке aN . Аналогичными сдвигами можно получить остальные произведения, входящие в левую часть уравнения.

Если число N является корнем уравнения, то сумма чисел на трех сдвинутых шкалах будет равна m . Поэтому алгоритм решения корня кубического уравнения сводится к смещению линии LM параллельно самой себе до тех пор, пока сумма отметок на шкалах CD , EF и GH не делается равной m . Отрезок AL будет при этом соответствовать искомому корню уравнения. Легко понять, что линия LM играет здесь роль «бегунка».

Но физически — как элемент логарифмической линейки — «бегунок» появился лишь спустя сто лет, когда

Джон Робертсон, преподаватель Королевской математической школы в Портсмуте, а затем библиотекарь лондонского Королевского общества, предложил собственную линейку, предназначенную для навигационных расчетов. На одной ее стороне помещались равномерные, а на другой — логарифмические шкалы. Вдоль этой стороны двигался «индекс» — тонкая медная пластинка, с помощью которой можно было считывать соответствующие друг другу числа на различных шкалах линейки.

ЛИНЕЙКА СТАНОВИТСЯ СЛОЖНЕЕ

Принципиально новую шкалу для линейки предложил П.-М. Роже, представивший в 1817 году лондонскому Королевскому обществу «Описание инструмента для механического выполнения операций возведения в степень и извлечения корня». Роже нанес на движке обычную логарифмическую шкалу, а на неподвижной части линейки — шкалу повторного логарифма, то есть $\log \log N$. Вследствие известных соотношений $\log(y^x) = x \log y$; $\log(\log(y^x)) = \log x + \log \log y$, если деление «1» движка установить напротив деления y на неподвижной шкале, то против деления x , найденного на движке, на неподвижной шкале можно прочесть y^x . Таким образом, линейка Роже позволяет при одном перемещении движка получить результаты.

В 1878 году профессор Джордж Фуллер из Белфаста, воспользовавшись идеей Милбурна, сконструировал спиральную логарифмическую линейку, получившую название «вычислителя Фуллера».

Линейка (рис 12) состоит из полого цилиндра f , составляющего одно целое с рукояткой p . К ней прикреплен стальной стержень bb^1 , конец которого b служит неподвижным указателем; подвижный указатель закреплен на цилиндре g и имеет вид стальной полоски n , заканчивающейся острием c . Цилиндр g входит внутрь f и может вращаться в нем.

Спиральная логарифмическая шкала нанесена на поверхности цилиндра a , который может перемещаться вдоль f и поворачиваться относительно него. Чтобы получить при вычислениях четвертый или пятый десятичный знак, используются еще две равномерные шкалы, расположенные вокруг цилиндра a и на полоске n . На цилиндре f нанесены шкалы логарифмов тригонометрических функций (либо вспомогательные таблицы).

В 1850 году Амедей Маннхейм, 19-летний французский офицер, служивший в крепости Метц, предложил

прямоугольную логарифмическую линейку, которая стала наиболее популярной среди инструментов подобного рода.

Маннхейм родился в 1831 году, в возрасте 17 лет поступил в парижскую Политехническую школу, а через два года в чине лейтенанта артиллерии вступил во французскую армию. Впоследствии юный лейтенант дослужился до полковника и, кроме того, сделал научную карьеру, став профессором своей «альма матер».

Свой инструмент Маннхейм описал в брошюре «Модифицированная вычислительная линейка», изданной в 1851 году. В течение последующих 20—30 лет его линейки выпускались во Франции, а затем стали изготавливаться фирмами Англии, Германии, США.

Расположение шкал на линейке Маннхейма близко к современному. Кроме того, ему удалось популяризировать применение «бегунка». Он показал, что «бегунок» можно использовать не только для считывания соответствующих чисел на далеко расположенных шкалах, но также и для сложных вычислений без записи промежуточных результатов.

Линейка Маннхейма завоевала популярность во всем мире как портативный и удобный инструмент для ежедневных расчетов, обеспечивающий вычисления с точностью трех десятичных знаков. За 350-летнюю историю были созданы сотни различных конструкций логарифмических линеек. Долгой и счастливой оказалась судьба скромной логарифмической шкалы!

Читателю, знакомому с современными компьютерами, старинные механические счетные машины и приборы покажутся жалкими или забавными уродцами. Но первое впечатление обманчиво: углубившись в историю счетных машин, вы увидите поразительную изобретательность, хитроумие и настойчивость их создателей. Может быть, вы проникнетесь уважением к ним, если вспомните слова Блеза Паскаля о том, что для создания арифметической машины ему потребовались все ранее приобретенные им знания по геометрии, физике, механике. Действительно, «...механик... должен быть человеком, который не только знает подлежащие обработке материалы, такие, как дерево, сталь, железо, медь, серебро, золото, стекло и другие, и который умеет на основании физических законов решить, насколько каждый из этих материалов по своей природе и свойствам способен выдержать обработку, придающую изделиям необходимые пропорции и прочность... но он также должен выполнить свою работу в соответствии с механическими науками и с учетом требуемых размеров и существующих или предполагаемых нагрузок, для чего ему необходимо знать из геометрии и арифметики все то, что потребуется при расчете машины. И если он действительно хочет знать свое дело, он должен в совершенстве понимать все ремесла и науки, для которых ему придется изобретать и изготавливать машины, иначе он не будет знать, что он делает, и не сможет ничего усовершенствовать или изобрести что-нибудь новое, а именно это в первую очередь требуется от механика. Но, кроме того, он должен родиться механиком, чтобы не только быть искусным от природы в изобретательстве, но и уметь перенять все науки и ремесла таким образом, что о нем можно было бы сказать: то, что видят его глаза, могут сделать его руки. Его любовь к своей профессии не позволяет ему обойтись без тревог и расходов, ибо в течение всей жизни ему придется каждодневно учиться чему-нибудь новому и экспериментировать...»

Этот гимн профессии механика принадлежит немецкому инженеру и писателю Якобу Лейпольду (1674—1727). Одна из книг Лейпольда — «*Theatrum arithmetico-geometricum*», что можно перевести как «Описание устройства для арифметических и геометрических вычислений», — дала название этой части.

*.. есть ли что милей на свете,
Чем уноситься в дух иных столетий
И умозаключать из их работ,
Как далеко шагнули мы вперед?*

И. В ГЕТЕ (1749—1832)

ДВА ВЕЧЕРА У ГЕРЦОГИНИ д'ЭГИЙОН

Вечером 14 апреля 1652 года окна загородного особняка герцогини д'Эгийон в Малом Люксембурге были ярко освещены. Гости хозяйки дома — племянницы покойного кардинала Ришелье — собрались в этот день по несколько необычному для светского общества поводу. Как писал в своей рифмованной газете «Историческая муза» поэт Жан Лоре,

От горничной до герцогини
К математической машине
Проявлен всеми интерес.
И вот однажды некто Блез
Паскаль с большим проникновеньем
Им рассказал про вычисления
И логику И тем исторг
Глубокий искренний восторг
И в благодарность за беседу
Был уподоблен Архимеду*.

Сохранившиеся портреты позволяют представить внешний облик «французского Архимеда»: он хрупок и невысок ростом; вьющиеся волосы ниспадают на плечи; белый отложной воротник подчеркивает нездоровую бледность лица, черты которого скорее некрасивы, нежели привлекательны: покатый лоб, вислый с горбинкой нос, пухлые губы... пожалуй, замечательны лишь темные, внимательные глаза...

Паскалю не исполнилось еще и 29 лет, но имя его уже хорошо известно ученому миру Европы. В 16 лет он

* Перевод И. М. Липкина

пишет замечательный «Опыт о конических сечениях». 53 строчки этого сочинения были отпечатаны в количестве 50 экземпляров, так что их можно было расклеивать на улицах, что в то время иногда практиковалось. Одна из теорем, приведенных в этом сочинении, под названием *теоремы Паскаля* до сих пор остается в числе основных теорем проективной геометрии.

В 23 года Паскаль обращается к физическим проблемам. Его исследования атмосферного давления и давления в жидкостях похоронили пресловутый *horror vacui* (боязнь пустоты), подарив нам гидростатический закон Паскаля, идею альтиметра и гидравлического пресса.

И вот к славе математика и физика прибавилась слава выдающегося изобретателя и механика. В 18 лет Паскаль начинает работать над созданием машины, с помощью которой даже незнакомый с правилами арифметики мог производить ее четыре действия.

Вопросы, на которые Паскалю-конструктору необходимо было ответить в процессе этой работы, можно сформулировать следующим образом.

1. Как физически (предметно) представить числа в машине?
2. Как осуществить ввод исходных числовых данных?
3. Как выполнить арифметические операции механическим путем?
4. Как осуществить перенос десятков?
5. Как представить вычислителю вводимые исходные данные и результаты вычислений?

Паскаль смог, вероятно, без особых усилий справиться с этими задачами. Трудности подстерегали его в другом. Свидетельствует Жильберта Паскаль: «Эта работа очень утомляла брата, но не из-за напряжения умственной деятельности и не из-за механизмов, изобретение которых не вызывало у него особых усилий, а из-за того, что рабочие плохо понимали его». И это не удивительно. Точная механика только рождалась, и качество, которого добивался Паскаль, превышало возможности его мастеров. Поэтому Паскалю нередко самому приходилось браться за напильник и молоток или ломать голову над тем, как изменить в соответствии с квалификацией мастера интересную, но сложную конструкцию.

Первая работающая модель машины была готова уже в 1642 году *. Паскаля она не удовлетворила, и он сразу же начал конструировать новую модель. «Я не экономил,— писал он впоследствии, обращаясь к «другу-читателю»,— ни времени, ни труда, ни средств, чтобы довести ее до состояния быть тебе полезной... Я имел терпение сделать до 50 различных моделей: одни деревянные, другие из слоновой кости, из эбенового дерева, из меди...»

Паскаль экспериментировал не только с материалом, но и с формой деталей машины: модели были сделаны — «одни из прямых стержней или пластинок, другие из кривых, иные с помощью цепей; одни с концентрическими зубчатыми колесами, другие — с эксцентриками; одни — движущиеся по прямой линии, другие — круговым образом; одни — в форме конусов, другие — в форме цилиндров...»

Наконец в 1645 году арифметическая машина, как назвал ее Паскаль, или Паскалево колесо, как называли ее те, кто был знаком с изобретением молодого ученого, была готова.

Она представляла собой легкий латунный ящик размером $350 \times 125 \times 75$ мм (рис 14). На верхней крышке — 8 круглых отверстий, вокруг каждого нанесена круговая шкала. Шкала крайнего правого отверстия разделена на 12 равных частей, шкала соседнего с ним отверстия — на 20 частей, шкалы остальных 6 отверстий имеют десятичное деление. Такая градуировка соответствует делению либра — основной денежной единицы того времени — на более мелкие $1 \text{ су} = \frac{1}{20}$ либра и $1 \text{ денье} = \frac{1}{12} \text{ су}$.

В отверстиях видны зубчатые колеса, находящиеся ниже плоскости верхней крышки. Число зубьев каждого колеса равно числу делений шкалы соответствующего отверстия (например, у крайнего правого колеса 12 зубьев). Каждое колесо может вращаться независимо от другого на собственной оси. Поворот колеса осуществляется от руки с помощью ведущего штифта, который вставляется между двумя смежными зубьями. Штифт поворачивает колесо до тех пор, пока не наталкивается на неподвижный упор, закрепленный в нижней части крышки и выступающий внутрь отверстия левее цифры 1 круговой шкалы. Если, например, вставить штифт между зубьями, расположенными против цифр 3 и 4, и повернуть колесо до упора, то оно повернется на $\frac{8}{10}$ полного поворота.

Поворот колеса передается посредством внутреннего механизма машины цилиндрическому барабану, ось которого расположена горизонтально. На боковой поверхности барабана нанесены два

* В 1942 году в суровые военные дни в Лондоне состоялось торжественное собрание членов Королевского астрономического общества и представителей борющейся Франции, посвященное 300-й годовщине создания первой счетной машины Паскаля.

ряда цифр; цифры нижнего ряда расположены в порядке возрастания — 0, ..., 9, цифры верхнего ряда — в порядке убывания — 9, 8, ..., 1, 0. Они видны в прямоугольных окнах крышки. Планка, которая помещается на крышке машины, может передвигаться вверх или вниз вдоль окон, открывая либо верхний, либо нижний ряд чисел в зависимости от того, какое математическое действие нужно произвести.

В отличие от известных счетных инструментов типа абака в арифметической машине вместо предметного представления чисел использовалось их представление в виде углового положения оси (вала) или колеса, которое несет эта ось. Для выполнения арифметических операций Паскаль заменил поступательное перемещение камешков, жетонов и т. д. в абаковидных инструментах на вращательное движение оси (колеса), так что в его машине сложению чисел соответствует сложение пропорциональных им углов.

Колесо, с помощью которого осуществляется ввод чисел (так называемое установочное колесо), в принципе не обязательно должно быть зубчатым — этим колесом может быть, например, плоский диск, по периферии которого через 36° просверлены отверстия, в которые вставляется ведущий штифт.

Нам осталось познакомиться с тем, как Паскаль решил самый, пожалуй, трудный вопрос, — о механизме переноса десятков. Наличие такого механизма, позволяющего вычислителю не тратить внимания на запоминание переноса из младшего разряда в старший, — это наиболее разительное отличие машины Паскаля от известных счетных инструментов.

На рис 16 изображены элементы машины, относящиеся к одному разряду: установочное колесо N , цифровой барабан I , счетчик, состоящий из 4 корончатых колес B , одного зубчатого колеса K и механизма передачи десятков. Заметим, что колеса B^1 , B^4 и K не имеют принципиального значения для работы машины и используются лишь для передачи движения установочного колеса N цифровому барабану I . Зато колеса B^2 и B^3 — неотъемлемые элементы счетчика и в соответствии со «счетно-машинной» терминологией именуются счетными колесами. На рис 15 показаны счетные колеса двух соседних разрядов, жестко насаженные на оси A_1 и A_2 , и механизм передачи десятков, который Паскаль назвал «перевязь» (*sautoir*). Этот механизм имеет следующее устройство.

На счетном колесе B_1 младшего разряда имеются стержни C_1 , которые при вращении оси A_1 входят в зацепление с зубьями вилки M , расположенной на конце двухколенного рычага D_1 . Этот рычаг свободно вращается на оси A_2 старшего разряда, вилка же несет на себе подпружиненную собачку. Когда при вращении оси

A_1 колесо B_1 достигнет позиции, соответствующей цифре 6, стержни C_1 войдут в зацепление с зубьями вилки, а в тот момент, когда оно перейдет от 9 к 0, вилка выскользнет из зацепления и под действием собственного веса упадет вниз, уводя за собой собачку. Собачка и протолкнет счетное колесо B^2 старшего разряда на один шаг вперед (то есть повернет его вместе с осью A_2 на 36°). Рычаг H , оканчивающийся зубом в виде топорика, играет роль зашелки, препятствующей вращению колеса B_1 в обратную сторону при поднимании вилки.

Механизм переноса действует только при одном направлении вращения счетных колес и не допускает выполнения операции вычитания вращением колес в обратную сторону. Поэтому Паскаль заменил эту операцию операцией сложения с десятичным дополнением.

Пусть, например, необходимо из 532 вычесть 87. Метод дополнения приводит к действиям

$$532 - 87 = 532 - (100 - 13) = (532 + 13) - 100 = 445.$$

Нужно только не забыть вычесть 100. Но на машине, имеющей определенное число разрядов, об этом можно не заботиться. Действительно, пусть на 6-разрядной машине выполняется вычитание: $532 - 87$. Тогда $000532 + 999913 = 1000445$. Но самая левая единица потеряется сама собой, так как переносу из 6-го разряда некуда деться. В машине Паскаля десятичные дополнения написаны в верхнем ряду цифрового барабана. Для выполнения операции вычитания достаточно передвинуть планку, закрывающую прямоугольные окна, в нижнее положение, сохранив при этом направление вращения установочных колес.

Одну из первых удачных моделей своей машины Паскаль преподнес канцлеру Сегье. Покровительство Пьера Сегье помогло ученому получить 22 мая 1649 года королевскую привилегию, которая устанавливала его приоритет в изобретении и закрепляла за ним право производить и продавать машины. С 1646 по 1652 год Паскаль изготовил некоторое количество машин и часть их продал (до наших дней сохранилось 8 машин). Любопытно, что в Париже роль маклера и демонстратора машины выполнял известный математик Роберваль, который был близким другом отца изобретателя Этьена Паскаля.

Паскаль продолжал работать над усовершенствованием машины, в частности пытался сконструировать устройство для извлечения квадратного корня. Работа продолжалась вплоть до 1652 года, и дата «светской конференции» у герцогини д'Эгийон — одна из последних в истории паскалевской машины. Еще через несколько

месяцев он отправит свою машину юной шведской королеве Христине, славившейся умом, эксцентричностью и ученостью, а затем навсегда отойдет от занятий вычислительной техникой.

Так завершится история создания арифметической машины Паскаля, которая по случайному стечению обстоятельств также началась в доме герцогини д'Эгийон (правда, в парижском) 4 апреля 1639 года.

В этот день здесь давали любительский спектакль, на котором присутствовал фактический правитель Франции, всемогущий кардинал Ришелье. Кардиналу, большому любителю драм, в том числе и разыгрываемых на подмостках, пришла фантазия увидеть трагедию в исполнении детей. Подготовить представление взялась герцогиня д'Эгийон. Она выбрала пьесу популярного парижского поэта и драматурга Жоржа де Сюдери «Тираническая любовь», написанную в модном жанре трагикомедии. Мадам д'Эгийон, хорошо знакомая с семейством Этьена Паскаля, знала, что младшая дочь Жаклина увлекалась театральным искусством и брала уроки у известного актера Мондори. К Паскалю был послан гонец, возвратившийся, впрочем, ни с чем. «Моя мать с горечью сказала, что она оказалась в Париже одна, с братом и сестрой, очень огорченными отсутствием отца, и никто из них не испытывает желания доставить удовольствие господину кардиналу», — вспоминала впоследствии дочь старшей сестры Блеза — Жильберта.

Дело в том, что в 1638 году Этьен Паскаль возглавил группу недовольных рантье́ров, протестовавших против решения правительства отменить выплату ренты, и кардинал Ришелье приказал упрятать «бунтовщика» в Бастилию. Паскалю пришлось бежать, и дети остались в Париже одни.

Отказ не обескуражил герцогиню. Она намекнула, что если кардиналу понравится игра Жаклины, то на этом можно будет сыграть.

Спектакль, на котором присутствовали П. Сегье, Ж. де Сюдери, а также Жильберта и Блез Паскаля, имел большой успех. Особенно понравилась всем Жаклина. Хотя ее прелестное личико было обезображено следами недавно перенесенной оспы, искренность, с которой она произносила александрийские стихи ее героини Кассандры, покорила зал. После того как опустился занавес, девочка бросилась к кардиналу и, давась сле-

зами, начала бормотать заранее подготовленные слова. Ришелье обнял Жаклину и посадил ее на колени. Успокоившись, она начала читать стихи, в которых просила простить отца. Растроганный кардинал уверил Жаклину, что сделает все, о чем она просила. «И действительно, вы должны что-нибудь сделать для этого человека, — сказала герцогиня д'Эгийон. — Я слышала, что это весьма достойный и очень образованный человек. Было бы плохо, если бы он остался не у дел...»

Кардинал сдержал свое слово: Этьен Паскаль был прощен и назначен на пост интенданта Руанского генеральства. В Руан семейство Паскалей прибыло 2 января 1640 года, и Э. Паскаль сразу же погрузился в работу. Он ночи напролет просиживал над подсчетами налоговых сборов. Блез помогал отцу. Впоследствии он писал, что начал работу над арифметической машиной, желая облегчить громоздкие вычисления, которые он делал для отца.

Использовалась ли машина Паскаля в практических расчетах? Об этом нет никаких сведений. Современники ученого, восхищаясь машиной, все же находили ее сложной, ненадежной, малопригодной для практических целей. Да и не только современники. Примерно через 150 лет в книге А. И. Орлова «Французский ученый Влас Паскаль. Его жизнь и труды» о машине будет сказано следующее: «Устройство ее очень сложно. С помощью этой машины человек, даже вовсе незнакомый с правилами арифметики, может делать с точностью всякие вычисления. Такая машина, разумеется, слишком дорога и сложна, чтобы быть полезной людям» (разрядка наша. — Авт.).

Впоследствии были созданы счетные (вычислительные) машины, несравненно более дорогие и более сложные, нежели машина Блеза Паскаля; машины, пользу которых для человечества трудно переоценивать... Однако их начало следует искать в скромном паскалевском колесе.

КТО ИЗОБРЕЛ КОЛЕСО?

В истории науки открытия встречаются не так уж часто. Поэтому настоящей сенсацией стал доклад доктора Франца Гаммера на семинаре по истории математи-

ки в Научно-исследовательском математическом институте Обервольфаха (ФРГ) в 1957 году.

Более 300 лет считалось, что автором первой счетной машины является Блез Паскаль. Правда, иезуит Иоганн Цирман в своей книге «*Disciplinae mathematicae*» (1640) писал о счетной машине, которую он якобы изобрел, изготовил и успешно демонстрировал во время своих лекций в Амстердаме и Левене. Однако машину отца Иоганна никто не видел, и пальма первенства безоговорочно отдавалась Паскалю.

Гаммеру удалось показать, что проект первой счетной машины был создан по меньшей мере на два десятилетия раньше, чем колесо Паскаля, а сама машина была (предположительно) изготовлена в середине 1623 года.

История этого открытия такова.

Работая в городской библиотеке Штутгарта, директор Кеплеровского научного центра доктор Гаммер обнаружил фотокопию эскиза неизвестной ранее счетной машины *. Ему удалось установить, что этот эскиз представляет собой отсутствующее приложение к опубликованному ранее письму к Кеплеру профессора университета в Тюбингене Вильгельма Шиккарда. В письме от 25 февраля 1624 года Шиккард, ссылаясь на чертеж, описывает внешнее устройство придуманной им счетной машины, которую он назвал «часами для счета» (рис. 17): «...aaa — верхние торцы вертикальных цилиндров, на боковых поверхностях которых нанесены таблицы умножения; цифры этих таблиц при необходимости могут наблюдаться в окнах *vvv* скользящих планок. К дискам *ddd* крепятся изнутри машины колеса с десятью зубьями, каждое из которых находится в таком зацеплении к себе подобным, что если любое правое колесо повернется десять раз, то находящееся слева от него колесо сделает один поворот или, если первое из упомянутых колес сделает 100 оборотов, третье слева колесо повернется один раз. Для того чтобы зубчатые колеса вращались в одном и том же направлении, необходимо иметь промежуточные колеса... Цифры, которые имеются на каждом колесе, могут наблюдаться в отверстиях *sss* среднего выступа. Наконец, на нижнем выступе имеются вращающиеся головки *eee*, служащие для записи чисел,

* Оригинал хранился в архиве Кеплера, находящемся в Пулковской обсерватории близ Ленинграда.

которые появляются при вычислениях — они видны в отверстиях.fff...»

Теперь стало более понятным другое письмо Шиккарда Кеплеру (от 20 сентября 1623 года), на которое прежде исследователи обращали мало внимания. В нем Шиккард сообщал, что осуществил механически то, что Кеплер делал алгебраически. Он сконструировал машину, состоящую из 11 полных (десятизубых.— *Авт.*) и 6 неполных (однозубых.— *Авт.*) колес. Машина сразу и автоматически проделывает сложение и вычитание, умножение и деление. Кеплер был бы приятно удивлен, пишет Шиккард, если бы увидел, как машина сама накапливает и переносит влево десяток или сотню и как она отнимает то, что держит в уме при вычитании...

Гаммеру удалось обнаружить еще один чернильный набросок машины Шиккарда и письменные указания механику Вильгельму Пфистеру, изготовлявшему машину, а также собрать некоторые биографические сведения об ученом.

Вильгельм Шиккард (1592—1636) появился в Тюбингене в 1617 году как профессор кафедры восточных языков местного университета. В том же году он вступает в переписку с Кеплером и рядом немецких, французских, итальянских и голландских ученых по вопросам астрономии. Заметив в 25-летнем ученом незаурядные математические способности, Кеплер настоятельно советует ему заняться математикой. Последовав этому совету, Шиккард достиг больших успехов на новом поприще, и в 1631 году занял кафедру математики и астрономии. В 1636 году Шиккард и его семья погибли от холеры. Труды ученого были забыты в смутное время Тридцатилетней войны.

Следуя найденным Гаммером материалам, ученые Тюбингенского университета в начале 60-х годов построили действующую модель машины Шиккарда (рис. 20).

Машина была десятичной, 6-разрядной. На каждой из 6 параллельных осей располагались: гладкий диск с 10 отверстиями (установочное колесо, одно из отверстий метилось белой точкой, означавшей нулевое отверстие, начало отсчета), зубчатое (счетное) колесо с 10 зубьями, цилиндр с цифрами на боковой поверхности и однозубое колесо. Ниже этого ряда располагался другой цилиндр, состоявший из 5 параллельных осей, на каждой из которых сидела десятизубая шестеренка (триб). Она находилась в постоянном зацеплении с десятизубым колесом левого (старшего) разряда и могла

поворачиваться однозубым колесом, расположенным справа. Это однозубое колесо выполняло роль механизма передачи десятков, шестеренка же была промежуточным элементом, благодаря которому все счетные колеса вращались в одну сторону. Для работы с числами, чья сумма превышала миллион, Шиккард предлагал использовать предметное представление каждой единицы 7-го разряда — отмечалась колечком, которое надевалось на палец левой руки.

Вычитание выполнялось вращением установочных колес в обратном направлении, так как механизм передачи десятков был реверсивным.

Кроме суммирующего механизма, в машине Шиккарда имелось множительное устройство, расположенное в верхней, вертикальной, части машины и представлявшее собой неперовские палочки, свернутые в цилиндр (о них речь будет идти в следующей главе).

Была ли построена машина Шиккарда при жизни ее изобретателя? К сожалению, на этот счет нет достоверных сведений. Из упоминавшегося выше письма Шиккарда от 25 февраля 1624 года следует, что один наполовину готовый экземпляр машины, находившийся у механика Пфистера, сгорел во время трехдневного пожара, «поэтому я пишу тебе, чтобы отвести душу, так как переживаю потерю очень тяжело и не имею времени быстро создать новую машину», — добавляет Шиккард.

На вопрос, использовал ли Паскаль в своей арифметической машине идеи Шиккарда, следует ответить отрицательно. Документы говорят о том, что никаких сведений о счетной машине 1623 года не дошли до научных кругов Парижа*, и, следовательно, Паскаль был полностью независим в своем изобретении. Некоторые элементы (в частности, способ ввода чисел в машину) у Шиккарда и Паскаля в принципе идентичны, однако основной узел машины — механизм передачи десятков — выполнен у Шиккарда значительно проще и надежнее. Впоследствии шиккардовский способ передачи был переизобретен другими; он встречается в счетных машинах значительно чаще, нежели паскалевский.

Вероятно, Вильгельма Шиккарда следует считать одним из предшественников механизации счета, но не изобретателем счетной машины, так как его машину никто не видел, распространения она не получила и в отличие от машины Паскаля влияния на последующее развитие механизации счета не оказала.

* Ни Шиккард, ни Кеплер впоследствии не возвращались в своей переписке к вопросу о механизации счета.

Итак, счетное колесо впервые предложил не Паскаль, а Шиккард! Но, может быть, и у него были предшественники?

Через 10 лет после открытия Франца Гаммера в Национальной библиотеке Мадрида были обнаружены два тома неопубликованных рукописей Леонардо да Винчи. И среди чертежей «Codex Madrid I», почти полностью посвященного прикладной механике, ученые нашли эскиз 13-разрядного суммирующего устройства с десятизубыми колесами. В рекламных целях оно было воспроизведено фирмой IBM (рис. 22) и оказалось вполне работоспособным ..

Но был ли и Леонардо да Винчи первым?

«НОВЫЙ И ЧРЕЗВЫЧАЙНО ПОЛЕЗНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СЛОЖЕНИЯ И ВЫЧИТАНИЯ...»

Так нескромно отзывался о своей созданной в 1666 году машине соратник Кромвеля, а впоследствии *magister mechanicozum* короля Карла II, дипломат, историк и замечательный механик сэр Сэмюэл Морлэнд (1625—1695). Подробнее с трудной жизнью сэра Сэмюэла и его злоключениями мы познакомимся в следующей главе, а сейчас лишь рассмотрим его суммирующую машину — первую в Англии.

Верхняя крышка машины (рис 21) посеребрена, и в ней сделано 6 отверстий, градуированных по периметру; шкалы нижних отверстий разделены на 4, 12 и 20 частей (они использовались для подсчета фартингов, пенсов и шиллингов), верхние отверстия имеют десятичные шкалы — для подсчета единиц, десятков и т. д. фунтов стерлингов. Под каждым отверстием — диск, градуированный аналогичным отверстием образом и вращающийся на оси, укрепленной на нижней крышке машины. Напротив каждой цифры на диске — отверстие; вставив в него штифт, можно повернуть диск на определенный угол, установив таким образом в данном разделе машины нужную цифру. Эта цифра видна в окошке в верхней части каждой шкалы. Под окошком, несколько несимметрично относительно его центра, расположен упор, который служит стопором для штифта при вводе чисел. Таким образом, механизм ввода в машину Морлэнда в принципе не отличается от шиккардовского и паскалевского.

Над каждым диском есть еще один малый диск, который служит счетчиком оборотов нижнего. Это достигается с помощью одноступенчатой передачи: у нижнего диска один зуб, у верхнего — 10, поэтому при полном повороте нижнего диска верхний поворачивается

на $\frac{1}{10}$ своего оборота. Для регистрации этого поворота на ось верхнего диска поверх него насажен гладкий диск с десятичной шкалой.

В начале счета все диски с помощью штифта выставляются на нуль. При сложении нижний диск вращается по часовой стрелке, при вычитании — против нее, причем в этом случае штифт вставляется в отверстие, находящееся под окошком, а диск вращается до совпадения с цифрой вычитаемого.

Полученные в каждом разряде результаты соответствующим образом суммируются, например число, зарегистрированное счетчиком полных оборотов разряда фартингов, добавляется к разряду пенсов путем поворота нижнего диска разряда пенсов на соответствующий угол.

Морлэнд, по-видимому, переизобрел однозубую передачу Шиккарда, но использовал ее в упрощенном варианте — не для передачи десятков, которая в машине Морлэнда отсутствовала, а лишь для автоматического подсчета полных оборотов счетного диска.

Машина Морлэнда примитивнее своих предшественниц. Пожалуй, будь сэр Сэмюэл знаком с машинами Шиккарда и Паскаля, он не стал бы столь нескромно нахваливать свое изобретение и издавать о нем брошюру, название которой мы использовали в качестве заголовка.

ЕЩЕ ОДНО УВЛЕЧЕНИЕ ГОСПОДИНА КЛОДА ПЕРРО

В начале XVII века в Париже жил некий парламентский адвокат по имени Пьер Перро и было у него пятеро сыновей — Жан, Никола, Пьер, Шарль и Клод.

Однажды Никола Буало-Депрео, знаменитый поэт и, по словам А. С. Пушкина, «французских рифмачей суровый судия», сказал, что «в духе этой семьи была определенная странность».

Этой странностью, поражавшей не только Буало, но и многих его современников, была склонность братьев к увлечению самыми разнообразными занятиями. Пожалуй, лишь старший — Жан, выбравший профессию отца, сохранил некоторое постоянство вкусов.

Никола Перро посвятил себя церкви, но, будучи уже бакалавром теологии, занимался математикой, механикой и .. пародийным переложением в стихах шестой книги «Энеиды», которое заслужило похвалу самого Сирано де Бержерака. Впоследствии, впрочем, Никола оставил светские увлечения и достиг высокого совер-

шенства в религиозном красноречии. Он умер 38 лет от роду, оставив после себя несколько теологических сочинений.

Пьер Перро-младший был адвокатом и финансистом, но разорился и нашел утешение и источник пропитания в занятиях наукой, литературной критикой и переводами.

Шарль Перро, самый знаменитый, пожалуй, из всех братьев, был королевским контролером зданий, но, кроме того, полным академиком, известным поэтом, критиком, эссеистом, мемуаристом, а в конце жизни — еще и знаменитым сказочником.

Наконец Клод Перро — самый «перроистый» из всех Перро — врач и архитектор, физик, натуралист, переводчик, археолог, конструктор, механик, а при случае — рифмоплет.

Братья Перро были преданы друг другу как члены шотландского клана, и каждый из них в любой дискуссии мог рассчитывать на перо других Перро. Примером тому может служить известный в истории литературы «Спор о древних и новых авторах»; братья Перро выступали в нем против подражания древним «классицистам» во главе с Никола Буало.

Наступление начал Пьер Перро в предисловии к собственному переводу «Перевернутого ведра» Тассони (1678). Буало незамедлил откликнуться: четвертую песнь своего «Поэтического искусства» он начал весьма прозрачным намеком:

Жил во Флоренции когда-то некий врач —
Прославленный хвастун и всех больных палач.
С чумою у врача большое было сходство,
Тут он обрек детей на раннее сиротство,
А там из-за него оплакал брата брат,
Не перечать — увы — бесчисленных утрат...

Далее говорилось о том, как однажды незадачливый врач

...в лавке приобрел линейку, карандаш,
Галена тяжкий труд навек оставил прочим
И, недостойный врач, стал превосходным зодчим

В литературно-художественных кругах Парижа узнали во «враче из Флоренции» другого Перро — Клода.

Клод не остался в долгу, написав басню «Ворон, излеченный аистом, или Совершенный завистник». Буало ответил эпиграммой, в которой объявлял нападки на древних безумием и варварством и удивлялся тому,

что последнее могло свить себе гнездо во Французской академии. Это был намек на Шарля Перро — члена академии. И Шарль нанес последний и сокрушительный удар в поэме «Век Людовика Великого» и в критических «Параллелях между древними и новыми авторами» (1687).

Отвергнув античную литературу как образец для подражания, Ш. Перро обратился к фольклору. В 1696 году в журнале «Галантный Меркурий» была напечатана без обозначения автора сказка «Спящая красавица». В следующем году она вместе с другими («Красная шапочка», «Кот в сапогах», «Мальчик с пальчик») была напечатана в отдельном сборнике «Сказки моей матери Гусыни, или Истории и сказки былых времен с моральными наставлениями». Сборник имел шумный успех, и вряд ли сейчас можно найти человека, не слыжавшего в детстве этих сказок.

Главный герой нашего рассказа — Клод Перро — в течение 50 лет своей жизни довольствовался занятиями медициной, «натуральной историей» и физикой. Учился он на медицинском факультете Сорбонны, одного из старейших в Европе университетов. Любопытны вопросы, которые Клод Перро выбрал для экзаменационной работы на степень бакалавра:

Стареет ли душа, как и тело?

Не опасно ли в летние дни охлаждать вино льдом?

Нужно ли применять прижигания в случае застарелой дрожи головы и членов?

Не менее содержательны были вопросы, нашедшие отражение в его докторской диссертации:

Может ли врач жениться?

Может ли он путешествовать?

Может ли он торговаться с больными?

Следует ли в случае четвертого приступа лихорадки применять кровопускание или лучше назначать очищение желудка?

В 1661 году, когда Клоду шел уже 48-й год, умер всемогущий временщик кардинал Джулио Мазарини. Руководителем внутренней и внешней политики государства стал Кольбер, сын сукноторговца из Реймса. Умный, суровый, «никогда не улыбавшийся» Жан-Батист Кольбер фанатично служил делу укрепления во Франции абсолютной монархии. Он, в частности, считал, что литература и искусство нужны лишь постольку, по-

сколько они прославляют и возвеличивают «короля-солнце» Людовика XIV. В 1665 году Кольбер провел реорганизацию Королевской академии живописи, превратив ее в государственное учреждение, а в 1671 году основал Королевскую академию архитектуры. Он посылал молодых архитекторов в Рим учиться на классических образцах древности и требовал от академии переводов и изданий книг античных авторов, в частности «10 книг по архитектуре», принадлежавших перу выдающегося римского инженера и архитектора Марка Поллиона Витрувия.

По рекомендации близкого к Кольберу Шарля Перро перевод Витрувия был поручен Клоду, который необычайно увлекся искусством «застывшей музыки» и решил испытать свои силы в архитектуре. Один из первых проектов Клода Перро, связанный с перестройкой Лувра, сделал его известным зодчим. Перро стал победителем конкурса на проект восточного фасада ансамбля двух дворцов, объединенных в XVII веке, — Тюильри и Лувра. Фасад, именующийся также «Колоннадой Перро», строился вплоть до 1674 года. Он является одним из наиболее известных архитектурных произведений французского классицизма и, несомненно, наиболее выдающимся произведением Клода Перро.

Среди других работ Перро, умершего 9 октября 1688 года в Париже, можно отметить сочинение «О пяти типах античных колонн», 4-томное «Эссе по физике», «Мемуар по натуральной истории животных», в котором, между прочим, впервые правильно названа причина изменения окраски у хамелеона, и, наконец, «Сборник большого числа машин собственного сочинения», изданный посмертно в 1700 году. В нем собраны изобретения Перро, описанные ранее в периодически издаваемом «Сборнике машин, одобренных академией». Среди этих изобретений — «машинны для поднятия тяжестей», «маятниковые часы, приводимые в движение с помощью воды», «машинна для увеличения эффекта огнестрельного оружия» и многие другие. Под № 10 здесь числится изобретение, объясняющее наш интерес к Клоду Перро, — это суммирующая машина. Принцип ее устройства существенно отличается от паскалевского: взамен зубчатых колес в ней используются зубчатые рейки (кремальеры).

«Я назвал эту машину «рабдологический абак», потому что древние называли абакон небольшую доску, на которой написаны цифры, а рабдологией — науку выполнения арифметических операций с помощью маленьких палочек с цифрами...» — так начинает описание своего изобретения Клод Перро.

Машина представляет собой небольшую пластину «толщиной в палец», длиною примерно в фут и шириною в полфута. В пластине выдолблены пазы, и в них размещены линейки *a, b, c, d, e, f, g*, которые могут подниматься вверх и опускаться к основанию машины. Они разделены по длине на 26 частей глубокими прорезями, в которые вставляется острый штифт, осуществляющего перемещение линеек. В промежутках между прорезями расположены восходящая и нисходящая цифровые последовательности, разделенные 4 пустыми делениями. Линейка *a* служит для представления единиц, линейка *b* — десятков и т. д. вплоть до «миллионной» линейки *g* (рис. 23).

Линейки отделены одна от другой тонкими, но прочными пластинками, в нижней части которых прорезаны прямоугольные отверстия; их длина равняется трем длинам деления линейки.

У основания каждой линейки (кроме разряда единиц) с правой стороны расположена гребенка, состоящая из 11 зубьев, причем каждому зубу соответствует находящаяся над ним цифра последовательности 0, 1, ..., 9, 0. С другой стороны линейки находятся подпружиненные крючки *M*. Благодаря разделяющей пластинке крючок будет спрятан в теле линейки до тех пор, пока он не окажется симметричным относительно прямоугольного отверстия в пластине. Тогда пружина вытолкнет крючок, он пройдет в отверстие и зацепится за зуб лежащей слева пластинки.

Лицевая крышка *ABCD* машины имеет два длинных горизонтальных окошка *EF* и *GH*. Когда линейки поднимаются или опускаются, в этих окошках появляются цифры восходящей и нисходящей последовательностей, причем сумма цифр одной и той же линейки в верхнем и нижнем окошках всегда равняется 10. Окошко *GH* используется при выполнении операции сложения, а окошко *EF* — вычитания. Между ними расположено 7 узких вертикальных пазов *I—K*, вдоль которых нанесены шкалы: их деления пронумерованы цифрами 1, 2, ..., 9. В нижней части лицевой крышки выгравирована таблица умножения.

Для ввода числа ставят штифт в соответствующую прорезь на линейке, которая видна в вертикальном пазу, и сдвигают линейку до тех пор, пока штифт не упрется в нижний торец паза. При этом вводимое число покажется в обоих окошках одновременно.

Если к введенному числу, скажем к 7, требуется добавить число 6, то поступают аналогичным образом. При сдвиге линейки *a* к основанию машины крючок *M* входит в зацепление с зубьями линейки *b* и продвигает ее на одно деление вниз. В результате этого в разряде десятков нижнего окошка появится единица. Для того чтобы получить верную цифру в разряде единиц (то есть 3), следует, не извлекая штифта из прорези, продвинуть линейку вверх, пока штифт не упрется в торец паза.

При выполнении операции вычитания действия вычислителя аналогичны, но результат читается не в нижнем, а в верхнем окош-

же Заметим также, что если уменьшаемое содержит один или несколько нулей, то результат операции приходится корректировать.

Остроумная идея Клода Перро лежала в стороне от «генерального направления» развития счетной техники, связанного с использованием зубчатых колес. Но тем не менее она нашла впоследствии применение в ряде очень простых и надежных счетных приборов, таких, как «Счетчик» петербургского изобретателя Е. Куммера, «Комптатор» Ганса Забельного из Дрездена и некоторых других.

МАШИНА МЯТЕЖНОГО ПРОФЕССОРА

Христиан-Людовик Герстен, немецкий математик и астроном, 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 родной город: он оказался втянутым в судебный процесс, в результате которого потерял не только большую часть своего состояния, но и лишился значительной доли профессорского жалованья, а 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 12 лет, занимаясь математикой, астрономией, физикой и время от времени публикуя свои труды. 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 большой бедности он умер 13 августа 1762 года.

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

Интересной особенностью (и достоинством!) машины Герстена является возможность контроля правильности ввода (установки) второго слагаемого. Эта возможность снижает вероятность субъективной ошибки, связанной с утомлением вычислителя, и выгодно отличает машину Герстена от предшествующих ей счетных машин. Кроме того, в машине была предусмотрена регистрация последовательных сложений, необходимых при умножении чисел, что облегчает выполнение этой операции.

ТРЕТЬЯ СТОРОНА МЕДАЛИ

...Перед началом обучения глухонемому давалось слабительное и специальная настойка. Затем на голове его выстригали волосы так, чтобы получилась тонзура величиной в ладонь. Каждый вечер это место смазывалось мазью, а ученик должен был чесать волосы против роста. Утром, перед началом занятий, он получал кашку из мастики, амбры и других специй, чисто умывался и насухо вытирался. После всех этих приготовлений учитель громко произносил в выстриженный затылок буквы азбуки, потом слоги и слова, и ученик в некоторое время должен был основательно выучиться разговорной речи...

Так в XVII столетии испанский монах Эммануил Рамирес Каррион обучал глухонемых детей маркиза Приего. Сходные приемы для борьбы с загадочным недугом пытались применить и другие учителя. Однако лишь в редких случаях им удавалось достичь успехов...

Но вот в отчете комиссии Парижской академии наук, опубликованном в 1751 году в «Журнале ученых», мы находим знаменательные строки: «Виденных нами результатов метода г-на Перейры вполне достаточно, чтобы еще раз подтвердить мнение... что такой метод обучения глухонемых в высшей степени практичен и что лицо, которое применяло его с таким успехом, достойно похвалы и поощрения...» Под отчетом стояли подписи известного естествоиспытателя Бюффона и профессоров де Мерана и Феррейна.

В отчете есть фраза, которая должна объяснить читателю наш экскурс в историю сурдопедагогики. «...Го-

вора о прогрессе, который сделал ученик г-на Перейры за совсем небольшое время в знании чисел, мы должны добавить, что г-н Перейра использовал Арифметическую машину, которую сам изобрел. Он считает, что она будет более полезной, чем ранее изобретенные машины, для обучения глухонемых четырем действиям арифметики»

Итак, наряду со счетными машинами Паскаля и Морленда, облегчавшими коммерческие расчеты, машинами Шиккарда и Герстена, предназначавшимися для научных вычислений, в середине XVIII столетия была создана счетная машина, служившая благородным целям обучения!

Хакоб Родригес Перейра был одним из 9 детей небогатого португальского еврея. В год рождения будущего «учителя глухонемых» его семья, спасаясь от религиозных преследований, бежала в Испанию, где в небольшом городке Берланга 11 апреля 1715 года и родился Хакоб. Несмотря на бедность, отцу Хакоба удалось дать сыну неплохое классическое образование. В 18-летнем возрасте Перейра отправляется в Бордо, намереваясь изучать медицину. Здесь он встречается девушку, глухонемую от рождения, и, «проявив к ней интерес», начинает непрерывно изыскивать средства обучения глухонемых разговорной речи. После смерти отца Хакоб привозит из Берланги мать, сестру и братьев и, закончив курс медицины, напряженно работает, чтобы прокормить семью. Живя весьма небогато, он тем не менее берет на воспитание глухонемых детей бедняков, на которых пробует свои методы обучения. В 1754 году после демонстрации одного из учеников в иезуитском коллеже Ля-Рошели богатейший землевладелец д'Этавиньи поручает ему своего глухонемого сына. Именно его Перейра и представлял 11 июля 1749 года комиссии Академии наук, решение которой мы цитировали выше. Лестный отзыв комиссии сделал имя Перейры известным в научных кругах Парижа. С ним знакомятся и дружат Ж.-Ж. Руссо, Дидро, д'Аламбер, Бугенвиль и другие, а Людовик XV, побеседовав с Перейрой и его учеником, награждает Хакоба 800 ливрами, которые в 1751 году были обращены в небольшую годовую пенсию. Последнее было как нельзя кстати, поскольку Перейра, содержавший многочисленную родню, жил исключительно учительским трудом. Вероятно, поэтому он не очень торопился раскрыть

подробности своего метода обучения, видя в нем источник существования.

Его арифметическая машина описана вышеупомянутой комиссией в «Журнале ученых». К сожалению, в журнале не приведены чертежи, и о некоторых деталях приходится скорее догадываться, чем говорить наверняка.

В счетной машине Перейры использованы кое-какие идеи, заимствованные у Паскаля и Перро, но в общем она представляет собой совершенно оригинальную конструкцию. От известных машин она отличается прежде всего тем, что ее счетные колеса расположены не на параллельных осях, а на единственной оси, проходящей через всю машину. Это новшество, делающее конструкцию более компактной, впоследствии широко использовалось другими изобретателями, например Фельтом и Однером.

Счетные колеса в машине Перейры представляли собой небольшие самшитовые цилиндры, боковые поверхности которых были разделены на 30 частей (позднее эти цилиндры получили название цифровых роликов). На них было выгравировано два ряда цифр; верхний ряд содержал трижды повторенную последовательность цифр — 0, 1, ..., 8, 9, нижний — также трижды повторенную обратную последовательность — 0, 9, ..., 2, 1. Деление окружности колеса не на 10, а на 30 частей не изменяет принципа действия машины, но облегчает процесс установки чисел и выполнения арифметических операций. Впоследствии аналогичное деление использовалось в некоторых клавишных машинах.

Всего в машине Перейры было 10 счетных колес, одно предназначалось для дробей, другое — для денег, третье — для сумм и 7 оставшихся — для ливров. Цифры, нанесенные на боковые стороны колес-цилиндров, могли наблюдаться в окошках, сделанных в верхней крышке ящика, в котором помещалась вся конструкция. На одной из плоских сторон счетного колеса было сделано 30 выступов в виде зубьев. Вставив между соответствующими зубьями ведущий штифт, можно было (как и в машине Паскаля) повернуть счетное колесо на необходимый угол до появления в окошке нужной цифры. Как и в паскалевской машине, верхний ряд цифр использовался для сложения, а нижний — для вычитания. Таким образом, в одном конструктивном элементе Перейра объединил функции установочного и счетного колес, а также индикаторного цилиндра (циккардовского типа). Благодаря этому длина машины не превышала 75 мм!

Передача десятков осуществлялась в машине следующим образом. На плоской стороне счетного колеса, свободной от зубьев, крепился рычаг, способный вращаться относительно своего центра подобно качелям и имевший на одном конце крючок, а на другом — наклонную плоскость. Каждый раз, когда колесо поворачивалось на 10 делений, плоскость наталкивалась на захват, укрепленный на тонкой неподвижной пластине, разделяющей смежные колеса. Захват вдавливал часть рычага с наклонной плоскостью

в паз, сделанный в теле колеса, и тогда другой конец рычага поднимался, проходил через прорезь в разделяющей пластинке, зацеплялся за зуб колеса старшего разряда и проталкивал его вперед на $\frac{1}{30}$ оборота. При дальнейшем вращении колеса младшего разряда наклонная плоскость выскальзывала из захвата, а рычаг возвращался пружиной в исходное положение.

За 40 лет педагогической деятельности Перейра воспитал и обучил речи множество глухонемых, причем его труды приобрели международную известность. В 1759 году он был избран членом лондонского Королевского общества. Интересна и другая сторона деятельности Перейры — общественно-адвокатская: в 1753 году он открывает в Париже контору по борьбе за права своих португальских единоверцев и делает немало полезного для ликвидации средневековых предрассудков, сохранившихся в «просвещенном» XVIII веке.

Умер Хакоб Родригес Перейра 15 сентября 1780 года. Последние годы его жизни были омрачены появлением конкурента — аббата де л'Эпе, чья система обучения глухонемых вскоре вытеснила методы Перейры и способствовала угасанию его посмертной известности.

ПЕРВАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ...

Во второй половине XVIII века (не позднее 1770 года) суммирующая машина была создана в городе Несвиже. Надпись, сделанная на этой машине, гласит, что она изобретена и изготовлена «Евной Якобсоном, часовым мастером и механиком в городе Несвиже в Литве, Минское воеводство». К сожалению, биографических данных о мастере Якобсоне не сохранилось. Повидимому, он был одним из ремесленников, которых привлек в Несвиж польский магнат, покровитель искусств и наук Михаил Радзивилл, сделавший этот город своей резиденцией. Зато машина Якобсона, находящаяся в настоящее время в коллекции научных инструментов музея им. Ломоносова (Ленинград), сохранилась достаточно хорошо.

Вдоль верхнего торца крышки машины (рис. 28) через небольшие круглые отверстия выведено 9 поводков, являющихся осями расположенных под крышкой дисков, по периметру которых нанесены цифры от 0 до 9. Концевая часть каждого поводка имеет квадратное сечение, поэтому их можно легко поворачивать с помощью специального ключа. Ниже поводков располагаются круглые окош-

ки, в которых можно читать цифры на дисках при их вращении вокруг собственных осей. Эти диски предназначены для фиксации начальных данных и промежуточных результатов.

Еще ниже расположен ряд поводков, над каждым из них нанесена дуговая шкала с награвированными на ней по часовой стрелке цифрами от 0 до 9, и ряд окошек считки, используемых при выполнении операции сложения любых чисел, сумма которых меньше 10°.

Производится эта операция следующим образом.

Ключами со стрелками поводки поворачиваются до тех пор, пока стрелки не устанавливаются против нужных цифр в каждом разряде машины. Затем ключи отпускаются, и поводки под действием специальной пружины возвращаются в исходное положение, а в окошках считки появляется первое слагаемое.

Аналогичным образом набирается и второе слагаемое, и в тех же окошках вычислитель читает результат операции. Установка цифровых дисков в исходное (нулевое) положение осуществляется с помощью еще одного ряда поводков, расположенных под окошками считки.

Последний ряд поводков предназначается для выполнения операции вычитания. Над каждым из этих поводков нанесена дуговая шкала, такая же, как и над поводками для сложения, только цифры на ней идут против часовой стрелки.

Для вычитания из любого числа, которое уже набрано с помощью ряда сложения, необходимо, используя поводки последнего ряда, набрать вычитаемое. После каждого набора поводки также возвращаются автоматически в исходное положение, а результат операции появляется в окошках считки.

У нижнего торца крышки расположена съемная линейка, в которую вмонтировано 6 цифровых дисков с соответствующими поводками. Линейка, так же как и верхний ряд поводков с дисками, служит для фиксации исходных данных и промежуточных результатов.

Счетный механизм каждого разряда содержит полудиск, имеющий по краю 9 зубьев и расположенный на поводке. Этот полудиск зацепляется с зубчатым колесом и поворачивает его на столько зубьев, на сколько единиц поворачивается соответствующий поводок. К зубчатому колесу жестко прикреплены цифровой диск и длинный палец, который, так же как и в машинах Шиккарда и Морленда, выполняет функции механизма передачи десятков. Умножение и деление выполняются как последовательные сложения и вычитания (соответственно).

Интересной особенностью машины Якобсона было устройство, которое позволяло автоматически подсчитывать число произведенных вычитаний, иначе говоря, определять частное. Наличие этого устройства, остроумно решенная проблема ввода чисел, возможность фиксации промежуточных результатов позволяют считать «часового мастера из Несвижа» выдающимся конструктором счетной техники.

У одного русского писателя есть рассказ о математике-самоучке из маленького еврейского местечка, который изобрел дифференциальное исчисление и умер от огорчения, узнав о том, что до него это уже сделали Ньютон и Лейбниц...

Судьба Хаима-Зелика Слонимского оказалась счастливой. Слонимского, родившегося 19 марта 1810 года в Белостоке, с детства готовили к религиозной карьере, поэтому начальное образование он получил в бет-гами-драше — молитвенном доме и школе для тех, кто готовился посвятить себя изучению талмуда. Около 17 лет Слонимский женился и жил в местечке Заблудово близ Белостока в доме тестя, обязавшегося содержать его и жену в течение трех лет.

Однажды совершенно случайно Хаим-Зелик купил у разъезжего книготорговца книгу некоего Рафаила Гановера под названием «Технут ГатомAIM», то есть «Описание неба, или Астрономия» (Амстердам, 1756). Он сразу же наткнулся на непонятные места в тексте книги, которые автор не объяснял, ссылаясь на неизвестные геометрические теоремы и аксиомы. Потом он узнал, что у соседа есть книга о еврейском календаре, в которой в качестве приложения сообщаются некоторые сведения по геометрии и тригонометрии. Ему удалось заполучить драгоценную книгу, но листы с чертежами оказались вырванными. Все же Хаим-Зелик смог по тексту восстановить чертежи и даже доказать некоторые теоремы по-своему.

Следующую книгу по астрономии Слонимский взял «на прокат» у одного жителя Белостока и вернул ее спустя две недели. Пораженный успехами юноши, владелец книги посоветовал ему немедленно заняться изучением немецкого языка. Он познакомил Слонимского с основными грамматическими правилами, а затем отпустил с «Алгеброй» Эйлера, которая должна была заменить Хаиму-Зелику и букварь, и учебник. Вернувшись домой, Слонимский начинает по ночам, дабы не навлечь на себя гнев набожного тестя, учить и алгебру, и язык. На освоение «Алгебры» Эйлера уходит 4 недели.

Вскоре Слонимский поступил на службу к брату, который владел маленьким стекольным заводиком.

Впрочем, через некоторое время предприятие «лопнуло», и Хаим-Зелик открыл собственную торговлю, которой в основном занималась его жена. Слонимский же, прошедший нелегкий «путь познания», уже определил для себя назначение в жизни — быть, говоря по-современному, пропагандистом знаний среди молодежи.

В качестве первого шага Слонимский составляет руководство по математике — от арифметики до интегрального исчисления. Сжатостью и формой изложения руководство напоминало талмуд, и это ставило своей целью не оттолкнуть, а привлечь церковь. В 1834 году он приезжает в Вильно со своей книгой и получает благосклонные рецензии от тамошних раввинов. Однако денег на издание не хватило, и свет увидела только часть книги, касающаяся алгебры. С трудом компенсировав выручкой от продажи руководства затраты на его издание, без единого гроша возвращается Слонимский в Заблудово.

В следующем году ему предоставляется удобный повод для пропаганды научных знаний: в связи с появлением кометы Галлея среди населения города ходили слухи о близком конце света, и Слонимский решил выступить с сочинением, разъясняющим суть небесных явлений.

Книга Слонимского представляла собой по существу общедоступный очерк развития астрономии, и лишь в самом ее конце автор приводил сведения о кометах, условиях их появления, орбитах и т. д. Учитывая настроения читательской аудитории, Слонимский вынужден был уделить много места доказательству совместимости теории Коперника с религиозными догматами.

«Звезда с хвостом» — так называлась книга Слонимского — имела большой успех и много раз переиздавалась, а автор ее был тем временем занят составлением новой книги, на этот раз популярного руководства по астрономии. В ней Слонимский решил привести, в частности, результаты своих собственных исследований, касающихся способов вычислений дат затмений и построения еврейского календаря, весьма запутанного и сложного. Для издания книги он едет в Варшаву, где знакомится с директором варшавской обсерватории Фр. Арминским. Профессор Арминский не только написал предисловие к руководству (оно вышло в свет в 1838 году), но и ходатайствовал об освобождении Сло-

нимского из-под ареста: дело в том, что каждый иногородний еврей должен был платить за день пребывания в Варшаве 20 грошей, а у Слонимского даже таких денег не было, и он попал в каталажку...

Поездка в Варшаву имела большое значение для Слонимского: здесь он познакомился с Авраамом Штерном, членом варшавского «Общества друзей науки», дочь которого в 1842 году стала женой Хаима-Зелика.

Штерн был известен как автор счетной машины, которую он демонстрировал в салоне князя Михаила Радзивилла самодержцу российскому Александру I. Штерн ко времени появления Слонимского в его доме задумал новую «числительную машину», но умер, не осуществив своего замысла.

Переезд Слонимского в Варшаву избавил его от мелочной опеки религиозных родственников в богоспасаемом Заблудове и позволил полностью посвятить себя занятиям наукой. На правах наследника Штерна он решает окончить задуманную им машину и некоторое время занимается ею, впрочем без особого успеха.

Слонимский интересовался счетными машинами и ранее. В 1843 году, когда он отважился на поездку в Берлин, у него уже имелась оригинальная числительная машина, предназначавшаяся для умножения и деления целых чисел и извлечения корней; машина основывалась на теореме теории чисел, сформулированной и доказанной самим Слонимским.

В Берлине Слонимский знакомится со многими известными математиками, астрономами и естествоиспытателями. Свою машину он демонстрирует 12 августа 1844 года перед членами Берлинской академии наук и получает похвальные отзывы таких ученых, как Карл Якоби, Август Крелле, Фридрих Бессель, Иоганн Янке, Александр Гумбольдт. Последний, кроме того, снабжает Слонимского письмом к прусскому королю Фридриху Вильгельму IV.

Из Берлина Слонимский направляется в Кенигсберг, где находился в то время король, и, продемонстрировав свою машину, получает некоторую сумму денег и рекомендательные письма в Петербург. Но перед тем как попасть в столицу государства российского, Слонимский вынужден был в ожидании паспортов несколько месяцев обивать пороги канцелярии наместника — маршала Паскевича. Наконец он оказывается в Петербурге, где обра-

щается со своими рекомендательными письмами к министру народного просвещения и президенту Академии наук С. С. Уварову. По предложению Уварова физико-математическое отделение академии на своем заседании 4 апреля 1845 года заслушало Слонимского, демонстрировавшего прибор и пояснявшего его работу. Отделение поручило академику В. Я. Буняковскому и секретарю академии П. Н. Фуссу рассмотреть это изобретение и дать о нем письменный отзыв.

Высоко оценивая работу Слонимского, Буняковский и Фусс ходатайствовали о награждении его Демидовской премией 2-й степени. «Они убеждены,—говорилось в отзыве,—что этот молодой и скромный математик, известный уже и некоторыми другими своими трудами, в полной мере заслуживает поощрения. Первый успех на поприще математики будет тем живительнее для него, что он поставлен обстоятельствами в непрерывную борьбу духа любознательности со строгою нуждою, отрывающею его на каждом шагу от занятий умственных».

Премия размером в 2500 рублей была присуждена Слонимскому на чрезвычайном Демидовском собрании 17 апреля 1845 года, а еще через некоторое время в Петербурге вышла брошюра «Описание нового числительного инструмента Слонимского».

Помимо «числительного инструмента», Слонимский привез в Петербург более скромное изобретение, о котором в отзыве Фусса и Буняковского говорилось: «...Кроме главного инструмента г. Слонимский представил снаряд для сложения и вычитания, он очень прост и удобен на практике...»

«Снаряд для сложения и вычитания» был суммирующей машиной, на которую 24 ноября 1845 года Слонимскому был выдан патент.

Машина имела несколько 24-зубых колес одинакового диаметра, сделанных из тонких металлических пластинок. Колеса были насажены на параллельные оси и вращались с помощью ведущего штифта — для этого он вставлялся в одно из отверстий, расположенных по окружности колеса. Часть этой окружности зачерчена, и ближе к центру по дуге нанесены цифры 0, 1, ..., 9 (рис. 25)

Колеса вырезаны по окружности до половины своей толщины, это сделано для того, чтобы та часть колеса, где написаны цифры, находилась выше, нежели край того же колеса. Колеса расположены так, что своими вырезанными краями лежат одно над другим, причем одно колесо обращено выпуклой стороной вверх, а другое, смежное с ним, — вниз. Поэтому, как сказано в патенте Слонимского, «все колеса лежат в одинаковой вышине». Они свободно, не

задевая друг друга, вращаются на своих осях, причем отверстия одного колеса всегда находятся между зубьями смежного

В верхней крышке машины сделаны 4 полукруглых выреза *аа*, через которые видны отверстия в колесах. Под вырезами находится круговая шкала с цифрами от 1 до 9. Наконеч круги *A—D* представляют собой окошки, в которых при вращении колес показываются имеющиеся на них цифры (рис 26).

Число вводится в машину поразрядно. Для этого необходимо вставить штифт в отверстие, находящееся против заданной цифры на шкале под вырезом, и повернуть колесо вправо (к торцу *а*), если отверстие расположено на светлой части окружности, и влево (к торцу *а*), если — на зачерненном. Поворот осуществляется до тех пор, пока штифт не упрется в торец выреза. Если сумма складываемых цифр в любом разряде меньше 9, то штифт всегда попадает в одно из отверстий на светлой части окружности. В других случаях его надо было ставить в отверстие на черной части, и он при своем движении обязательно доходил до одного из зубьев колеса старшего разряда и поворачивал его на один шаг — иначе говоря, осуществлял передачу десятков.

Важно заметить, что если одно из окошек *A, B, C, D*, например *B*, содержит число 9, а мы должны повернуть к торцу *а* следующее колесо *C*, заставляя, таким образом, колесо *B* продвинуться на один зуб вперед, то в окошке *B* никакого числа не покажется, ибо за цифрой 9 на колесе ничего не следует. Для получения правильного результата в этом случае необходимо предварительно повернуть к торцу *а* колесо *B*, вставив штифт в отверстие у торца *б*; этим действием мы прибавим 1 к числу в окошке *A* и заставим нуль появиться в окошке *B*.

Конструкция машины Слонимского допускает самопроверку вычислений: всякий раз, когда одно из колес поворачивается вычислителем не так, в окошке не будет видно никакой цифры, что является указанием на ошибку.

Обратная сторона каждого колеса, а также нижняя крышка машины предназначены для выполнения операции вычитания. Здесь все знаки нанесены так же, но «с точностью до наоборот», и поэтому вычитание выполняется аналогично сложению.

«Снаряд для сложения и вычитания» Слонимского — одна из наиболее простых и остроумных суммирующих машин. Она в какой-то степени перекликается с изобретением Клода Перро, но значительно проще, чем рабдологический абак. В машине Перро «узким местом» был механизм передачи десятков, в машине же Слонимского этот узел вообще отсутствует, поскольку перенос осуществляется движением ведущего штифта.

Демидовская премия освободила Слонимского на некоторое время от забот о куске хлеба. Он переезжает в тихий польский городок Томашев, где занимается научными изысканиями. Ряд его изобретений того времени относится к самым разнообразным областям техники. Так, в 1849 году он получает патент на «Усовершенство-

вание паровой машины, при котором сила пара сообщала бы непосредственное круговращательное движение», а в 1858 году предлагает схему телеграфной связи, позволяющую одновременно вести две передачи и два приема и получившую впоследствии название «квадруплекса». Слонимский обратился в главное управление путей сообщения за средствами для практического внедрения своей схемы, но получил отказ. А примерно через 30 лет великий американец Томас Альва Эдисон вновь изобрел «квадруплексную связь».

В 1858 году в связи с празднованием 90-летия Александра Гумбольдта Слонимский снова едет в Берлин, где преподносит юбиляру его рукописную биографию. В Берлине же Слонимский начинает издавать научно-популярную газету «Гацифино» («Рассвет»). Впоследствии он переносит издание газеты в Варшаву и до самой своей смерти, наступившей в 1904 году, продолжает оставаться ее редактором и основным автором.

«Числительный снаряд» Слонимского не получил распространения в России потому, вероятно, что не нашлось предпринимателя, который взялся бы за его промышленное изготовление. Такая же судьба постигла и «арифметический прибор» петербургского учителя музыки Куммера (однофамильца известного математика).

Идея этого прибора заимствована изобретателем у Слонимского, однако Куммер использовал вместо зубчатых колес кремальеры (точно так же, как это сделал в свое время Клод Перро), что еще в большей степени упростило работу и конструкцию прибора.

Вряд ли изобретения Слонимского и Куммера, будь они даже «приняты к производству», выдержали бы конкуренцию с русскими счетами. Однако за границей идея Слонимского — Куммера была подхвачена многими изобретателями. Так, в 1891 году во Франции появляется арифмограф Тронсе, лишь несколько видоизмененный по сравнению с прибором Куммера, в следующем году — прибор Эггиса и т. д.

Интересно, что в 1949 году артель «Музремонт» в Днепропетровске выпустила счетную машину «Прогресс», которая в принципе ничем не отличалась от прибора Куммера. В отзыве авторитетной комиссии, дававшей оценку машине, говорилось: «Машина может быть полезна инженерам-проектировщикам, научным работникам, студентам вузов и счетным работникам, т. к.

она в очень значительной степени облегчает расчетную работу и дает в результате точное значение суммы...»

Прекрасный отзыв для изобретения столетней давности!

«ПОДВОДЯ ИТОГИ...»

...200-летней истории развития суммирующих машин, попробуем выяснить, почему эти машины не получили широкого распространения в вычислительной практике и, изготовленные в одном или нескольких экземплярах, остались курьезами, свидетельствующими лишь об изобретательности их авторов.

Причин много, частных и общих. Наиболее существенные две.

История технических открытий и изобретений с первого взгляда кажется цепью случайных озарений, результатом усилий гениальных одиночек, творящих по внутреннему побуждению.

Но это только с первого взгляда. Кроме внутреннего побуждения гениальных или просто талантливых изобретателей, есть еще потребности общественного развития. Они-то и определяют в конечном счете судьбу технического изобретения. Нужны материальные предпосылки и соответствующие социально-экономические условия, чтобы техническая новинка получила «права гражданства». Для суммирующих машин таких предпосылок, по сути дела, не было ни в XVII, ни в XVIII, ни даже в первой половине IX века. Эти века вполне обходились существовавшими средствами и методами счета.

Не было тогда и соответствующих материально-технических условий для полной реализации идеи механизации и автоматизации счета. Отсюда серьезные конструктивные недостатки машин.

Ввод чисел и выполнение операций в старых машинах были медленными процессами, которым трудно было конкурировать с устным счетом профессиональных вычислителей вроде кассиров и т. п. Правильность установки (ввода) последующих слагаемых нельзя было проконтролировать. Наконец механизмы передачи десятков у всех суммирующих машин страдали серьезным недостатком, суть которого можно пояснить следующим примером.

Пусть требуется выполнить на машине Паскаля сложение $19997 + 6$. Установив первое слагаемое, повернем колесо единиц на 6 делений. Пока мы будем проходить положения, соответствующие цифрам 8 и 9, поворот осуществляется при определении усилия. При переходе же от 9 к 0 вычислителю придется поворачивать не одно колесо, а сразу 5! При этом происходит повышение сопротивления механизма и приходится увеличивать усилие. После окончания переноса сопротивление вновь падает. При таких скачках сопротивления работа механизма получается неравномерной. Это усугубляет нежелательное явление, известное в технике под названием «мертвый ход», или «люфт»: зубчатое колесо разряда единиц должно повернуться на некоторый угол прежде, чем его вращение будет передано колесу десятков.

«Мертвые ходы» в счетном механизме были следствием не только износа зубьев под действием переменных усилий, но и низкой точности изготовления колес. Здесь мы сталкиваемся еще с одной важной причиной ограниченного распространения счетных машин — отсутствием технологической базы для развития счетной техники.

Норберт Винер в книге «Кибернетика и общество», говоря о Паскале как о создателе арифмометра, подчеркивал, что «техника, воплощенная в автоматах его времени, была техникой часовых механизмов».

Что же это была за техника?

Механические часы впервые* были описаны в средневековом трактате «*Libros de Saber Astronomia*», составленном в 1276—1277 годах испанскими учеными для короля Кастилии Альфонса Мудрого. Уже в «Божественной комедии» Данте, написанной между 1307 и 1321 годами, мы встречаем такие строки:

И как в часах, колеса с их прибором
Так движутся, что чуть ползет одно,
Другое же летает перед взором...

В первых механических часах широко применялись корончатые и цевочные колеса, известные еще в древности. Корончатое колесо представляет собой плоскую круговую полосу, на которой на одинаковом угловом

* Существует мнение, оспариваемое, впрочем, многими историками, что автором первых механических часов был уже знакомый нам Герберт Орильякский.

расстоянии друг от друга закреплены небольшие штыри; цевочное колесо состоит из цилиндров, укрепленных между двумя плоскими дисками.

В часах XV и особенно XVI века, кроме корончатых и цевочных колес, все шире встречаются шестерни, зубчатые рейки и колеса с треугольной, прямоугольной и трапециевидной формой зубьев. Тогда же возникает задача о выборе такой формы зуба, которая обеспечила бы долговечность колес и их непрерывный контакт при минимальном трении. Это было особенно важно конструкторам машин, в которых зубчатые колеса использовались для передачи механической мощности (например, в мельницах) и устройств, где точность и стабильность зацепления были условиями надежной работы (например, в счетных механизмах).

Распространение получили две формы зубьев — эпициклоидальная и эвольвентная. Эпициклоидой называется кривая, образованная точкой на окружности, перекатывающейся по внешней стороне неподвижного круга. Ее открыл в 1525 году художник и математик Альбрехт Дюрер. Спустя 125 лет появились первые зубчатые колеса с эпициклоидальным профилем зуба, предложенные и изготовленные французским математиком и инженером Жюлем Дезаргом (1593—1661), а в 1694 году был выполнен первый математический анализ эпициклоидального зацепления. Однако лишь в первой четверти XIX столетия точные методы расчета таких зацеплений стали достоянием инженеров-практиков.

История эвольвентного зацепления еще короче. Эвольвента — частный случай эпициклоиды, то есть когда образующая окружность перекатывается по кругу бесконечно большого радиуса, практически по прямой линии. Зацепление это было предложено в 1754 году великим математиком Леонардом Эйлером.

Одновременно с развитием теории совершенствовалась практика изготовления зубчатых колес, и в XIX столетии соединение теории и практики зубонарезания привело к созданию Джеймсом Уайтом, Джеймсом Фоксом и Джозефом Уайтвортом первых зубонарезных станков.

Краткий экскурс в историю зубчатых колес позволяет сделать вывод о том, что в течение почти всего 200-летнего периода конструкторы счетных машин не имели технологической базы, которая могла бы обеспе-

чить изготовление деталей счетных машин с необходимой точностью. Но к середине XIX столетия необходимая база была создана. Кроме того, общественно-экономическая обстановка — бурный рост промышленности, развитие банков и железных дорог — требовала создания надежных и быстродействующих счетных машин. Для этого необходимо было в первую очередь изменить медленную установку чисел с помощью ведущего штифта. Удачное решение этой проблемы — изобретение клавишного ввода — позволило в середине 80-х годов XIX столетия организовать промышленный выпуск суммирующих машин. В создание клавишных машин внесли свой вклад изобретатели многих стран, но основные конструкции принадлежат американцам Юджину Дорру Фельту и Уильяму Берроузу, с именами которых связан последний этап в истории развития суммирующих машин.

«О, ЭТИХ КЛАВИШ СТРОИ БЛЕСТЯЩИЙ...»

Первая клавишная суммирующая машина описана в патенте США № 7074 от 5 февраля 1850 года, выданном на имя Д. Пармели.

Изобретение Д. Пармели представляет собой одноразрядную суммирующую машину, с помощью которой можно последовательно складывать цифры, стоящие в разряде единиц, затем — в разряде десятков, сотен и т. д.

Вслед за патентом № 7074 в различных странах мира было выдано множество патентов на другие одноразрядные суммирующие машины. В интернациональном соревновании изобретателей приняли участие: англичанин В. Шильт (1851), испанец д'Азоведо (1884), француз Пететия (1885), немец М. Майер (1886), швед Ф. Арзбергер (1886), американцы В. Робдзон (1882), Стетнер (1884), М. Буше (1886) и другие.

Преимущество одноразрядных машин — простота конструкции механизма передачи десятков; недостатки — небольшая емкость машины и неудобство выполнения вычислений, связанное с необходимостью подсчета и запоминания (записи) одноразрядных сумм и переносов в старшие разряды. По этим причинам одноразрядные суммирующие машины распространения в XIX веке не получили и на смену им пришли многоразрядные.

Первая попытка создания подобной машины принадлежит американцу Томасу Хиллу и относится в 1857 году.

Машина Хилла (рис 29) была двухразрядной и в каждом разряде имела по 9 расположенных вертикальными колонками клавиш* и по храповому колесу 63 зуба этого колеса были последовательно разделены на 7 групп, и зубья каждой группы были пронумерованы по периферии большими и малыми цифрами 1, 2, ..., 9. Большие цифры располагались в порядке возрастания и использовались при выполнении сложения, малые были нанесены в обратном порядке и были необходимы при выполнении вычитания. Цифры наблюдались в окошке, сделанном в корпусе машины.

С зубьями храпового колеса находилась в постоянном зацеплении подпружиненная собачка *b*, которая свободно поворачивалась на оси, расположенной на свободном конце рычага *E*. В свою очередь этот рычаг вращался вокруг оси, закрепленной в передней части корпуса машины, и удерживался в верхнем, исходном, положении пружинами *f*. Над ним располагалась колонка клавиш, стержни которых проходили через верхнюю крышку внутрь машины и касались рычага. При нажатии клавиши рычаг поворачивался и собачка *b* увлекала за собой храповое колесо, которое после отпущения клавиши удерживалось в новом положении другой собачкой *R*, находящейся в верхней части машины. Угол поворота рычага определялся «ценой» нажатой клавиши.

Машина Хилла имела некоторый успех и была выставлена в Национальном музее в Вашингтоне, однако серьезные конструктивные недостатки, не говоря уже о малой разрядности, помешали ее дальнейшему распространению.

Первая по-настоящему более или менее пригодная многоразрядная клавишная суммирующая машина была создана лишь в середине 80-х годов прошлого столетия. В 1884 году 24-летний металлист Юджин Дорр Фельт, наблюдая за работой привода строгального станка, выполненного в виде храпового механизма, пришел к мысли о создании счетной машины, в которой аналогичный механизм играл бы главную роль.

Впоследствии Фельт вспоминал:

«Накануне Дня Благодарения 1884 года я решил использовать выходной для изготовления деревянной модели машины. Я отправился к бакалейщику и выбрал ящик, который, как мне казалось, был вполне подходящим для корпуса машины. Это был ящик из-под макарон. Для клавишей я раздобыл у мясника, чья лавка

* На рис. 29 ради наглядности показаны лишь 6 клавиш в каждом разряде.

была за углом, несколько шампуров, а у скобянщика достал скобы, которые должны были сыграть роль направляющих для клавишных стержней; в качестве пружин я намеревался использовать эластичные ленты.

В День Благодарения я встал пораньше и принялся за работу. У меня были кое-какие инструменты, но в основном я пользовался ножом. Вскоре, однако, я убедился, что для изготовления некоторых деталей мои инструменты не подходят. Наступила ночь, и я увидел, что модель, которую я собирался сделать, еще далека от завершения. Но в конце концов я изготовил недостающие детали из металла и в первые дни нового 1885 года закончил модель».

Около двух лет ушло у Фельта на то, чтобы от деревянной модели перейти к пригодному образцу счетной машины. Начиная с конца 1886 года по сентябрь 1887 года он за свой счет изготовил 8 машин. Пытаясь найти им коммерческий сбыт, Фельт демонстрирует их в Вашингтоне в министерстве финансов и в нью-йоркском бюро погоды. Видимо, демонстрации имели успех, поскольку 8 ноября 1887 года Фельт вместе с чикагским бизнесменом Робертом Таррантом организует компанию по производству счетной клавишной машины, получившей торговое наименование «Комптометр».

Машина Фельта имела много общего с машиной Хилла. В «Комптометре», как и в машинах Хилла, над верхней крышкой было расположено несколько вертикальных рядов клавиш, укрепленных на длинных стержнях, которые проходили через крышку внутрь машины.

Нажимая на клавишу, вычислитель заставлял ее стержень повернуть рычаг *L*, связанный с рейкой *P*, которая, в свою очередь, постоянно зацеплена с шестеренкой *M*. Всех рычагов в машине столько, сколько в вертикальных рядах клавиш, и все 9 клавиш одного ряда действовали на рычаг *L*. Рейка *P* в исходном положении находится вверху, так как рычаг *L* оттягивается пружиной *B*. При нажатии на клавишу зубчатая рейка повернет на соответствующее число зубьев шестеренку *M* (рис. 31).

При опускании клавиши рычаг под действием пружины вернется в исходное положение, а вместе с ним вернутся в это положение рейка и шестеренка.

На шестеренке укреплен собачка храпового механизма, зубчатое колесо которого неразъемно соединено с цифровым роликом, посаженным на ту же ось, что и шестеренка.

С поворотом шестеренки собачка повернет колесо вместе с роликом, и в окне перед вычислителем пройдут соответствующие цифры. Когда шестеренка совершает возвратное движение, собачка про-

скальзывает по зубьям храпового колеса, и цифровой ролик остается неподвижным.

Операция вычитания выполнялась как сложение с дополнительным к вычитаемому числом, для этого нажимались клавиши с маленькими цифрами во всех разрядах, начиная с левого и до первой значащей цифры вычитаемого, за этими нулями на малых цифрах устанавливалось число, у которого в последнем разряде было на единицу меньше, чем в данном вычитаемом. Операции умножения и деления выполнялись как последовательные сложения и вычитания соответственно.

Механизм передачи десятков «Комптометра» состоял из рычага с собачкой, свободно вращавшейся на его свободном конце, и пружины, игравшей роль аккумулятора энергии. Собачка взаимодействовала со штырьками, укрепленными по периметру боковой стороны цифрового ролика старшего разряда и образовавшими корончатое колесо наподобие того, какое было в машине Паскаля. С левой стороны каждого ролика (кроме ролика самого старшего разряда) крепился эвольвентный кулачок, по которому при вращении несущей оси перекачивалось плечо рычага переноса, все сильнее натягивая пружину. Повороту ролика от 9 к 0 соответствовал переход рычага через наивысшую точку профиля кулачка, при этом рычаг падал, собачка освобождалась и, упираясь в один из штырей, проталкивала цифровой ролик старшего разряда на один шаг вперед.

Чтобы избежать ошибочного поворота цифрового ролика при сильном ударе по клавише, Фельт снабдил каждый цифровой ролик механизмом, который связывал во время работы клавишу с ее клавишным рычагом *L*. Этот механизм содержал подпружиненный стопорный рычаг *I* (аналогичный рычагу *H* в машине Паскаля), свободный конец которого оканчивался зубом в виде топорика, и другой рычаг *G*, находившийся ниже клавишных стержней и связанный с первым системой тяг. Рычаг *G* расположен так, что после поворота цифрового ролика на угол, определенный «ценой» клавиши, ее стержень наталкивался на рычаг, и тяги заставляли топорик стопорного рычага упасть между двумя соседними штырями на боковой стороне ролика. счетный механизм данного разряда останавливался.

Таким образом, клавишный рычаг *L* никогда не мог под воздействием сил инерции «перегнать» соответствующий ролик и внести ошибку в вычисления.

Машина Фельта имела ряд недостатков, в частности, нельзя было проконтролировать правильность ввода, у нее отсутствовал печатающий механизм. Правда, изобретатель пытался устранить эти недостатки и в конце 80-х годов создал несколько счетно-печатающих машин, но популярностью они не пользовались.

Уильям Бэрроуз начал работать над счетной машиной в 1884 году, он шел своим путем и успеха добился позднее. Его жизнь — прекрасный материал для Голливуда: в ней было и голодное детство, и безрадостный утомительный труд, и раннее тяжелое заболевание, и одержимость мечты, и каждодневная работа ради ее осуществления, связанная с лишениями и унижениями,

и, наконец, успех, слава и богатство — увы! — слишком поздние.

Бэрроуз родился 28 января 1857 года в городке Рочестер (штат Нью-Йорк). Его отец — неудачливый механик, в поисках заработка он скитался с семьей по всей Америке, пока, наконец, не осел в другом маленьком городишке того же штата — Оберне. Здесь Уильям некоторое время посещал начальную школу, а затем был отдан учеником бухгалтера в местный банк. Душные банковские клетушки и пятилетнее корпение над колонками цифр расшатали его здоровье. Он заболел туберкулезом и, оставив по совету врача бухгалтерскую работу, переехал в 1882 году в Сен-Луис, где устроился механиком ремонтной мастерской.

Бэрроуз отлично понимал перспективность машин, облегчавших однообразные утомительные вычисления. После переезда в Сен-Луис он начинает размышлять над машиной, которая позволила бы печатать исходные числа, суммировать (или вычитать) их и печатать результат вычисления, допуская контроль ввода исходных данных.

Бэрроузу удалось заинтересовать будущими барышами хозяина мастерской Джозефа Бойера и Томаса Меткалфа, местного фабриканта. Сообща они собрали 700 долларов, и Бэрроуз начал работу. Однако денег хватило ненадолго — материалы и инструменты стоили дороже, чем полагал изобретатель, да к тому же первая модель машины оказалась неудачной. Меценаты заметно охладели, и деньги на новую модель ему пришлось выпрашивать у нового покровителя — предпринимателя Р. М. Скраггса. Однако и вторая модель оказалась неудачной. Бэрроуз изготавливает третью модель и, поскольку она кажется ему окончательным вариантом, делает сразу несколько экземпляров машины. Но и здесь его постигло разочарование: попытки обучить других работе на машине терпели неудачу — слишком сильный или слишком слабый удар по клавишам нарушал ее нормальную работу.

Такая цепь неудач могла остановить кого угодно, но только не Бэрроуза. Бедствуя, а иногда и голодая, он тем не менее не терял уверенности в конечном успехе своего предприятия. В конце 1885 года Бэрроуз заканчивает работу над машиной, и 21 января 1886 года Т. Меткалф, Р. М. Скраггс, У. Бэрроуз и Х. Пай (еще

один местный предприниматель) организуют Американскую компанию арифмометров — одну из первых в мире фирм по производству счетных машин.

Дела у новорожденной компании пошли так успешно, что вскоре Бэрроуз из бедняка превратился в состоятельного бизнесмена. Но богатство и слава пришли слишком поздно — 14 сентября 1898 года в возрасте 41 года Уильям Бэрроуз умер. На его могиле написано: «Здесь покойся человек, который был благородным в бедности, скромным в богатстве и великим в своих делах на благо человечества». В наши дни корпорация «Бэрроуз» — один из крупнейших в мире производителей ЭВМ.

В отличие от «Комптометра» машина Бэрроуза является двухтактной: в первом такте осуществляется установка числа клавишами, во втором — движением приводного рычага установленное число переносится на счетчик. Таким образом, клавиши здесь не имеют отношения к действию машины и остаются в опущенном положении с момента установки числа. Поэтому можно непосредственно произвести контроль ввода и в случае необходимости исправить ошибку.

Ввод числа приводит к изменению в положении элементов машины. Нажатием клавиши поворачивается один из двуплечих рычажков *a*. К другому плечу рычажка прикреплена проволоочная тяга *b*, которая своим свободным концом *c*, загнутым под прямым углом к плоскости чертежа, входит в зубья неподвижного «направляющего» сектора *d*. В момент нажатия клавиши загнутый конец тяги глубже входит в промежуток между зубьями *d* и становится на пути следования выступающего хвоста *k* на подвижном зубчатом секторе *g*. Одновременно с этим двуплечий рычажок отодвигает планку *f*, эта планка своим загнутым концом освобождает защелку *f*, в силу чего сектор *g*, который защелка ранее удерживала в верхнем положении, получает возможность вращаться вокруг оси *h*.

После установки числа приводной рычаг *n* отпускают, и пружина возвращает его в исходное положение. При движении рычага «вперед» падает вниз поперечная планка *r*, которая ранее лежала непосредственно под секторами *g* и удерживала их в верхнем положении. При этом начинают опускаться вниз те секторы, у которых защелка *f* была отодвинута действием клавиш, однако зубчатые колеса с цифровыми роликами *i* еще не входят в зацепление с этими секторами. Поэтому они движутся вниз свободно до тех пор, пока хвост сектора *g* не ударится о загнутые концы проволоочных тяг *b*. Следовательно, сектор *g* повернется на угол, пропорциональный «цене» прижатой клавиши в данном разряде. Очевидно, на такой же угол повернется и наглухо скрепленный с ним сектор *g*₁, на внешней поверхности которого закреплен цифрорепечатающий шрифт *l*, и соответствующая цифра встанет на линии печати против красящей ленты и валика с бумагой *m* (рис. 32).

Аналогичным образом действуют механизмы и других разрядов, каждому из которых соответствуют свои секторы g — g_1 , расположенные один подле другого на оси h .

Когда процесс завершится, молоточки O освобождаются от удерживающих их пружин, они ударяют по шрифтам, находящимся на линии печати, и прижимают их к бумаге, фиксируя на ней вводимое число. Кроме того, зубчатые колеса с роликами i , совершающие качательные движения вокруг оси p , входят в зацепление с зубчатыми секторами g .

При отпусканнии рычага n планка r возвращается под действием пружин в свое первоначальное положение, поднимая все опустившиеся секторы. Очевидно, что каждый из них поднимается на столько зубьев, на сколько он перед этим опустился, и на соответствующий угол повернется цифровой ролик i . Следовательно, вводимое число перенесется на счетчик.

К концу обратного движения рычага клавиши снова освобождаются и возвращаются пружинами в нормальное положение. Точно так же производится ввод второго слагаемого, и на цифровых роликах появляется результат суммирования, который будет тоже отпечатан на бумажной ленте. В основе выполнения других арифметических операций лежит операция суммирования, поэтому мы не будем их рассматривать.

В дальнейшем машина Бэрроуза неоднократно подвергалась модификации и усовершенствованию. Расширился, например, ассортимент выполняемых на машине операций, в частности появились операции «Печатание без сложения», «Сложение без печати», «Поперечное сложение», «Печатание списков и таблиц» и т. д. Впоследствии приводной рычаг был заменен электрическим двигателем.

И «Комптометр» и машина Бэрроуза — наиболее яркие представители суммирующих машин, получивших особо широкое распространение в первой половине нашего столетия. Начиная с 50-х годов в клавишных машинах стали использовать электропривод, а затем и электронику.

Недостойно одаренному человеку тратить, подобно рабу, часы на вычисления, которые безусловно можно было бы доверить любому лицу, если бы при этом применить машину.

Г. В. ЛЕЙБНИЦ (1646—1717)

Умножение сводится к трем операциям: 1) получению кратного множимого, 2) сдвиг кратных множимых на один или несколько разрядов, 3) суммирование.

Вы легко убедитесь в этом, помножив, например, 365 на 132. Вы сделаете это так, как вас учили в школе:

$\begin{array}{r} \times 365 \\ \times 132 \\ \hline 730 \\ 1095 \\ 365 \\ \hline 48180 \end{array}$	или	$\begin{array}{r} \times 365 \\ \times 132 \\ \hline 365 \\ 365 \\ 365 \\ \hline 365 \\ 365 \\ \hline 48180 \end{array}$
--	-----	--

Чтобы эти операции могла сделать машина, она должна иметь: устройство ввода данных, в котором устанавливается множимое; устройство для сдвига введенного числа влево; основной счетчик, в котором выполняется последовательное суммирование; вспомогательный счетчик, осуществляющий подсчет количества выполненных сложений.

В принципе любая из описанных в предыдущей главе суммирующих машин может произвести умножение, но поскольку в них слагаемое вводится каждый раз заново (машины не имеют вспомогательного счетчика и устройства сдвига), использовать их для выполнения этой арифметической операции крайне трудно.

Легко понять гордость Лейбница, писавшего почти 300 лет назад Томасу Бернету: «Мне посчастливилось

построить такую арифметическую машину, которая совершенно отлична от машины Паскаля, поскольку дает возможность мгновенно выполнять умножение и деление над огромными числами...»

Арифметическая машина Лейбница была первым в мире арифмометром — машиной, предназначенной для выполнения четырех действий арифметики.

За три столетия в различных странах мира было создано громадное количество арифмометров, самых популярных из семейства счетных машин. К сожалению, рамки книги не позволяют нам дать развернутую их историю. В наш обзор, в частности, не попадает оригинальный арифмометр великого русского математика и механика Пафнутия Львовича Чебышева, в котором передача десятков осуществлялась не дискретно, а плавно, примерно так же, как в современных электрических счетчиках.

Мы рассмотрим лишь арифмометры, действие которых основано на принципах ступенчатого валика (валика Лейбница), зубчатого колеса с переменным числом зубьев (колеса Однера) и принципе переменного пути зубчатки.

В ПОИСКАХ *LINGUA GENERALIS*

Много бед принесла Германии первая половина XVII столетия. Тридцатилетняя война опустошила множество деревень и городов, привела в упадок торговлю и ремесла, население страны уменьшилось с 16 до 6 миллионов. Когда наступил, наконец, долгожданный мир, «Германия оказалась поверженной — беспомощной, растоптанной, растерзанной, истекающей кровью...» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 19, с. 341).

Но — парадокс! — именно эта несчастная страна, которая в научном отношении тогда представляла собой глухую провинцию (она имела лишь одного ученого мирового класса — Иоганна Кеплера), дала миру Готфрида Вильгельма Лейбница, чей универсальный гений оказал громадное влияние на развитие не только немецкой, но и всей европейской науки.

Лейбниц родился 1 июля 1646 года — за два года до заключения Вестфальского мира, которым закончилась Тридцатилетняя война.

В 7 лет Готфрид потерял отца, профессора этики Лейпцигского университета, 8-ми лет самостоятельно изучил греческий и латинский языки, а в 15 — окончил гимназию. Высшее образование Лейбниц получил в университетах Лейпцига, где изучал философию и право, и Иены, где слушал лекции по математике. В 1664 году он защитил магистерскую диссертацию по философии, а в следующие два года получил степени бакалавра и доктора права. С этого времени вплоть до смерти (13 ноября 1717 года) он состоял на службе сначала у майнцского курфюрста, а затем у ганноверского герцога. Выполняя их поручения, Лейбниц становится дипломатом, государственным деятелем, архивистом, историком, занимается вопросами народного просвещения и церковными делами, улучшает горное и монетное дела... Помимо этого, Лейбниц ставит химические опыты, интересуется медициной, изобретает различные устройства, выдвигает ценные идеи в геологии, психологии, лингвистике. Но как бы ни был велик вклад Лейбница в эти области человеческого знания, он не может идти ни в какое сравнение с его заслугами философа, физика, механика и особенно математика — одного из создателей дифференциального и интегрального исчисления.

Современников Лейбница поражала его фантастическая эрудиция, почти сверхъестественная память и удивительная работоспособность.

Но не эти качества определяли гениальность Лейбница. Главным было его умение в любой проблеме увидеть, схватить то, что составляло ее сущность, основу. Он, как никто другой, умел обобщать. Эта ненасытная потребность обобщения заставляла его всю жизнь искать универсальный метод научного познания. Он считал, что мир создан Разумом Творца и живет по законам, которые не может преступить даже их создатель. Из этого Лейбниц выводил, что, во-первых, мир может быть познан Разумом Человека, а во-вторых, в разумном мире должна царить и править всеобщая «предустановленная гармония», а следовательно, должен существовать единый метод познания мира.

Прообраз такого метода Лейбниц видел в методе математическом. Поэтому он пытался создать *lingua generalis* — универсальный язык, с помощью которого можно было бы заменить все логические рассуждения исчислением, проводимым, подобно алгебраическому, над

словами и символами этого языка, однозначно отражающим понятия. Лейбниц писал. «...тогда в диспуте между двумя философами нужды будет не более, чем в диспуте между двумя счетоводами. Для разрешения противоречий достаточно будет взять грифеля и, сев за доски, сказать друг другу «Давайте вычислять».

Первая попытка создания *lingua generalis*, сделанная Лейбницем в юношеском сочинении «О сочетательном искусстве» (1666), основывалась на методе средневекового схоласта Раймунда Лулла.

Лулл был одной из интереснейших личностей средневековья. Он родился около 1235 года в городке Пальма на острове Мальорка, самом большом из Балеарских островов, мальчиком был приближен к арагонскому двору, позже стал королевским сановником и воспитателем принца — будущего правителя Мальорки Иакова II. Его карьере помог успех у женщин. До 32 лет он вел рассеянную жизнь светского щеголя, дуэлянта, повесы и сочинителя любовных стихов. Затем жизнь его переменялась. Увлечшись красивой и набожной сеньорой Амбросией де Кастелло, Лулл повсюду преследовал ее и однажды въехал на коне в собор, где она молилась. И тут произошла сцена, настолько потрясшая Лулла, что он в одну ночь из легкомысленного повесы превратился в верующего фанатика. Красавица показала своему докучливому поклоннику страшную рану, обезобразившую ее тело.

Потрясенный Лулл покинул столицу, вернулся в родные места и некоторое время спустя удалился от мира, поселившись в уединении на вершине горы Мирамар.

Там, в уединении, в голове терзавшего себя бдениями и постом отшельника родилась идея «великого искусства», позволявшего якобы овладеть всей суммой современного ему знания.

Первый трактат, посвященный этой идее, Лулл написал в 1274 году и назвал его «*Ars magna*» — «Великое искусство». Трактат положил начало серии сумбурных и многословных сочинений, в которых он с помощью своего изобретения стремился обозреть весь круг средневекового знания. Идея Лулла поражает одновременно и своей универсальностью и своей наивностью. Вкратце речь идет вот о чем.

В каждой области знаний, утверждал Лулл, можно выделить несколько основных категорий или первичных

понятий, из которых могут быть образованы все остальные. Структура любого знания предопределена первичными категориями, подобно тому как система геометрических теорем выводится из ограниченного числа аксиом. Комбинируя различным способом эти категории, можно добыть все мыслимые знания о мире. Чтобы облегчить подобные операции, Лулл придумал простое приспособление, состоящее из системы концентрических вращающихся кругов. В этом, собственно говоря, и заключается секрет его «искусства». Круги поделены на «камеры» (секторы), которые раскрашены разными цветами и обозначены буквами. При повороте рычага разные секторы совмещаются, и мы получаем те или иные сочетания букв — подобия формул. Вершиной изобретательности Лулла была *figura universalis* — громоздкое сооружение из 14 раскрашенных металлических дисков, приводимых в движение целой системой рычагов. При помощи этого устройства можно было получить около 18 квадриллионов сочетаний разных понятий. Задача исследователя (мы бы сказали: программирование) сводится к тому, чтобы составить для каждой науки реестр основополагающих понятий; остальное, то есть вывод научных положений, делает машина. Лулле не приходило в голову, что выработка понятий — скорее результат познания, чем его предпосылка.

Всю последующую жизнь Лулл посвятил пропаганде своего «искусства» и попыткам обращения мусульман в христианство. В 1315 году в Тунисе, в маленьком городке, где Лулл, уже глубокий старик, посреди рыночной площади проповедовал Евангелие торговцам и погонщикам мулов, толпа забросала его камнями. Окровавленное тело философа было подобрано генуэзским купцом Стефаном Колумбом; умирая, Лулл будто бы предсказал купцу, что его потомок откроет Новый Свет.

Естественно, что попытка Лулла вывести с помощью *ars magna* все знания, как и впоследствии попытка Лейбница создать *lingua generalis*, окончилась неудачей. Однако замысел Лейбница и его глубокие идеи легли в основу современной символической логики — одного из краеугольных камней кибернетики (недаром создатель кибернетики Норберт Винер писал, что если бы эта наука нуждалась в святом покровителе, то им надо было бы признать Лейбница).

Счетная машина, над которой Лейбниц начал работать в 70-е годы, представляла шаг в направлении поиска «универсального языка». Первое описание «арифметического инструмента» сделано Лейбницем в 1670 году; через два года он составил новое эскизное описание, на основе которого был, по-видимому, изготовлен тот экземпляр, который ученый демонстрировал в феврале 1673 года на заседании лондонского Королевского общества. Лейбниц признал, что «инструмент несовершенно», и обещал улучшить его, как только вернется в Париж. Действительно, в 1674—1676 годы он внес существенные усовершенствования в машину, но к окончательному варианту пришел лишь в 1694 году. Впоследствии Лейбниц еще несколько раз возвращался к своему изобретению; последний вариант был предложен им в 1710 году.

Интересно, что один из первых экземпляров «арифметического инструмента» Лейбниц намеревался подарить Петру I, но машина оказалась неисправной, а механик ученого не смог ее починить в короткий срок. Лейбница живо интересовал молодой царь далекой Московии, которого он считал выдающимся реформатором. Петр встречался и переписывался с Лейбницем, обсуждал с ним проект организации Академии наук в Петербурге и развертывания системы образования в России.

Лейбниц пытался сначала лишь улучшить машину Паскаля, но понял, что для выполнения операций умножения и деления необходим совершенно новый принцип, который позволил бы:

обойтись одной установкой множимого;

вводить множимое в счетчик (то есть получать кратные и их суммы) одним и тем же движением приводной ручки.

Лейбниц блестяще разрешил эту задачу, предложив использовать цилиндр, на боковой поверхности которого параллельно образующей расположено 9 ступенек различной длины. Этот цилиндр впоследствии получил название «ступенчатого валика».

Валик *S* насаживался на четырехгранную ось с нарезкой типа зубчатой рейки (рис. 36). Рейка входила в зацепление с десятизубым колесом *E*, по окружности которого были нанесены цифры 0, 1, ..., 9. Поворачивая колесо так, чтобы в прорези крышки (не указанной на рисунке) появилась та или другая цифра, перемещали ступенчатый валик параллельно оси зубчатого колеса *F* основного счетчика. Если теперь повернуть валик на 360°, то в зацепление с колесом *F*

войдут одна, две наиболее длинные ступеньки, в зависимости от величины сдвига Соответственно колесо *F* повернется на 0, 1, ..., 9 частей полного оборота, так же повернется и связанный с ним цифровой диск или ролик *R*. Со следующим оборотом валика на счетчик вновь перенесется то же число

«Арифметический инструмент» состоит из двух частей — неподвижной (*Pars immobilis*) и подвижной (*Pars mobilis*). В неподвижной части помещается 12-разрядный основной счетчик и ступенчатые валики устройства ввода Установочная часть этого устройства, состоящая из 8 малых цифровых кругов, расположена в подвижной части машины (рис 34)

В центре каждого круга имеется ось, на которую под крышкой машины насажено зубчатое колесо (колесо *E* на рис 36), а поверх крышки установлена стрелка, которая вращается вместе с осью Конец стрелки может быть установлен против любой цифры круга.

Вспомогательный счетчик в машине Лейбница выполнен следующим образом

В подвижной части расположено большое колесо (*Rota Major*), которое состоит из трех частей наружной, неподвижной части в виде кольца с 10 цифрами от 0 до 9, средней, вращающейся части кольца с 10 отверстиями, и внутренней неподвижной части, где цифры от 0 до 9 расположены в обратном, нежели во внешнем кольце, порядке, между цифрами 0 и 9 внешнего кольца имеется такой же, как в машине Паскаля, упор, обращенный к центру колеса

При повороте главного приводного колеса (*Magna Rota*) среднее кольцо большого колеса поворачивается на одно деление по часовой стрелке Если предварительно вставить штифт в отверстие этого кольца против, скажем, цифры 5 на внешнем кольце, то после 5 оборотов приводного кольца штифт наткнется на неподвижный упор и тем самым остановит вращение приводного колеса.

Заметим, что внешнее кольцо большого колеса используется для выполнения операций сложения и умножения, а внутреннее — вычитания и деления

Для сдвига 8-разрядного множимого подвижная часть вращением рукоятки *K* может смещаться влево (на рис 35 она смещена влево на два разряда)

Машина Лейбница, несмотря на все остроумие ее изобретателя, не получила широкого распространения по причинам, о которых мы уже говорили в предыдущей главе; к ним необходимо еще добавить высокую стоимость изготовления.

Но основная идея Лейбница — идея ступенчатого валика — осталась действительной и плодотворной не только в XVIII, но и в XIX и даже в XX столетиях На принципе ступенчатого валика был построен и арифмометр Томаса — первая в мире счетная машина, которая изготовлялась промышленно. Ее автором был Карл Томас (1785—1870), уроженец городка Кольмар в Эльзасе. Получив в 1820 году патент на свое изобретение, Томас сумел организовать производство машин: за первые 50 лет было продано около 1500 арифмометров.

Впоследствии арифмометр Томаса был усовершенствован многими изобретателями, в частности немцем Бургхардтом (1884), англичанином С. Тейтом (1903) и другими. В Советском Союзе до самого последнего времени выпускались счетные машины, основанные на принципе ступенчатого валика, например автоматический арифмометр ВММ-2 курского завода «Счетмаш».

ГРАЖДАНИН ГРАФ

Во второй половине XVIII века развитие науки в Англии в значительной степени зависело от покровительства «сильных мира сего», субсидировавших отдельных ученых и поддерживавших Королевское общество. Можно, однако, назвать лишь одного пэра Англии, который в конце XVIII — начале XIX века внес собственными трудами вклад в английскую науку, — Чарлза, третьего графа Стэнхоупа.

Дед его был военным и политическим деятелем, премьер-министром при короле Георге I, отец — ученым чудачком. Получив образование в Утрехте и Женеве, Филипп, второй граф Стэнхоуп, проникся любовью к точным наукам, греческому языку и демократическим принципам. Одевался он как простолюдин, париков не носил и палату лордов посещал крайне редко. Вероятно, поэтому однажды швейцар парламента, не узнав в задумавшемся прохожем графа Стэнхоупа, задержал его у входа словами: «Честный человек! Это место не для тебя!», на что граф ответил: «Мне очень жаль, что в этом доме нет места честным людям...»

Чарлз, третий граф Стэнхоуп, сочетал в себе энергию политика и талант ученого.

По существовавшей в семье традиции Чарлза, родившегося 3 августа 1753 года, отдают в раннем детстве в аристократический Итон. После нескольких лет обучения его наставник смог дать такую характеристику мальчику: «Он очень сообразителен, хотя, как мне кажется, не получает удовольствия от книг. У него доброе сердце и превосходный характер. Я не встречал еще столь развитого в таком юном возрасте чувства чести».

В 1763 году, после смерти старшего брата, Чарлз становится виконтом Мооном и наследником графского титула, а в следующем году покидает Итон и вместе

с семьей переезжает в Женеву. Женевский «дух вольности и просвещения» оказал большое влияние на формирование политических взглядов юноши.

18 лет виконт Моон получает премию шведской Академии наук за работу о колебаниях маятника и вскоре избирается членом лондонского Королевского общества. В 1774 году семья возвращается в Англию, и в конце того же года Чарлз женится на Хестер Питт — сестре будущего премьер-министра Уильяма Питта младшего. В течение последующих 15 лет — сначала в палате представителей, а затем в палате лордов * — Стэнхоуп энергично поддерживает своего выдающегося родственника. Что же касается выступлений и биллей самого Стэнхоупа, то их отличает в первую очередь демократическая направленность: он, например, резко выступает против войны с американскими колонистами, против работорговли, выдвигает предложения по демократизации выборов, парламентским реформам и т. д.

Разрыв с Питтом произошел в 1789 году. Причиной тому послужила Великая французская революция, которую Стэнхоуп с воодушевлением приветствовал. Будучи председателем английского «Революционного общества», он послал от его имени в Париж поздравление по случаю взятия Бастилии. В своем имении он велел выбросить все гобелены и сорвать семейный герб с ворот, а в парламенте страстно выступал против войны с революционной Францией. Эти речи, которые высокий, очень худой и длиннолицый лорд произносил громовым голосом, послужили причиной многочисленных прозвищ, которыми награждала его пресса «Дон-Кихот нации», «Санкюлот Стэнхоуп», «Меньшинство в один голос» и т. д. Граф был объектом насмешек и издевательств со стороны английских карикатуристов. Иногда дело не ограничивалось карикатурами — несколько раз лондонский дом Стэнхоупа поджигали, а сам он подвергался вооруженному нападению. В 1795 году Стэнхоуп ушел из парламента, но первая же речь графа по возвращению туда в 1800 году была посвящена необходимости мира с Наполеоном (лишь один парламентарий поддержал «Дон-Кихота нации»).

Стэнхоуп был одинок не только в парламентской борьбе, но и в личной жизни. Хестер Питт умерла 18 июля

* Чарлз Моон стал графом Стэнхоупом и членом палаты лордов после смерти 7 марта 1786 года своего отца Филиппа Стэнхоупа.

1780 года в возрасте 25 лет, а вторую жену графа — Луизу Гренвилль — интересовали лишь светские развлечения, а отнюдь не политические и научные увлечения мужа. Семья постепенно распалась: старший сын Стэнхоупа бежал из дому на континент, чтобы подобно деду получить образование в одном из европейских университетов, два других против воли отца завербовались в армию. Разгневанный граф лишил сыновей наследства, но и это суровое наказание не удержало под крышей родительского дома трех дочерей. Дольше всех оставалась с отцом старшая дочь, единственный человек в семье, понимавший отца; но и она в начале 1800 года переехала в дом своего дяди Уильяма Питта. После его смерти в 1806 году она получила щедрую пенсию от английского правительства и поселилась в уединенном женском монастыре в Ливане.

Умер Чарлз Стэнхоуп 15 декабря 1816 года. «Я прошу, чтобы меня похоронили как простого человека», — писал он в завещании.

Если политические симпатии и взгляды Стэнхоупа на протяжении всей его жизни оставались неизменными, то его научные интересы отнюдь не ограничивались одной областью. Среди изобретений Стэнхоупа — линзы для микроскопов и методы получения стереотипных копий, способы защиты деревянных зданий от пожаров и ручной печатный пресс, монохорд для настройки музыкальных инструментов и способ получения строительного раствора особой крепости, одна из первых в мире логических машин* и новые конструкции шлюзов для каналов. Вместе с замечательным американским ученым и государственным деятелем Бенджаменом Франклином** Стэнхоуп принимал участие в опытах по экспериментальному определению наилучшей формы громотовода и опубликовал в 1779 году книгу «Принципы электричества». Будучи вице-президентом «Общества по улучшению кораблестроения», он внес немало ценных

* Эта логическая машина, названная автором «демонстратором Стэнхоупа», предназначалась для решения не только традиционных, но и чистовых силлогизмов

** Б. Франклин был другом Филиппа Стэнхоупа. Граф ввел американского посла в высшее общество Англии и всячески способствовал его переговорам с английским правительством по вопросам о статусе английских колоний в Америке. В свою очередь Франклин рекомендовал отца и сына Стэнхоупов Философскому обществу Филадельфии, членами которого они были избраны в 1777 году.

предложений по совершенствованию конструкций судов, но, пожалуй, наиболее значительное научное достижение графа — патент на первый в мире пароход, изобретенный им независимо от американца Роберта Фултона. Стэнхоуп построил и успешно демонстрировал пароход водоизмещением в 200 тонн, но адмиралтейство отклонило его предложение о строительстве «движимых силой пара судов» как «бесперспективное для флота Его Величества». В 1775, 1777 и 1780 годах Стэнхоуп изобретал счетные машины, которые под его руководством изготовлял известный лондонский механик Джеймс Буллок. Последняя машина была суммирующей и представляла собой модификацию морлэндовской машины, две другие были арифмометрами, то есть выполняли все четыре арифметических действия.

В счетной машине 1775 года использовался модифицированный валик Лейбница, ступеньки которого разделены по длине на отдельные зубья и представляют собой, таким образом, зубчатые рейки, состоящие из 1, 2, ..., 9 зубьев (рис. 39).

12 подобных валиков используются в устройстве ввода. Они устанавливаются на осях параллельно друг другу в специальной каретке таким образом, что к вычислителю оказываются обращенными их торцевые части. К ним жестко крепятся цифровые колеса, причем каждой цифре колеса соответствует рейка с таким же числом зубьев, находящаяся на диаметрально противоположной стороне валика (нулю соответствует гладкая поверхность валика).

Каретка устанавливается в подвижной раме. В процессе выполнения операций рама перемещается по поперечным направляющим, расположенным в боковых стенках корпуса машины, а зубчатые рейки на валиках входят в зацепление с зубчатыми колесами осиночного счетчика, находящимися на оси, параллельной «длине» машины. С каждым из 12 колес счетчика связан цифровой ролик, на боковой поверхности которого нанесены цифры от 0 до 9.

Для сдвига предусмотрена возможность смещения каретки по продольным направляющим. Благодаря насечкам каретка фиксируется пружинами в определенном положении в процессе получения данного кратного.

На правом конце рамы находится длинный палец, который при каждом ее перемещении по направлению к вычислителю поворачивает на 1 зуб колесо младшего разряда вспомогательного счетчика, расположенного в передней части машины.

Механизм передачи десятков довольно сложен. С левой стороны каждого колеса основного счетчика есть длинный палец, который при переходе колеса от 9 к 0 поворачивает на 1 зуб другое расположенное под ним колесо. С каждым таким колесом переноса связана трехлучевая звездочка, которая в свою очередь может поворачиваться пальцем, находящимся на особой оси переносов. Передача десятков происходит в два этапа: при повороте колеса младшего разряда

от 9 к 0 один луч звездочки входит между двумя зубьями колеса старшего разряда, но не поворачивает его. Это фаза подготовки переноса. Следующий этап — фаза переноса — выполняется при смещении рамы. Кулачок, освобождающий из зацепления рейки валиков и колеса счетчика, одновременно вводит в зацепление с особой зубчатой рейкой, укрепленной под рамой, шестеренку, находящуюся на оси переносов. Во время вращения этой оси ее палец наталкивается на другой луч звездочки и поворачивает ее, а следовательно, и колесо старшего разряда. Для того чтобы переносы осуществлялись не одновременно, а последовательно, пальцы на оси переносов расположены вокруг нее по спирали.

В машине 1777 года поступательное движение рабочего органа заменено на более удобное вращательное (рис. 40).

На главном валу (оси) машины последовательно расположены приводная ручка, приводное колесо с двумя группами зубьев, каждая из которых занимает примерно $\frac{1}{4}$ его окружности, и цилиндр, состоящий из 9 круглых шайб, которые могут поворачиваться друг относительно друга. На боковой поверхности каждой шайбы выгравированы цифры от 1 до 9; эта шкала занимает $\frac{1}{4}$ окружности. Рядом с каждой цифрой — отверстие, в которое вставляется штифт, фиксирующий положение данной шайбы. Таким образом, 9 поворотов шайб образуют устройство ввода.

На противоположной шкале части боковой поверхности каждой шайбы — 9 зубьев, которые при вращении главного вала входят в зацепление с зубьями колеса основного счетчика. Главный вал установлен в рамках, которые позволяют ему одновременно с вращением смещаться в радиальном направлении. Это смещение управляется кулачком, расположенным на ободе приводного колеса. В течение примерно $\frac{1}{4}$ оборота цилиндр находится в своем крайнем левом положении, остальное время — в крайнем правом. Зацепление зубьев на шайбах с зубьями основного счетчика может произойти лишь в крайнем левом положении цилиндра. В зависимости от положения каждой шайбы в секторе зацепления оказывается различное число зубьев, и, следовательно, на счетчик переносится каждый раз различное число, установленное на шайбе.

На крайкей правой шайбе находится длинный палец, который один раз за оборот зацепляется с колесом младшего разряда вспомогательного счетчика и поворачивает это колесо на 1 зуб.

На оси переносов, параллельной оси основного счетчика, расположена шестеренка с 15 зубьями, сцепленная с зубьями приводного колеса, она делает два оборота за один цикл работы машины. В остальном механизм передачи десятков не отличается от описанного выше. Так же как и в машине 1775 года, устройство ввода сдвигается относительно основного счетчика и фиксируется на валу благодаря наличию на нем особых насечек.

Значение изобретений Стэнхоупа для развития счетной техники весьма велико. Он первым разделил на два этапа самую сложную машинную операцию — передачу десятков. Такое деление в счетных машинах второй

половины XIX и в XX веке стало общепринятым (это устраняло эффект «накопления сопротивления», о котором мы говорили в предыдущей главе). Кроме того, Стэнхоуп нашел удачное расположение элементов, выполняющих передачу, поместив длинные пальцы по спиральной линии на поверхности оси переносов. Эта идея была впоследствии использована конструкторами арифмометров с однеровским колесом, о которых речь будет идти ниже.

«ГОРДОСТЬ ВЮРТЕМБУРГА И СЛАВА ГЕРМАНИИ»

Почти одновременно с неистовым графом Стэнхоупом конструировал и изготавливал счетные машины тишайший швабский пастор Филипп Маттеус Ган. В истории вычислительной техники имена Стэнхоупа и Гана находятся по соседству, но как различны были характеры и жизненные пути этих людей!

Прирожденный оппозиционер — и смиренный подданный герцогов Вюртембургских; всесторонне образованный ученый — и самоучка-механик; богатый землевладелец — и скромный пастор, всю свою жизнь вынужденный заботиться о хлебе насущном...

Ган родился 25 ноября 1739 года в деревне Шарнхаузен близ Штутгарта, он был одним из восьми детей викария местного прихода. В детстве проявил склонность к живописи и астрономии. Найдя в библиотеке отца несколько астрономических руководств, он самостоятельно изучил их и мог точно определить время восхода и захода солнца по положению звезд. Увлечение живописью привело Гана к тяжелому заболеванию: приготавливая краски и лаки, он отравился ядовитыми парами и долго болел.

В возрасте 17 лет Ган покинул родительский дом, чтобы изучать теологию в Тюбингенском университете. Свой студенческий досуг он посвящал изучению математики и механики. Не имея средств для приобретения книг, Ган вынужден был ночами переписывать их, а однажды, когда ему захотелось узнать устройство замысловатых часов, он на несколько месяцев обрек себя на хлеб и воду, пока не накопил сумму, необходимую для их приобретения.

Вскоре Ган влюбился «в одну молодую особу, богатую и из хорошей семьи». Желая получить ее руку, он решает стать знаменитым изобретателем. Урывая часы от сна и отдыха, он непрестанно конструирует то «инструмент для определения долготы в море», то «повозку, приводимую в движение паром», а то и.. «вечный двигатель». Но все изобретения остались на бумаге из-за отсутствия средств для их реализации. «И хотя,— как пишет биограф Гана,— его труды не были вознаграждены успехом, на который он надеялся, он обязан этой страсти развитием благороднейших чувств и рождению той высокой репутации, которая соответствовала его таланту».

В начале 60-х годов Ган закончил университет и получил место викария небольшого прихода в деревушке Онстметтинген. Там несколько лет Ган работал над чертежами машины, воспроизводящей движение небесных тел. В 1764 году местный механик-самоучка изготовил по ним деревянную астрономическую машину: движение часового механизма передавалось на диск, на котором солнце, луна и некоторые звезды «всходили» и «заходили» в течение всего года в строго определенное время; кроме того, солнце и луна проделывали свой путь по зодиаку и можно было наблюдать различные лунные фазы.

Вскоре Ган, которому помогали братья и несколько часовых подмастерьев, сделал более точную астрономическую машину, на этот раз металлическую, и преподнес ее в дар герцогу Вюртембургскому.

Слава Гана — искуснейшего механика и изобретателя — разнеслась по всей Германии. Его работами восхищался Гете, а писатель Лаватер писал о нем в своем «Физиогномическом фрагменте»: «...Исключительный выдающийся гений в механике, математике и астрономии. Он постоянно изобретает, непрестанно творит, с огромным терпением, преодолевающим все трудности, выполняет все задуманное до конца. Он создает миры и простодушно рад своей спокойной творческой силе.»

Герцог Вюртембургский, покровительствовавший Гану, предложил ему занять место профессора и библиотекаря в Людвигсбурге, но тот предпочел остаться сельским священником.

В конце 60-х годов Ган задумал новую астрономическую машину, но внезапно прервал работу над нею

и обратился к «счетным приборам». Впоследствии он писал: «Когда я был занят вычислениями над колесами астрономических часов, мне пришлось иметь дело с громаднейшими дробями... так что эта работа могла нанести ущерб моим прямым обязанностям. Тут я вспомнил, что когда-то читал о Лейбнице, что он занимался изобретением арифметической машины... но удовлетворительного результата не достиг. У меня явилась мысль также поработать в этом направлении...»

Ган не предвидел всех трудностей новой работы. «Но позднее,— писал он в дневнике,— я ... убедился, что мне все казалось слишком легким, я думал, что машина будет готова через несколько недель... Однако когда машина была готова до класса тысяч, открылись новые обстоятельства...»

В течение нескольких лет, начиная с 1770 года, Ган упорно трудился над усовершенствованием счетного механизма. К концу 1772 года у него уже было две машины, работавших вполне сносно. Одну из них он демонстрировал в герцогской библиотеке Людвигсбурга императору Иосифу II. Однако эти машины не удовлетворили изобретателя, и он продолжал работу. «... Я должен был бы написать целую книгу, чтобы рассказать о всех своих заботах и трудностях»,— отмечал Ган впоследствии. В мае 1773 года он показывает новую модель герцогу Вюртембургскому, но лишь 25 января 1774 года объявляет ему о действительно скором завершении счетной машины; впрочем, окончательный ее вариант он изготовил лишь в 1778 году. Уступая просьбам друзей, он описал свою машину в журнале «Deutschen Mercur» в 1779 году.

Отличительной чертой машины Гана является, во-первых, круглая форма конструкции и, во-вторых, наличие в ней ступенчатых валиков Лейбница, которые изобретатель расположил вдоль боковой стороны машины. Каждый валик оканчивается стерженьком с десятью делениями, выступающими над верхней крышкой. Стерженьки (вместе с валиком) можно перемещать в вертикальном направлении на любое число делений — от 0 до 9, устанавливая таким образом 12-разрядное слагаемое (или множимое) (рис. 41).

Ступенчатые валики зацепляются с колесами основного счетчика, которые расположены на 12 вертикальных осях. На каждой оси поверх крышки машины укреплен круглая эмалированная пластинка

с двумя рядами (кольцами) цифр. Внешний ряд цифр (от 0 до 9) — черного цвета, внутренний ряд (от 9 до 0) — красного. Черные цифры используются при сложении и умножении, красные — при вычитании и делении. Пластинки располагаются по дуге, имея над собой плоскую стрелку с вырезом, через который видны считываемые цифры. За основным счетчиком размещены оси вспомогательного счетчика. Его шкалы имеют один ряд цифр. Центральную часть машины занимает неподвижный круг с ручкой, которая придает машине вид кофемолки, и стрелкой-указателем. Поворотом ручки число переносится с устройства ввода (ступенчатых валиков) на основной счетчик. При этом вспомогательный счетчик регистрирует число оборотов ручки. Сдвиг множимого осуществляется следующим образом: освобождают защелку на наружном краю машины и поворачивают подвижное кольцо с основным и вспомогательным счетчиками до тех пор, пока стрелка-указатель не укажет нужный разряд вспомогательного счетчика, затем защелку закрывают и поворачивают ручку столько раз, сколько единиц стоит в соответствующем разряде множителя.

Круглую форму конструкции Ган, по-видимому, заимствовал у Лейпольда, описавшего машину собственного изобретения в книге, вышедшей в 1727 году в Лейпциге (там же в самых общих чертах сообщается и о машине Лейбница). Однако совершенно неясно, знал ли Ган о ступенчатом валике или пришел к этой мысли самостоятельно. Во всяком случае, ни из книги Лейпольда, ни из других описаний машины Лейбница он не мог почерпнуть сведений об этом элементе арифмометра.

Статья Гана в «*Deutschen Mercur*» побудила капитан-инженера и строителя Иоганна Гельфрайха Мюллера (1746—1830) из Дармштадта в 1783 году сконструировать свою счетную машину и заказать ее изготовление часовому мастеру в Гисене.

14-разрядную машину Мюллера (рис. 43) отличали от машины Гана некоторые усовершенствования. Так, Мюллер заменил цифровые стержни, которые перемещались вверх и вниз по окружности машины, вращающимися дисками с цифрами на боковой поверхности. Он также включил в механизм звоночек, который звенел, когда вычислитель допускал определенные ошибки. (Эту идею использовал впоследствии в своей аналитической машине Чарлз Бэббидж).

Ган снисходительно отнесся к появлению в печати описаний мюллеровской машины. «Если она совершает то, на что способна моя, то это в достаточной степени свидетельствует о знаниях господина Мюллера в области механики, хотя у него и было лучшее руководство в

виде описания моего изобретения, чем у меня — в описании машины Лейбница».

Счетная машина 1778 года была последней работой Гана в этой области. Затем он вновь обратился к часовым механизмам и астрономическим приборам, «трудясь с привычным жаром, пока 2 мая 1790 года его не настигла смерть».

«Сегодня в Эхтердинге хоронят человека, который был гордостью Вюртембурга и славой Германии. Это Филипп Маттеус Ган, тамошний священник, — писал в своей «Хронике» поэт, органист и публицист Шубарт. — Величие его ума доказывают его изобретения в области механики, ни одно из них не было подражанием... Будь он британцем, его имя гремело бы по всему миру. Но он был лишь смиренным швабом, и открытия его ума были спрятаны под пеленой строжайшей скромности. Он был великим механиком...»

ИДЕЯ СИНЬОРА ПОЛЕНИ

В интернациональной шеренге изобретателей счетных машин и приборов почетное место занимает итальянец Джованни Полени. Ему принадлежит идея зубчатого колеса с переменным числом зубьев. Арифмометры, в которых использовались эти колеса, в конце XIX — начале XX столетия стали, вероятно, самыми популярными счетными машинами.

Джованни Полени — математик, астроном, физик и археолог — родился в 1683 году в Венеции. Отец его прославился во время войны с турками, за что и получил титул маркиза. Одаренный «замечательными способностями и живостью ума», молодой Полени блестяще учился. Родители хотели, чтобы он стал судьей — занятие, достойное маркиза, но Джованни избрал академическую карьеру. В 26 лет он занял место профессора астрономии в Падуанском университете, через 6 лет перешел на кафедру физики, а в 1719 году возглавил кафедру математики. Вместе с тем он продолжал вести курсы астрономии и теоретической физики. В 1738 году к этим дисциплинам добавилась еще экспериментальная физика, и в короткий срок Полени сумел организовать одну из лучших в Европе физических лабораторий.

Круг научных интересов маркиза Полени был необычайно широк. Он занимался математикой, физикой и

астрономией; конструировал различные приборы и механизмы, публиковал статьи по археологии, увлекался архитектурой: в 1748 году был приглашен папою в Рим для осмотра купола знаменитого собора св Петра и разработки мер, предотвращающих его разрушение...

Наибольшую славу Полени принесли его работы по гидродинамике. Здесь он получил много важных результатов, например определил (независимо от Ньютона) влияние размера отверстия на скорость истечения. Практические рекомендации Полени имели большое значение для его времени, и не даром К. Маркс, рассматривая историю мельниц, писал: «Учение о движении воды, как и его использование для постройки водяных мельниц, разработано Полени в работе «*De motu aquae*» 1717 г.»

Вскоре после выхода этой книги Полени был приглашен сенатом Венецианской республики руководить работами по предотвращению наводнений. Он стал часто выступать арбитром в спорах, возникавших между государствами, границы которых проходили по рекам.

Полени вел оживленную переписку с Эйлером, Кассини, Мопертюи, он был иностранным членом академий наук многих стран, в том числе и России. Биограф Полени писал о нем: «Его доброта, непритязательность и крайняя обязательность добыли ему многочисленных друзей; в его характере было большое благородство духа... он был полон искренности...»

Умер Джованни Полени в 1761 году. На одной из площадей Падуи была установлена его статуя, одна из первых работ скульптора Кановы.

Описание изобретенной Полени счетной машины дано в его книге «*Miscellanea: de barometris et thermometris de machina quadam arithmetica*», вышедшей в 1709 году в Падуе.

Основные детали этого замысловатого устройства (рис 45) выточены из дерева. Машина Полени в отличие от всех известных счетных машин приводится в движение грузом-гирькой *k*, висящей свободно на канате. Другой конец каната закреплен на валике *l*, а валик жестко сидит на оси *yg*. На той же оси расположены зубчатые колеса *abc* и *ihk*, передающие вращение оси двум другим осям, которые на рис. 45 обозначены как *VY* и *LM*.

На валу *VY* справа находится составное зубчатое колесо — основной элемент машины, в котором как раз и воплощена идея сеньора Полени (по нашей терминологии это устройство ввода). Колесо состоит из плоского диска *QRST* и расположенных левее его

трех зубчатых секторов $a-b$, $c-d$, $e-f$. Каждый сектор состоит из 9 двухреберных блочков (на рис 45, фиг III, изображен отдельный блочек). В левом ребре блочка сделан квадратный вырез $k l p q$, в правом — прямоугольное отверстие D . В вырез вставляется прямоугольный зуб abc (фиг. II), к которому крепится подпружиненный рычаг xy (фиг. IV). Свободный конец рычага пропускается в отверстие D . Если нажать пальцем на рычаг так, чтобы его конец оказался у нижнего торца отверстия D , то зуб займет положение, при котором он будет перпендикулярен к периферии ребра. В этом положении он сможет войти в зацепление с зубчатым колесом основного счетчика, которое расположено над составным колесом. Если же свободный конец рычага находится у верхнего торца отверстия D , то зуб отклонен в сторону и зацепление при этом невозможно.

Таким образом, в каждом из трех секторов можно вручную установить нужное число зубьев, которые должны войти в зацепление с соответствующим колесом основного счетчика. При этом сектор $a-b$ соответствует разряду единиц, $c-d$ — разряду десятков, $e-f$ — разряду сотен.

Зубчатые колеса основного счетчика расположены, как уже говорилось, над устройством ввода. Счетчик в машине Полени имеет 6 разрядов, то есть 6 осей с зубчатыми колесами. На конце каждой оси укреплен стрелка, которая скользит над цифровым диском hg , находящимся в лицевой части машины. Механизм передачи десятков, в котором применена однозубая передача, на рис. 45 не виден.

Вспомогательный счетчик аналогичен лейбницеvскому. На правый конец оси LM насажен круглый диск с ручкой. Диск свободно вращается (вместе с осью) в квадратной пластинке $DEGF$. Пластинка имеет 9 отверстий u , расположенных таким образом, что за один оборот составного колеса ручка проходит путь от одного отверстия до другого (диск при этом поворачивается на 36°). В одно из отверстий вставляется длинный штифт, наткаясь на него, ручка останавливает движение элементов машины.

Устройство сдвига выполнено так. Левый конец оси, на которой сидит составное колесо, опирается на подшипник, допускающий продольные смещения этой оси, а само смещение производится с помощью пары «гайка — винт», которая укрепленa на кронштейне у задней (левой) крышки машины. При повороте рукоятки fx на 360° зубчатые колеса $\Phi\Omega$, $Z\Delta$, mW поворачиваются таким образом, что винт пары сдвигается на один шаг и смещает ось VY вправо на расстояние, равное «толщине» сектора. При этом зубья сектора $a-b$, ранее сцеплявшиеся с зубьями колеса ol , получают возможность войти в зацепление с зубьями колеса rs и т. д.

Прекрасная идея маркиза Полени в течение многих лет не привлекала внимания изобретателей счетных машин. Только в 1841 году парижский доктор медицины Дидье Рот использовал ее в своем «круглом арифмометре». Окончательно завершение принцип зубчатого колеса с переменным числом зубьев получил в арифмометре петербургского механика Вильгодта Теофила Однера, российского шведа, мастера экспедиции заготовления государственных бумаг.

Основным элементом машины было зубчатое колесо, получившее впоследствии название колеса Однера * (рис 44). Оно состоит из диска 1, который жестко закрепляется на ведущем валу, и установочной шайбы 2. Эту шайбу можно вращать за выступ 3 относительно неподвижно стоящего диска, в пазах которого могут радиально перемещаться выдвижные зубья 4, имеющие штифты 5. Штифты входят в криволинейный паз 6 установочной шайбы 2. Если повернуть шайбу при помощи выступа 3, то изгиб, имеющийся приблизительно на середине паза, давлением на штифты продвинет зубья либо наружу, либо внутрь колеса.

Таким образом, в зависимости от углового положения шайбы в колесе Однера изменяется число зубьев.

Начав работать над своим изобретением в 1874 году, Однер через 4 года получил привилегию (патент) на производство арифмометров. В 1890 году он существенно улучшил конструкцию своей машины и организовал «Механический и медно-литейный завод» для производства арифмометров. В первый же год существования завод выпустил около 500 машин. Умер Однер, вероятно, в 1906 году.

В начале нашего века десятки фирм под различными марками выпускали арифмометры петербургского изобретателя.

В Советском Союзе арифмометр «Феликс», являющийся модификацией арифмометра Однера, выпускался несколькими заводами вплоть до конца 50-х годов.

МЕХАНИК — ЭТО ЗВУЧИТ ГОРДО

Мы уже встречались с именем немецкого механика Якоба Лейпольда. Пришло время подробнее рассказать об этом замечательном инженере и писателе, авторе одного из самых остроумных арифмометров.

Он родился 25 июля 1674 года в Планице, в семье талантливого самоучки-ремесленника. Из-за стесненных материальных обстоятельств Лейпольду не довелось много учиться: он слушал некоторое время лекции по математике в Иене, затем штудировал теологию в Виттенберге. Когда деньги, отпущенные ему семьей на обучение, подошли к концу, Лейпольд решил возвратиться в родной город. Заехав в Лейпциг и прослушав несколько лекций в университете, он изменил свое решение: он будет учиться!

* За несколько лет до однеровского арифмометра аналогичное изобретение, не получившее, однако, распространения, было сделано американцем Фрэнком Болдуином.

Лейпольд поступает в Лейпцигский университет на богословский факультет и одновременно подрабатывает на жизнь как репетитор-математик. Позже он начинает изготавливать на продажу различные приборы и инструменты. Нужен был лишь толчок, чтобы Лейпольд изменил богословию и занялся тем, к чему звало его призвание. Таким толчком оказались слова лиценциата Зеллигмана, сказавшего как-то Лейпольду, что «Лейпциг имеет достаточно проповедников, но ни одного мастера, который поставил бы ремесло на математическую и физическую основу».

Лейпольд решает отказаться от духовной карьеры и стать профессиональным механиком. Так как у него не было денег для того, чтобы завести свое «дело» — открыть мастерскую, он попытался «поправить обстоятельства женитьбой», выгодной разумеется. В 1701 году он женился на дочери оружейника из Лукка. Тесть выхлопотал для Лейпольда место эконома в городском госпитале, что позволило ему жить безбедно и заниматься в свое удовольствие любимой механикой. Он конструировал, изготавливал и продавал в основном «ходовую продукцию» — различного рода воздушные насосы. Хотя и медленно, но упорно он шел к своей цели — к собственной механической мастерской. И такая мастерская у него появилась, произошло это уже после смерти первой жены (1713), когда он лишился места эконома в госпитале.

В 1715 году Якоб Лейпольд становится механиком Лейпцигского университета. Его имя и его машины приобретают все большую известность: он удостоивается чести быть почетным членом Академии наук в Берлине, получает титулы прусского коммерческого советника и горного советника польского короля. Последние годы жизни Лейпольд посвящает обучению молодежи основам теоретической и прикладной механики, занимая пост директора технической школы.

Но все же не машины и не преподавательское искусство принесли славу Якобу Лейпольду, а многотомная энциклопедия технических знаний под общим названием «*Theatrum machinarum*»*, над которой он работал с 1722 года до самой смерти, наступившей в январе

* В XVI—XVIII веках «Театрами машин» назывались сборники, в которых описывались конструкции и работа различных механизмов, машин и приборов.

1727 года Из 10 томов «Театра машин» при жизни автора вышло 7.

В книгах Лейпольда собраны сведения обо всех машинах и инструментах, известных к 20-м годам XVIII столетия. Сочинения Лейпольда написаны не на классической латыни, а по-немецки и поэтому доступны не только ученым, но и простым ремесленникам. Долгие годы эти книги служили учебником и справочником как для начинающих, так и для опытных изобретателей и механиков. Известно, например, что великий Уатт специально изучил немецкий язык, чтобы познакомиться с описанными Лейпольдом паровыми машинами.

Одна из книг энциклопедии, вышедшая в 1727 году и полностью посвященная инструментальным средствам вычисления, может рассматриваться как первая в мире монография по вычислительной технике. В ней среди многочисленных вычислительных устройств и машин Лейпольд описал несколько собственных изобретений.

Счетная машина Лейпольда (рис. 47) основана на принципе переменного пути зубчатки. Здесь в начале движения приводной ручки машины зубья рейки сцеплялись с колесом основного счетчика и поворачивали его на определенный угол, а момент расцепления определялся путем, который проходил по ступенчатой пластинке специальный кулачок, связанный с устройством ввода. Машина Лейпольда, между прочим, была первой счетной машиной круглой формы.

Для представления результата умножения в ней использовалось 9 неподвижных цифровых дисков, расположенных во внешнем кольце *CDFE*, диски соответствуют единицам, десяткам, сотням (Диски имеют две противоположные градуировки: одна для сложения и умножения, другая для вычитания и деления) Поверх дисков скользят стрелки-указатели, укрепленные на осях, которые проходят через центры дисков. На тех же осях, но внутри машины располагаются 10-зубые храповые колеса, они приводятся во вращение 9-зубой секторной рейкой *NO* (рис. 49, фиг. III), которая может поворачиваться вокруг оси *W*, укрепленной в зубчатом кольце *PR*. На рейке *NO* под прямым углом к ней укреплена тонкая пластина *x*, показанная отдельно на рис. 49, фиг. IV. Левый боковой торец пластины плоский, правый выполнен в виде 9 ступенек равной высоты.

При вращении приводной ручки зубчатое кольцо *PR* вместе с рейкой *NO* поворачивается относительно внешнего кольца. Один из кулачков *l*, *m*, *n*, *O*, расположенных на свободном конце рычага, наталкивается своим закругленным торцом на пластину *x* и, скользя по ее грани, перпендикулярной поверхности рейки, отжимает последнюю вверх, вводя ее зубья в зацепление с тем храповым колесом, мимо которого проходит рейка в данную часть оборота. Пройдя по

боковой грани пластины до конца ступеньки, кулачок проскакивает вперед по направлению к периферии машины, и рейка возвращается пружиной h в исходное состояние, выходя из зацепления с храповиком. Таким образом, число зубьев, на которое повернется одно из храповых колес, определяется длиной пути кулачка.

Для того чтобы произвольно менять длину этого пути, необходимо иметь средство установки кулачка на различную относительно пластины x высоту. Это достигается следующим образом: рычаг с кулачком, имеющий возможность поворачиваться в плоскости, перпендикулярной верхней крышке машины, несет на себе палец S , который опирается на спиральную наклонную плоскость, показанную отдельно на рис 49, фиг. V. При повороте оси V палец скользит по этой плоскости, поднимая конец рычага с кулачком и устанавливая его против определенной ступеньки пластины x . Ось V оканчивается указателем, который поворачивается относительно одного из 6 неподвижных цифровых дисков внутреннего кольца. Каждый диск лежит напротив диска внешнего кольца и используется для представления 1-го разряда множимого. Итак, во внешнем кольце машины располагается основной счетчик, а во внутреннем — устройство ввода. Сдвиг множимого осуществляется поворотом против часовой стрелки всей центральной части машины. Наконец, в центре машины размещен вспомогательный счетчик — его шкала видна на рис 47, а храповое колесо на рис 48.

Механизм переноса десятков выполнен следующим образом.

На осях основного счетчика расположены 10-зубые колеса, между которыми имеются промежуточные колеса L , K и т. д. Каждое промежуточное колесо несет на себе подпружиненный палец (на рис 48 на колесе M палец f , колесо L с пальцем g и на колесе K палец d), причем у нечетных колес он расположен над ними, а у четных — под ними. При повороте колеса единиц на 360° палец поворачивает на 36° колесо десятков, лежащее выше, и благодаря этому совершается передача десятков. Аналогичным путем выполняется передача сотен, тысяч и т. д.

Смерть помешала Лейпольду изготовить машину, и принцип переменного пути зубчатки был впервые реализован много позднее Дитцхольдом (1877) и Ф. Вайсом (1893).

Я всегда старался, насколько позволяли мои силы и способности, избавиться от трудности и скуки вычислений, докучливость которых обыкновенно отпугивает очень многих от изучения математики.

Ц НЕПЕР (1550—1617)

Читатель, вероятно, заметил существенный недостаток арифмометров: для получения кратных здесь требуются последовательные сложения введенного числа с самим собой или с предыдущим результатом. Поэтому на n разрядов множителя приходится делать в среднем $4,5 n$ движений приводного рычага.

Нельзя ли сделать машину, в которой кратное получалось бы одним движением? Первые попытки создания таких множительных машин относятся ко второй половине XIX столетия; это машины Эдмунда Барбура (1872), Рамона Вереа (1878), Эдуарда Зеллинга (1893) и Леона Болле (1889). Наиболее удачливым оказался французский инженер Л. Болле, в машине которого использовалась идея так называемых палочек Непера. С историей развития этой идеи в течение трех столетий мы и познакомимся в настоящей главе.

ДОСТОСЛАВНЫЙ БАРОН НЕПЕР

400 лет назад город Эдинбург состоял из одной улицы длиною в милю, постепенно поднимавшейся от ворот Холирудского аббатства — резиденции шотландских королей — до Эдинбургского замка, возведенного на мрачных и неприступных скалах. Маленькие, грязные и узкие боковые улочки сбегались к «королевской миле», беря начало прямо в полях и поросших вереском торфяниках. Подступы к городу защищали замки, на юго-востоке возвышался величественный Крейгмиллар, на юго-запа-

де одиноко стояла башня Мэрчистона. Владельцы замков были тесно связаны с жизнью столицы Шотландии. Несколько представителей семьи Неперов — лэрдов Мэрчистона — были в разные годы мэрами города, членами тайного совета и судьями. Помощником судьи и управляющим монетным двором был и Арчибалд Непер — отец великого шотландского математика Джона Непера.

Род Неперов принадлежал к числу тех воинственных шотландских кланов, которые всю жизнь воевали друг против друга, против своих или чужих королей. Свое происхождение они вели от стариннейшей семьи графа Леннокса. Семейное предание гласило, что изменению фамилии Неперы обязаны Доналду Ленноксу, который сражался так мужественно, что король объявил после битвы перед войском: Доналд — па реер (не имеет равных). Совершенно необъяснимо, как в этой среде грубых и невежественных баронов, привыкших использовать пять пальцев своей руки лишь для доброго кулака, а отнюдь не для счета, появился великий математик.

Джон Непер, восьмой владелец Мэрчистона, родился в 1550 году. Его отцу в то время едва исполнилось 16 лет, мать — Джаннет Босуэлл была еще моложе. В детстве и юности Джон отличался нелюдимым и застенчивым характером и не слишком крепким здоровьем. О воспитании мальчика больше всего заботилась мать и ее брат — епископ оркнейский Адам Босуэлл. До нас дошло письмо епископа сэру Арчибалду, в котором он настойчиво просит отослать 10-летнего племянника для изучения наук на континент.

20 декабря 1563 года Джон поступает в колледж святого Спасителя старейшего шотландского университета в Сент-Эндрюсе, где изучает грамматику, логику, теологию, каноническое и гражданское право, а также этику, физику и математику. Около 1566 года, после смерти матери, он оказывается в Европе, где с целью пополнения образования посещает Италию, Данию и Францию. Неустойчивая политическая ситуация заставляет его в 1571 году вернуться в Мэрчистон. В том же году он обручается с Элизабет Стирлинг и в 1572 году женится на ней. Через некоторое время Непер с женой переезжает в выстроенный для них родителями замок в Гартнесе; здесь он продолжает свои научные занятия, начатые еще в университете.

Замкнутость и необычайная ученость Непера сделали его в глазах окружающих человеком, тайком занимающимся черной магией и связанным со Старым Ником (так в Шотландии называют дьявола).

Джон Непер своеобразно использовал эту убежденность. Однажды у него дома случилась пропажа. Подозрение пало на слуг, хотя ни одного из них наверняка нельзя было обвинить. Тогда Непер объявил, что его черный петух обладает свойством открывать своему хозяину тайные мысли домашних. Каждый слуга должен был войти в темную комнату, где сидел петух, и дотронуться до него рукой. Слугам было сказано, что петух закричит, когда до него дотронется вор. И хотя петух так и не закричал, Непер определил вора: он предварительно обильно обсыпал петуха золой, и чистые пальцы одного из слуг стали доказательством его виновности.

Надо думать, что и сам Непер верил в существование сверхъестественных сил. Сохранился любопытный документ — договор, в котором Непер брался, используя свое необычайное искусство, открыть местонахождение клада в одном из старых и мрачных шотландских замков. «Рожденный в век, когда не признавать ведьм значило в глазах людей то же самое, что оправдывать их нечистые деяния, Домини сжился с этими легендами и верил в них также свято, как верил в бога», — писал об учителе Сэмсоне в «Гае Мэннеринге» другой великий шотландец — Вальтер Скотт. Эти слова, пожалуй, как нельзя лучше относятся и к Джону Неперу.

В 1579 году Элизабет Непер умерла, оставив мужу сына и дочь, и через некоторое время Джон вторично женился на Агнесс Чизхольм, дочери крупного шотландского землевладельца. Этот брак принес дому Неперов 5 сыновей и 5 дочерей.

В 1608 году многочисленное семейство Неперов переехало в Мэрчистон, где 4 апреля 1617 года закончил свой жизненный путь Джон Непер, который, по словам английского историка, «заслуживает звания Великого Человека более, чем любой другой шотландец, когда-либо появившийся на свет».

Большую часть своей жизни Непер провел в размышлениях и научных изысканиях, преимущественно в области математики. Но наиболее выдающимся своим трудом он считал книгу «Простое объяснение откровений св. Иоанна», вышедшую в 1593 году. В течение 30 лет она вы-

держала 17 изданий в Англии, Голландии, Франции и Германии.

В книге Непер, прибегая к числовой мистике, «научно» доказывает, что папа — антихрист, что Рим является греховным Содомом и Гоморрой, что саранча, о которой говорится в Апокалипсисе, означает турок, и что конец мира наступит между 1688 и 1700 годами и т. д.*

Увлекался Непер и астрологией, следствием чего явился «Кровавый альманах, содержащий много верных предсказаний относительно того, что произойдет в текущем 1647 году. Вместе с вычислениями дня Страшного суда составлено и опубликовано знаменитым астрологом лордом Непером Мэрчистонским».

С особым удовольствием Непер занимался вопросами сельского хозяйства. Он пытался повысить урожайность хлебов, удобряя землю солью, изобрел несколько полезных сельскохозяйственных орудий, таких, как гидравлический насос, облегчающий поливку сада.

Впрочем, Непер изобретал орудия и пострашней: во время войны с Испанией он написал — как мы сейчас сказали бы — докладную записку: «Секретные изобретения, полезные и необходимые для защиты острова и сопротивления иноземцам, врагам истинной веры». «Секретные изобретения» включали:

зеркало для поджигания вражеских кораблей на расстоянии;

устройство для плавания под водой с различными хитрыми приспособлениями для внезапного нападения на врага (подводная лодка?);

металлическую колесницу, легко и быстро движимую находящимися внутри воинами, которые поражали врага через маленькие отверстия в корпусе колесницы (танк?);

и, наконец, пушку, выстрел которой гарантировал гибель не менее 30 000 турок, а «христианам при этом никакого вреда не наносил» (истинно христианское оружие!).

Достойными гения Непера были лишь его математические работы. Он занимался наукою исключительно ради удовлетворения прирожденной жажды знаний и неохотно отдавал свои труды в распоряжение печатного станка. По этой причине первое математическое сочинение

* Примерно через полстолетия другой гений — Исаак Ньютон — также будет вычислять день «Страшного суда».

Непера «De arte logistica», посвященное некоторым вопросам тригонометрии, арифметики и алгебры, появилось в свет лишь в 1839 году; знаменитый трактат о логарифмах был напечатан только в 1614 году, хотя по многим свидетельствам Непер пришел к идее логарифма на 20 лет раньше; поэтому и в предисловии к последнему своему прижизненному сочинению «Rabdologia seu Numerationis» (1617) он, как бы извиняясь, говорит, что публикует книгу лишь по настоянию друзей.

Термин «рабдология» Непер объяснял как «счет с помощью палочек» * (впоследствии этим термином воспользовался, как мы уже говорили, К. Перро). Эти палочки под названием «палочек Непера», как и сам метод умножения с их помощью, быстро получили распространение в Европе и были одно время даже более популярны, чем логарифмы — главное изобретение Непера. Книга была вскоре переведена на итальянский, датский, французский языки и только в 1667 году на английский.

Непер, вероятно, знал о приеме умножения, описанном в известном средневековом трактате Луки Пачоли «Summa de arithmetica» под названием *gelosia* (этот прием задолго до Пачоли был знаком индийцам). Суть его в следующем.

Счетную доску (или просто лист чистой бумаги) расчерчивали в виде сетки прямоугольников, разделенных диагоналями. По сторонам сетки (сверху и справа) записывали сомножители, а промежуточные произведения помещали в прямоугольники так, чтобы диагональ разделяла единицы и десятки (единицы помещались в нижний треугольник, а десятки — в верхний). Для получения произведений осуществляли суммирование «вдоль диагоналей», а результат записывали снизу сетки (младшие разряды) и слева от сетки (старшие разряды) **.

Непер предложил разрезать «школьную» таблицу умножения на 10 полосок (включая нулевую) и числа разделить диагонально на единицы и десятки. Полоски наклеивались на деревянные палочки и использовались следующим образом (рис. 50).

Пусть требуется умножить 2085 на 4. Делали это

* Рабдо́с (греч.) — палка, прут.

** По мнению Пачоли, запись выкладок при этом методе напоминает решетчатые оконные ставни, скрывавшие от взоров прохожих сидящих у окон женщин. Такие ставни называли *gelosia* (жадузи), что по итальянски означает «ревность».

так: брали палочки для цифр 2, 0, 8 и 5 и еще одну — единичную. Палочки прикладывали друг к другу так, как показано на рис. 50, и против цифры 4 единичной палочки искали произведение 4 на цифры 2, 0, 8 и 5, из которых составлено множимое.

Суммируя числа как в *gelosia*, получаем:

$$2085 \times 4 = 8; (0 + 3), (2 + 2); 0; = 8340.$$

Если множитель многозначный, то отдельные произведения выписывали, как обычно, со смещением на один разряд, а затем складывали. Для множимого, содержавшего несколько одинаковых цифр, приходилось иметь несколько одинаковых палочек. Поэтому Непер предложил выполнять палочки в виде прямоугольных параллелепипедов и наклеивать на них не одну, а 4 полосы (по одной на каждую грань) таким образом, чтобы первая палочка содержала полосы для 0, 1, 9, 8; вторая — для 0, 2, 9 и 7; третья — для 0, 3, 9 и 6 и т. д. вплоть до 10-й, содержащей полосы для 3, 4, 6 и 5.

Таким образом, каждая палочка имела на противоположащих гранях полосы для некоторой цифры и ее дополнения до 9.

С помощью палочек Непера можно было выполнять не только операцию умножения, но и деления и извлечения квадратного корня.

Итак, от школьной таблицы умножения и метода *gelosia* до палочек Непера — один шаг! Но никто из математиков средневековья не обратил внимания на эту, казалось бы, совершенно очевидную возможность упрощения операции умножения, и этот единственный шаг был сделан Непером.

Пожалуй, ни одна идея в истории вычислительной техники не дала столько пищи изобретательным умам, как идея палочек Непера. На протяжении трех веков было сделано множество улучшений и модификаций палочек.

Наиболее остроумная модификация была предложена в 1885 году двумя французскими изобретателями — железнодорожным инженером Женейем и сотрудником парижского Музея искусств и ремесел известным математиком Эдуардом Люка. Набор Женейя и Люка содержал 11 брусков. Один из них, соответствующий множителю, имел боковую грань, разделенную на два вертикальных столбца. Левый столбец разбит на 8 клеток с цифрами 2, 3, ..., 9, означающими множитель. Правый столбец

разбивался на различное число клеток в зависимости от множителя против множителя 2 были две клетки с цифрами 0, 1, против множителя 3 — три клетки с цифрами 0, 1, 2 и т. д. (рис. 53).

У остальных 10 брусков использовались все четыре боковые грани. Каждая из них также разбивалась на два вертикальных столбца. В самом верху грани справа была написана цифра множимого. Далее правая колонка разбивалась на клетки так же, как и на бруске, описанном выше.

Произведение однозначных чисел записывается так: верхняя клетка правой колонки содержит цифру единиц произведения, в следующих клетках пишутся соседние цифры в порядке возрастания. Цифра десятков изображается в левой колонке с помощью черного треугольника, вершина которого находится на высоте нужной клетки. Благодаря этому, читая цифры результата против вершин, мы избавляемся от необходимости сложения для получения нужных значений разрядов.

XVII СТОЛЕТИЕ, КИРХЕР, ШОТТ И ДРУГИЕ

Этот удивительный XVII век! Век замечательных открытий и изобретений, век становления современной науки, век математический, *Saeculum mathematicum*, век, когда трудами Фрэнсиса Бэкона и Рене Декарта естествознание начало освобождаться от пут теологии; век, когда были созданы маятниковые часы и морской хронометр, микроскоп, телескоп, термометр, ртутный барометр, гигрометр, счетная машина... XVII век — век Галилео Галилея, Иоганна Кеплера, Исаака Ньютона, Готфрида Вильгельма Лейбница, Блеза Паскаля, Джона Непера, братьев Бернулли, Христиана Гюйгенса, Роберта Гука, Антона Левенгука, Роберта Бойля, Жозефа Савера и многих, многих других. В XVII веке появляются первые академии наук — Флорентийская академия опытов (1657), лондонское Королевское общество (1662), Парижская академия наук (1666), первые государственные обсерватории — в Париже (1672) и Гринвиче (1675); первые научные журналы — французский «Журнал ученых» (1665), английский «Философские труды» (1665).

«Ах, люди XVII века! Как основательно они все знали! Как медленно читали!» (Густав Флобер).

Люди XVII века знали все «основательно», но еще не всегда могли отличить зерна от плевел. Вот почему в то время, когда Роберт Бойль создавал основы научной химии, еще дымились реторты в лабораториях алхимиков; «отец» научной геологии, датчанин Н. Стенсен пытался связать свою геологическую историю земли с библейским потопом; гениальный астроном Кеплер составлял гороскопы; великие математики Непер и Ньютон вычисляли день «Страшного суда» и прихода антихриста, а книги наряду с научным содержанием были полны описаниями невероятных событий, диковинных фактов и неожиданных изобретений.

Весьма показательны в этом отношении книги двух отцов-иезуитов — Афанасия Кирхера и Каспара Шотта, трудолюбивых исследователей и неутомимых сочинителей. «Кирхер был человеком, обладавшим необыкновенной эрудицией, но не любившим тщательного обдумывания и не терпевшим критики», — писал один из его биографов. «Он был одарен очень смелым воображением, обширной памятью и колоссальным терпением, но несмотря на это ему не удалось проверить все факты, изложенные в его книгах». А вот мнение о трудах Шотта французского писателя и ученого Мерсье де Сент-Леже (1785): «Я знаю, эти сочинения не свободны от недостатков; их автор, если хотите, перегружен множеством бесполезных, случайных и смешных вещей, но там можно найти любопытные факты, драгоценные наблюдения, опыты, заслуживающие внимания; они могут указать дорогу к открытиям тем, кто будет иметь смелость копаться в этой шахте...»

Жизненные пути Афанасия Кирхера и Каспара Шотта, то пересекавшиеся между собой, то расходившиеся, характерны для «кабинетных» ученых XVII столетия, которые в первую часть жизни учились сами, а во вторую — учили других.

Афанасий Кирхер родился 2 мая 1602 года в Гейсене, он был 9 ребенком доктора теологии Иоганна Кирхера. До 11 лет он посещал гейсенскую начальную школу и, кроме того, занимался с отцом музыкой, латынью и географией. В 1612 году мальчика перевели в иезуитское училище при старинном монастыре Фульда, а еще через 6 лет, после вступления Кирхера в орден Иисуса, его зачислили в иезуитский колледж в Падеборне. Здесь

он изучал математику, физику, логику, философию и языки — греческий и древнееврейский.

В 1623 году Кирхер начинает свою преподавательскую деятельность учителем греческого языка в Эйхсфельде, но затем вновь в течение 1624—1627 годов изучает теологию в Майнце. По педагогической традиции иезуитов, в соответствии с которой последний год студент обязан был провести в стенах другого училища, Кирхер переводится в 1628 году в Шнеер, где и получает сан священника. В следующем году он зачисляется профессором математики, философии и восточных языков Вюрцбургского университета. Одним из его студентов и восторженным почитателем, с которым молодого профессора связала крепкая дружба, был 23-летний иезуит Каспар Шотт.

Вскоре, однако, Тридцатилетняя война вмешалась в жизнь университета: после победного сражения у Брейтенфельда шведский король Густав-Адольф в октябре 1631 года занял Вюрцбург. Кирхер бежит во Францию, где в Авиньоне продолжает свою педагогическую деятельность, а Шотт находит прибежище в одном из итальянских иезуитских колледжей.

В 1638 году Кирхер стал профессором римской высшей школы иезуитов (Коллегио Романо). Последующие годы вплоть до смерти, наступившей 27 ноября 1680 года, он жил почти безвыездно в Риме.

Шотт после окончания колледжа долгие годы преподавал моральную теологию и математику в Палермо, в 1651—1653 годах был ассистентом Кирхера в Коллегио Романо, а затем — профессором математики и физики в иезуитской школе родного Вюрцбурга. Умер Каспар Шотт в 1666 году.

Из-под трудолюбивых перьев Кирхера и Шотта вышло большое количество пухлых фолиантов — учебников*, монографий по отдельным вопросам науки и техники и просто пестрых собраний фактов, рассказов, домыслов. Заметим, что все сочинения Шотта могут рассматриваться в основе своей как сокращенное изложение

* Интересно, что курс физики в первых русских высших учебных заведениях — Киево-Могилянской и Московской славяно-греко-латинской духовных академиях имел раздел «De magia», в котором использовались в основном труды Кирхера и Шотта о «натуральных магиях» (об оптических явлениях и оптических инструментах)

рукописей Кирхера. Какие только вопросы в них не затронуты!

Арифметика, геометрия, тригонометрия, алгебра, учение о логарифмах, астрономия, хронография, география, акустика, диоптрика и катоптрика, механика, статика, гидрология, гидротехника, пиротехника, криптография, фортификация, топография, химия, архитектура, строительная механика, музыка, телескоп, трубы для тугоухих, микроскопы, магниты и их свойства, гидравлические органы, автоматы, пневматические машины, водолазные колокола, военная тактика и стратегия и т. д. Но, кроме того, там говорилось об астрологии, о симпатиях между неодушевленными телами, о вечных двигателях, о медицинском чародействе, о физиогномике, о различных видах гадания, об ангелах и демонах, привидениях и кентаврах, сатирах, нимфах и великанах, бесноватых, ликантропах, о фокусах с картами и стаканами, о редких медицинских рецептах, о статуях, которые говорят и двигаются, о палингенезе — способе воскрешения растений из пепла и пр.

Иногда среди вороха сведений блеснет алмазное зерно: первые удачные попытки расшифровки египетских иероглифов, «блошиное стекло» — нехитрый увеличительный прибор с двояковыпуклой линзой, изобретенный Кирхером в 1645 году, первое описание воздушного насоса Отто фон Герике, помещенное с согласия автора в одну из книг Шотта; рупор-громкоговоритель — здесь Кирхер оспаривал авторство у Сэмюэла Морленда; наконец, первая попытка механизации неперовских палочек — прибор, изобретенный, вероятно, Кирхером, но описанный Шоттом в книге «*Organum mathematicum*» (1688).

Устройство «математического органа» (рис. 52) очень несложно. 10 палочек Непера наклеены одна за другой на боковую поверхность цилиндра 9 подобных цилиндров помещены на горизонтальных осях в ящике *ABCDER*, причем каждая ось заканчивается ручкой α . Цилиндры закрыты сверху разлитованным листом картона с узкими вертикальными прорезями *IK*. Поворотом ручек можно установить в этих прорезях нужные палочки. В клетках крайнего левого столбца *MN* расположены первые 9 цифр, остальные столбцы могут быть использованы для записи промежуточных результатов. На внутренней стороне откидной крышки *HARG* помещена вспомогательная таблица

Таким образом, в приборе Кирхера — Шотта был механизирован процесс подбора палочек для представ-

ления необходимого множимого и расширен диапазон «представимых чисел» *.

Вслед за Кирхером и Шоттом цилиндрическую форму палочек использовали в своих счетных устройствах и другие изобретатели. В XVII столетии это сделал Рене Грийе, часовой мастер Людовика XIV, опубликовавший в «Журнале ученых» за 1678 год описание «новой арифметической машины». Она представляла собой сочетание суммирующего механизма Паскаля с цилиндром Непера. Известно, что Грийе демонстрировал ее работу в монастыре св. Жана Латранского и впоследствии изготовил еще одну усовершенствованную копию машины.

Примерно в те же годы популярностью пользовался барабан Пти, названный по имени его изобретателя Пьера Пти (1594—1677) — генерального инспектора Франции по фортификациям, друга Паскаля и большого любителя точных наук. Пти наклеил полоски бумаги с начерченными палочками на картонные ленты и заставил их двигаться вдоль оси цилиндра.

В 1727 году уже знакомый нам немецкий механик Якоб Лейпольд видоизменил барабан Пти, придав ему десятиугольную форму (рис. 54).

Барабан Лейпольда состоял из 11 десятиугольных шайб, установленных на общей оси *F*. Крайняя правая шайба оставалась во время работы с барабаном неподвижной, остальные 10 шайб могли свободно поворачиваться от руки. Для фиксации углового положения шайб в отверстия *d* вставлялись пальцы *c*. На каждую из 10 граней вращающейся шайбы была нанесена одна и та же палочка Непера, а на боковую грань неподвижной шайбы, обращенной к наблюдателю, — колонка из цифр 1, 2, ..., 9. Множимое набиралось поворотом соответствующих шайб и фиксацией их против неподвижной колонки цифр множителя.

Год спустя М. Фортиус предложил свой прибор, состоявший из ряда подвижных концентрических кругов, на которых были нанесены все те же Неперовы палочки.

ЗЛОКЛЮЧЕНИЯ И МАШИНЫ СЭРА СЭМЮЭЛА

Интересный вариант механизированных палочек Непера предложил в XVII веке уже знакомый нам Сэмюэл Морлэнд.

* Сорока пятью годами раньше цилиндрическую форму палочек предложил и использовал в своей машине Вильгельм Шиккард. Надо полагать, что изобретение Шиккарда, как и вся его машина в целом, не были известны Кирхеру и Шотту.

Судьба сэра Сэмюэла полна взлетов и падений. Сын скромного сельского священника, он в 1649 году окончил один из колледжей Кембриджа и был оставлен в университете в качестве репетитора. Вскоре Морлэнда заметил государственный секретарь Джон Терло. По его рекомендации молодого магистра включают в состав английского посольства, отправлявшегося в Швецию. Посольству предстояло решить нелегкую задачу по установлению торгового и политического союза со шведским правительством, и в свиту руководителя посольства лорда — хранителя большой печати Англии Уайтлока подбирали людей образованных и внешне привлекательных, способных произвести благоприятное впечатление на юную Христину и ее канцлера, многоопытного Акселя Оксеншерну. Видимо, Морлэнд неплохо зарекомендовал себя на дипломатическом поприще, поскольку в «Журнале шведского посольства» Бальстрод Уайтлок характеризовал его как «очень воспитанного человека и превосходного ученого, скромного и почтительного, в совершенстве знающего латынь и к тому же изобретательного механика» (разрядка наша. — Авт.).

После возвращения в Англию Морлэнд становится секретарем Терло, а в мае 1656 года в ранге «чрезвычайного посла» отправляется с поручением Кромвеля к герцогу Савойскому. Морлэнд должен был убедить герцога-католика отменить религиозные гонения на членов протестантской секты вальденсов в долине Пьемонта. Дипломатическая миссия Морлэнда успешно завершилась в конце 1656 года. В декабре он представляет свой отчет парламенту и удостоивается его специальной награды, а еще через два года публикует обширный том по истории протестантского движения в Пьемонте.

В Англии Морлэнд вновь занял пост секретаря Терло. Однажды он стал случайным свидетелем беседы Кромвеля с государственным секретарем и неким сэром Ричардом Уиллисом. Они обсуждали подробности заговора, цель которого заключалась в том, чтобы склонить будущего короля Карла II и его брата произвести высадку на берег Сассекса и убить их. Кромвель, обнаружив Морлэнда, который притворился спящим за своей конторкой, выхватил кинжал, чтобы убить шпиона. Однако Терло клятвенно уверил лорда-протектора, что его секретарь провел подряд две бессонные ночи и, конечно, заснул за своим рабочим столом. Вмешательство

Терло спасло Морлэнду жизнь, но он, будучи смертельно оскорбленным, начинает двойную игру: сначала он тайно сообщает Карлу II о заговоре, а затем, захватив кое-какие важные документы, бежит к нему в Нидерланды. Карл милостиво встретил Морлэнда: возвел его в звание баронета и обещал быстрое продвижение по службе. Однако эти обещания выполнены не были, Морлэнд получил лишь пост почтмейстера и пенсию в 500 фунтов стерлингов, однако, запутавшись в долгах, вскоре был вынужден продать и пост и пенсию. «И тогда,— пишет Морлэнд в автобиографии,— разочаровавшись в возможности повышения по службе и получения какой-либо недвижимости, я посвятил себя математике и таким экспериментам, которые могли бы доставить удовольствие королю».

Так начинается второй период жизни Морлэнда, похоронивший средней руки государственного служащего и открывший выдающегося механика.

В 1661 году Сэмюэл Морлэнд обращается за своим первым патентом «на машину для подъема воды из шахт силой воздуха и пороха совместно». Построенная им модель насоса оказалась неработоспособной, как, впрочем, и аналогичная «пороховая машина» Дени Папена. Но после нескольких лет напряженной работы ему удается создать превосходную конструкцию насоса плунжерного типа. В январе 1673 года Морлэнд успешно демонстрирует его работу королю и высшим чинам адмиралтейства в Вулвическом доке и вскоре по заказу Карла II строит «водяную машину» для подачи воды из Темзы в Виндзорский замок.

Но не только насосы и другие средства подъема воды были предметом занятий Морлэнда в этот период — он берется за любую работу, лишь бы она хорошо оплачивалась: вставляет зеркала в оливковые рамы, подражается следить за работой печатного станка, берет патент на «металлический камин» и т. д.

Кульминационный момент в жизни сэра Сэмюэла — присвоение ему звания королевского «магистр механикорум». Но так как это звание не сопровождалось денежным вознаграждением, Морлэнд был вынужден по-прежнему добывать свой хлеб изобретениями. В 1681 году Карл II, узнав, что его кузен Людовик XIV собирается строить «водяную машину» для подъема воды из Сены к садам и дворцам Версаля, посылает Мор-

лэнда во Францию. Там королевский «магистр механикорум» представляет свой проект машины и ведет нескончаемые переговоры о строительстве насосных станций с французскими чиновниками, а затем неожиданно возвращается в Англию. Причиной внезапного отъезда Морлэнда было, вероятно, его новое изобретение («машина для подъема воды на любую высоту с помощью силы пара»), о которой он спешил рассказать королю. Машину Морлэнду построить не удалось, и он довольствовался лишь изложением ее идеи в книге, выпущенной им в 1685 году в Париже.

После возвращения в Англию Морлэнд продолжает заниматься изобретательством, но уже с меньшим успехом, и живет главным образом на скромную королевскую пенсию. Не достигнув успеха на служебном поприще и не приобретя состояния, он искал счастья в семейной жизни. Но и здесь сэра Сэмюэля ожидало тяжкое разочарование — первые его четыре жены умерли молодыми, а от пятой — «женщины дурного нрава и скверной репутации» — он и сам с трудом избавился с помощью развода.

Конец жизненного пути Сэмюэля Морлэнда был печальным: он ослеп и в полном одиночестве, мучимый раскаянием в своем предательстве, умер 30 декабря 1695 года.

Как человек сэр Сэмюэл особых симпатий не вызывает — был он слабохарактерен, до болезненного тщеславен, зависим от чуждого мнения и трусоват. Но как изобретатель он имеет не так уж много равных себе в богатом на изобретательские таланты XVII столетии. Помимо насосов и паровых машин, ему принадлежит авторство сохранившегося до нашего времени рупора-громкоговорителя, устройства для «улавливания звуков» (прообраза современной слуховой трубки), кабестана для поднятия тяжелых якорей и т. д. Морлэнд занимался математикой, криптографией, фортификацией и выпустил около десятка книг по различным вопросам.

Для нас, естественно, особый интерес Морлэнд представляет как изобретатель первых английских счетных машин. Таких машин было три. Первая из них предназначалась для решения треугольников и нахождения значений тригонометрических функций. По современной терминологии она может быть отнесена к вычислительным машинам аналогового типа. Со второй машиной —

суммирующей — мы уже познакомились ранее. Наконец третья машина представляла собой попытку механизации палочек Непера (рис. 55).

Цифры каждой из 10 палочек Морлэнд расположил по периметру тонкого металлического диска так, чтобы единицы и десятки оказались на противоположных концах диаметра. Лицевые стороны 5 круглых дисков представляли собой палочки для цифр от 0 до 4, а их обратные стороны соответствовали палочкам 5, 6, ..., 9. Эти диски гадевались на полукруглые оси, расположенные в верхней части машины. 6-й диск предназначался для извлечения квадратного корня.

Для выполнения операции умножения соответствующие диски снимались с верхних осей и переносились на нижние, рабочие оси (a, \dots, p). Предположим, необходимо перемножить 1734 и 24. Для этого на 4-х нижних осях (считая с крайней правой) нужно поместить диски для «1», «7», «3» и «4». Каждая из нижних осей продолжалась внутри машины небольшой шестеренкой, которая входила в зацепление с зубчатой рейкой LM . Эта рейка могла перемещаться в продольном направлении с помощью ключа GH , а ее движение отмечалось стрелкой, которая скользила вдоль шкалы EF . Шаг между зубьями шестеренки равнялся угловому расстоянию между цифрами на дисках.

После установки необходимых дисков на рабочих осях нижняя часть машины закрывалась пластиной PQ , имеющей 7 смотровых окон. Крайние окна позволяют увидеть лишь одну цифру диска, остальные — по две цифры, принадлежащие разным дискам. Ключ поворачивают до тех пор, пока стрелка не остановится против цифры множителя (в нашем примере — 4) на шкале EF . Тогда в окнах мы прочтем результат умножения, то есть $(4 + 2)$, $(8 + 1)$, $(2 + 1)$, $(6) = 6936$. Затем вновь поворачивают ключ, устанавливая стрелку против цифры 2, и получают следующее частное произведение $(2 + 1)$, (4) , (6) , $(8) = 3468$. Просуммировав затем частные произведения, получим окончательный результат.

Итак, множительная машина Морлэнда на самом деле лишь упрощала считывание промежуточных результатов тем не менее современники находили ее «весьма искусной».

НОВЫЕ ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА В СТАРОЙ ИСТОРИИ

18-летний Блез Паскаль изобрел суммирующую машину, чтобы помочь отцу в утомительных вычислениях. Через 245 лет другой 18-летний француз Леон Болле, также движимый сыновним чувством, изготовил множительную машину, дабы облегчить расчеты отцу, литейщику, занимавшемуся производством колоколов.

Несмотря на свой юный возраст, Леон был уже опытным изобретателем. С детских лет он начал работать в мастерской отца и к 15 годам был автором «водного

велосипеда», «плавательной машины» и «лодки со стабилизирующими поплавками». Свою множительную машину, первую удачную машину подобного рода, Леон Болле представил в 1888 году Парижской академии наук, а в следующем году с большим успехом демонстрировал ее на парижской Всемирной выставке.

Основная идея Болле состояла в том, чтобы представить палочки Непера цилиндрическими штырями различной высоты, укрепленными в плоской металлической пластинке. Отдельные произведения представлялись двумя штырями — один соответствовал единицам, другой десяткам. Высота штыря в определенном масштабе равнялась цифре, стоящей в соответствующем разряде произведения. Пластинка со штырями перемещалась так, что штыри наталкивались на зубчатые рейки и сдвигали их на различную длину в зависимости от высоты штыря. Соответственно на различное число зубьев поворачивались колеса счетчика, сцепленные с рейками.

Первым, кого осенила мысль о материальном воплощении палочек Непера, был американец Эдмунд Барбур, в 1872 году он взял патент на множительную машину. Однако ни машина Барбура, ни машина другого изобретателя — Рамона Вереа (1878) не были работоспособными. Но вряд ли Болле мог знать об этих патентах, поэтому вся слава первооткрывателя безусловно принадлежит ему.

Идею Болле подхватил и развил немецкий изобретатель Отто Штайгер. Он предложил в 1893 году несколько вариантов материального воплощения палочек Непера. Основное отличие его машины состояло в следующем: у Болле каждой цифре множимого соответствовала пластинка со всеми палочками, у Штайгера — пластина с отдельной палочкой, что было гораздо проще.

9 пластин-палочек, которые Штайгер назвал множительным конгломератом, располагались одна над другой и неразрывно соединялись между собой (на рис 56 изображена одна такая пластинка для числа 8)

Конгломерат может двигаться по трем направлениям. Прежде всего он имеет вертикальное движение (перпендикулярное к плоскости), сообщаемое рукояткой МК. Если эту рукоятку установить на цифру 8, то конгломерат, передвигаясь в вертикальном направлении, займет такое положение, что его пластинка 8 окажется в одной плоскости с зубчатыми рейками Z. Второе движение конгломерата совершается в горизонтальном направлении, как указывает стрелка I, и вызывается вращением рукоятки K. Во время полного оборота рукоятки конгломерат делает двукратное движение туда и обратно.

При этом зубцы выступов, находящиеся в одной плоскости с рейками Z, сталкиваются с последними и продвигают их вправо на расстояние, соответствующее длинам выступов. Третье движение происходит также в горизонтальном направлении, но уже снизу вверх, как это показывает стрелка II. Последние два движения согласованы между собой: сперва на зубчатые рейки действуют выступы десятков, а затем после соответствующего короткого перемещения конгломерата в направлении II — выступы единиц.

Движение зубчатых реек передается на счетчик посредством четырехгранных осей и передвигаемых по ним зубчатых колес S.

Машину Болле — Штайгера с 1893 года начала выпускать в Цюрихе фирма «Ганс Эгли» под фирменной маркой «Миллионер».

Леон Болле вскоре полностью охладел к счетной технике и принялся за конструирование автомобилей. В 1889 году он запатентовал свою первую конструкцию — трехколесный автомобиль, в котором место шофера находилось позади пассажирских мест. За этой машиной последовали другие. В родном Ле-Мане Болле организовал производство автомобилей собственной конструкции. В 1890 году он получил орден Почетного легиона за заслуги в автомобилестроении.

Через несколько лет Болле вновь изменил своим привязанностям и занялся конструированием самолетов. Но ранняя смерть — Болле умер в 1913 году на 44-м году жизни — не позволила талантливому конструктору осуществить свои замыслы в этой области...

Машина «Миллионер» выпускалась в течение 4-х десятилетий. В 20-е годы идею Болле использовал в своей пишущей счетной машине американский изобретатель Гопкинс.

В ноябре 1792 года известный английский историк и политический деятель Эдмунд Берк писал: «Век галантности проходит. Ему на смену приходит век софистов, экономистов и вычислителей; слава Европы исчезнет навсегда...»

«Его величеству случаю» было угодно, чтобы эти слова почти совпали во времени с рождением человека, которому суждено было открыть новую и, пожалуй, самую яркую страницу в истории вычислений. Вопреки пессимистическому пророчеству Берка своими замечательными работами он утвердил приоритет Европы в изобретении одного из выдающихся технических средств, когда-либо созданных человеком, — универсальной цифровой вычислительной машины.

Имя этого человека — Чарлз Бэббидж. За свою долгую жизнь он сделал немало открытий и изобретений, значительно опередивших его время. И все же «главным делом его жизни», по словам самого ученого, были вычислительные машины, над созданием которых он работал около 50 лет.

Бэббидж не только попытался усовершенствовать механические вычисления, создав разностную машину, но и дерзнул автоматизировать вычислительный процесс, предложив аналитическую машину — прообраз современных компьютеров.

Примерно через 20 лет после смерти Бэббиджа американцем Германном Холлеритом был сделан следующий шаг на пути к созданию автоматических вычислительных машин. Правда, машины Холлерита (впоследствии счетно-аналитические) предназначались в первую очередь для статистической обработки данных, но в 30-е годы нашего столетия англичанин Л. Дж. Комри успешно использовал их и для научных вычислений. Этот английский ученый в первой трети XX века был одним из пионеров использования различных счетных машин для научно-технических расчетов.

«ОДИНОЧЕСТВО БЕГУНА НА ДЛИННЫЕ ДИСТАНЦИИ»

Природа научных знаний такова, что малопонятные и совершенно бесполезные приобретения сегодняшнего дня становятся популярной пищей для будущих поколений.

Ч. БЭББИДЖ (1791—1871)

СЧАСТЛИВЫЕ ГОДЫ

Чарлз Вэббидж родился 26 декабря 1791 года в небольшом поместье на берегу моря неподалеку от городка Тейгмаут в графстве Девоншир. Поместье принадлежало отцу будущего ученого — банкиру Бенджамену Вэббиджу.

Чарлз рос болезненным ребенком. Слабое здоровье Чарлза было, вероятно, причиной того, что родители не решились отдать его в школу, и мальчика поначалу учила и воспитывала мать, о которой впоследствии он вспоминал с глубочайшим уважением и благодарностью и к советам которой всегда прибегал в трудные минуты.

Любознательность Чарлза, его стремление проникнуть в сущность вещей — как умозрительно, так и буквально — проявились очень рано. Вэббидж вспоминал: «Получив новую игрушку, я задавал неизменный вопрос. «Мама, а что находится внутри?» И пока я не получал ответа, я не давал покоя ни игрушке, ни окружающим. Если же ответ не соответствовал моим собственным представлениям о данном предмете, я ломал игрушку, чтобы проверить все самому».

В 11 лет родители помещают Чарлза в частную школу, которую некий священник содержал в местечке Алфингтон в Девоншире. Родители просят не особенно утруждать мальчика занятиями, а обращать побольше внимания на его здоровье. То ли морской воздух Девоншира пошел на пользу Чарлзу, то ли священник слишком добросовестно выполнил просьбу родителей, но так или иначе мальчик значительно окреп и возмужал.

После Алфингтона его отдают в другую частную школу, в Энфилде, предместье Лондона. Школа имела тщательно подобранную библиотеку из 300—400 томов. Среди книг был учебник алгебры — «Руководство Уорда для юных математиков». Это руководство сыграло в жизни Бэббиджа большую роль. Он с таким увлечением занимался в школе алгеброй, что позднее, поступив в Кембридж, к великому своему смущению обнаружил, что знает в этой области значительно больше, чем его репетитор.

Чарлзу исполняется 18 лет, и родители решают, что он должен поступить в университет. Но какой из многочисленных колледжей Кембриджа или Оксфорда выбрать?

Бенджамен Бэббидж обращается за советом к репетитору одного из кембриджских колледжей, отдыхавшему неподалеку от девонширского имения Бэббиджей и часто пользовавшемуся их гостеприимством. Ответ сего достойного педагога был весьма лаконичен, но вряд ли мог удовлетворить родителей Чарлза: «Посоветуйте вашему сыну покупать вино не в Кембридже». На семейном совете было решено, что Чарлз поступит в самый известный из 16 колледжей Кембриджа — Тринити-колледж, в котором в свое время учился Исаак Барроу, а потом и его ученик Исаак Ньютон.

Для поступления в колледж необходимо было «подтянуть» классическое образование Чарлза, и он занимается некоторое время греческим и латынью. Что касается математики, то увлечение ею продолжается — до поступления в университет Бэббидж самостоятельно прорабатывает несколько монографий и учебников. Среди них «Флюксии» Диттона, «Принципы аналитических вычислений» Вудхауза, «Теория функций» Лагранжа и др.

1811 год. Чарлз Бэббидж — студент Тринити-колледжа. Время учебы в Кембридже — самый счастливый период его жизни. Остроумный и общительный, он сразу же становится душой общества. «Мы собирались у меня по субботам и обсуждали все понятные и непонятные вещи», — писал спустя 50 лет Бэббидж. Иногда друзья, дурачась, организуют чудаческие клубы, например Клуб Привидений, члены которого были обязаны собирать доказательства в пользу существования «неуспокоенных душ». Другие развлечения — вист «по чалень-

кой» (ставка — шестипенсовик), шахматы, до которых Чарлз был большой охотник и в которые отлично играл, наконец гребля и плавание под парусом.

Среди многочисленных друзей Бэббидж выделяет Джорджа Пикокка и Гершеля — сына первооткрывателя планеты Уран. Молодых людей объединяют не только и не столько клубные интересы, вист и шахматы, но и нечто большее — горячая любовь к математике и желание «приложить все силы к тому, чтобы сделать мир более мудрым».

Хотя после смерти Ньютона (1727) прошло к тому времени почти 85 лет, английские математики не прибавили ничего нового к трудам своего великого соотечественника. Более того, находясь под сильным влиянием ньютоновских идей, они почти не использовали результатов своих континентальных коллег. В стране великих математиков Тейлора, Барроу, Ньютона интерес к математике постепенно падал.

Желая возродить былую славу Англии, Бэббидж, Пикок, Гершель и несколько их соучеников образуют в 1812 году Аналитическое общество. Друзья снимают помещение для встреч, устраивают дискуссии, обсуждая работы своих континентальных коллег, и даже издают том трудов («Записки Аналитического общества»). По свидетельству современников, Аналитическое общество дало первый толчок возрождению интереса к математике в Англии.

Другим увлечением Бэббиджа в университете была химия. Он посещал лекции профессора Смитсона Теннанта, открывшего иридий и осмий, и вместе с Гершелем часто ассистировал профессору. Но в 1815 году после трагической гибели Теннанта Бэббидж забросил химию и полностью переключился на математику.

Математические способности своих друзей Чарлз ставил выше своих, может быть, недооценивая собственные. Он был уверен, что сдаст экзамен хуже, чем Пикок, и уж наверняка хуже, чем Гершель. Не желая быть третьим в Тринити-колледже, Бэббидж переходит в 1813 году в колледж св. Петра, который и заканчивает первым, получив в 1814 году степень бакалавра, а в 1817 — степень магистра. Между этими датами происходит еще ряд важных событий в его жизни: в 1815 году он женится и переезжает в Лондон, в 1816 году становится членом Королевского общества, в 1815—1817 го-

дах публикует три статьи в «Философическом транзактисе» по функциональному исчислению.

Бэббидж высоко ценил дружбу с сэром Джоном и своего сына, родившегося в 1815 году, он назвал Бенджаменом Гершелем. С Джоном Гершелем Бэббидж выполнял ряд совместных научных работ. Хотя в дальнейшем их научные интересы не совпадали, сэр Джон всячески помогал создателю первой вычислительной машины и был, пожалуй, единственным человеком, с которым Бэббидж сохранял ровные, дружеские отношения на протяжении многих лет.

РАЗНОСТНАЯ МАШИНА

Казалось бы, судьба уготовила Чарлзу Бэббиджу жизнь легкую и счастливую: он достиг определенных успехов на научном поприще, был счастлив в семейной жизни, хорошо обеспечен материально. Многочисленным друзьям нравится его остроумие, общительность, широкие познания, умение поддерживать разговор на самые разнообразные темы. Таким мы видим Бэббиджа в знаменательном для него 1820 году, когда 28-летний ученый начал активно работать над осуществлением самого выдающегося своего изобретения — вычислительной машины. Идея создания такой машины стала для Бэббиджа манией, которая преследовала его всю оставшуюся часть жизни, предметом его гордости и источником глубочайших разочарований.

В автобиографической книге «Страницы жизни философа» (1864) Бэббидж пишет: «..однажды вечером я сидел в одной из комнат Аналитического общества в Кембридже, подремывая над открытой таблицей логарифмов, которая лежала передо мной. Один из членов общества вошел в комнату и, видя, что я почти сплю, воскликнул: «О чем ты мечтаешь, Бэббидж?» — на что я ответил: «Я думаю, что все эти таблицы могли бы быть вычислены с помощью машины. Это событие, должно быть, произошло в 1812-м или 1813 году...»

Итак, с 1812 года Чарлз Бэббидж начинает размышлять о возможных способах машинного вычисления таблиц. Почему именно к таблицам как объекту вычислений обратился Бэббидж?

Он хорошо знал, что всевозможные математические таблицы широко используются в практической деятель-

ности землемеров, архитекторов, каменщиков, кораблестроителей, банковских клерков, инженеров и т. д.

Широкое распространение в Европе конца XVIII — начала XIX века получили арифметические, тригонометрические и логарифмические таблицы; банки и ссудные конторы применяли таблицы процентов, а страховые компании — таблицы смертности, но совершенно исключительное значение для Англии — «великой морской державы» — имели астрономические и навигационные таблицы. В 1776 году известный ученый доктор Маскелин, ставший впоследствии королевским астрономом, выпустил «Морской календарь» (свод астрономических, навигационных и логарифмических таблиц), основанный на наблюдениях астронома Брэдли.

Первое издание календаря готовилось с тщательностью, которую не знала еще вычислительная практика тех лет. И тем не менее в нем содержалось множество ошибок — результат недостаточно точных исходных данных, просчетов в вычислениях (а они, естественно, производились вручную) и описок при переписывании. К чему приводили эти ошибки? Интересный пример мы находим в истории Астрономического общества.

...В начале прошлого столетия после длительной англо-испанской войны наступил, наконец, долгожданный мир. Однако недавние враги относились друг к другу еще подозрительно, ожидая всяческих подвохов и вспышек вражды. В это время английский военный корабль под командованием некоего капитана Смита баражировал в Средиземном море. В гости к капитану с визитом вежливости приехал его испанский коллега и в память о своем посещении преподнес Смиту серебряный поднос. Смит не остался в долгу и одарил испанца навигационными таблицами, составленными великим физиком Томасом Юнгом. Прекрасно изданные и заключенные в кожаный переплет таблицы были, однако, совершенно неверными, поскольку не учитывали високосных годов. Испанский капитан, с благодарностью принявший этого «тройанского коня», не знал его истинных «достоинств». Он отплыл... и больше о нем никогда никто не слышал; капитан же Смит, используя французские и итальянские таблицы, благополучно добрался домой.

Описывая этот эпизод, английский историк полушутливо-полусерьезно классифицирует его как одну из наиболее хитроумных операций королевского флота...

«Морской календарь» выходил ежегодно, и каждое издание требовало огромного труда множества вычислителей.

Сотни и даже тысячи ошибок содержали самые, пожалуй, распространенные таблицы — логарифмические. Издатели таблиц вынуждены были содержать специальный штат корректоров, что, впрочем, все равно не спасало от ошибок.

Интересный способ организации ручных вычислительных работ, повышающий надежность вычислений, был предложен в конце XVIII века во Франции. Инициатором этой работы был математик Гаспар Клэр Франсуа Риш маркиз де Прони (1755—1839).

Прони организовал вычисления как бы по «конвейерной системе». Он разбил вычислителей на 3 группы. В первой группе было 5 или 6 математиков (среди них М. Лежандр), которые выбирали наиболее пригодные методы и формулы и составляли схемы расчетов. Во вторую группу вошли 7 или 8 вычислителей, которые по выбранным формулам определяли численные значения функций с шагом 5 или 6 интервалов. В третьей группе было около 90 вычислителей низкой квалификации. Они должны были только уплотнять таблицу, то есть заполнять интервалы между вычисленными на предыдущем этапе значениями. Две группы вычислителей работали параллельно, сверяя полученные результаты.

Бэббидж был высокого мнения о проекте де Прони. Он предложил заменить третью группу вычислителей машиной, чтобы автоматизировать, как он писал, «самые примитивные действия человеческого интеллекта».

Предложенная Бэббиджем машина предназначалась для табулирования многочленов по способу разностей, хорошо известному в численном анализе *. Рассмотрим его на простом примере. Допустим, что требуется вычислить таблицу четвертых степеней членов натурального ряда, то есть табулировать функцию $N = n^4$ ($n = 1, 2, \dots$).

Пусть такая таблица уже вычислена — см. колонки (1) — (2). Вычтем из каждого последующего значения предыдущее. Мы получим последовательные значения

* Впервые идея разностной машины была высказана в 1786 году Иоганном Гельфрайхом Мюллером. Но он даже не приступал к ее постройке, и, видимо, Бэббидж ничего не знал о предложении Мюллера.

первых разностей Δ , колонка (3). Прделав ту же операцию с первыми разностями, получим вторые разности Δ^2 , колонка (4), третьи Δ^3 , колонка (5) и, наконец, четвертые Δ^4 , колонка (6).

Как видно из таблицы, четвертые разности оказываются постоянными: колонка (6) состоит из одного и того же числа 24. И это не случайность, а следствие важной теоремы: если функция есть многочлен n -й степени, то в таблице с постоянным шагом ее n -е разности постоянны.

1)	2)	3)	4)	5)	6)
1	1	15	50	60	24
2	16	65	110	84	24
3	81	175	194	108	24
4	256	369	302	132	24
5	625	571	434	156	...
6	1296	1105	580	...	
7	2401	1695	...		
8	4096	...			
...	...				

Теперь легко догадаться, что получить требуемую таблицу можно, исходя из первой строки, с помощью сложения.

Например, чтобы продлить составленную таблицу еще на одну строку, нужно выполнить сложения:

$$\begin{aligned} 156 + 24 &= 180, \\ 590 + 180 &= 770, \\ 1695 + 770 &= 2465, \\ 4096 + 2465 &= 6561. \end{aligned}$$

В разностной машине Бэббиджа применялись те же десятичные счетные колеса, что и у Паскаля. Для изображения числа использовались регистры, состоящие из набора таких колес.

Каждой колонке таблицы, кроме (1), содержащей значение аргумента, соответствовал свой регистр; всего в машине их было 7, поскольку предполагалось вычислять функции с постоянными шестыми разностями. Регистр состоял из 18 цифровых колес по числу разрядов изображаемого числа и нескольких дополнительных, используемых как счетчик числа оборотов и для других вспомогательных целей.

Если все регистры машины хранят значения, соответствующие последней строке таблицы, то для получения очередного значения функции необходимо последовательно выполнить число сложений, равное числу имеющихся разностей. Бэббидж предложил записывать разности нечетного порядка из предыдущей строки. Тогда половину сложений можно совместить по времени, и весь процесс получения нового значения функции можно уложить в два такта. На первом такте образуются новые значения разностей нечетного порядка, то есть к содержимому второго, четвертого и последующих регистров (Δ^1 , Δ^3 и т. д.) прибавляется соответственно содержимое третьего, пятого и последующих (Δ^2 , Δ^4 и т. д.). В течение второго такта получают новое значение функции и одновременно с ним следующие значения разностей четных порядков.

Таким образом, независимо от показателя степени многочлена и количества рассматриваемых разностей для получения очередного значения функции оказывается достаточным двойного времени сложения.

Само сложение в разностной машине Бэббиджа также происходит в два этапа. Регистры, содержащие слагаемые, сдвигаются так, чтобы произошло зацепление зубцов счетных колес. Затем колеса одного из регистров вращаются в обратном направлении, пока каждое из них не дойдет до нуля. Этот этап называют фазой сложения. По окончании этого этапа в каждом разряде второго регистра получится сумма цифр данного разряда, но пока еще без учета возможных переносов из разряда в разряд.

Перенос происходит на следующем этапе, который называется фазой переноса и выполняется так. При переходе каждого колеса в фазе сложения от 9 к 0 освобождается специальная защелка. В фазе переноса все защелки возвращаются на место специальными рычагами, которые одновременно поворачивают колесо следующего, старшего, разряда на один шаг.

Каждый такой поворот может, в свою очередь, вызвать переход от 9 к 0 и, значит, освобождение защелки, которую снова надо вернуть на место, сделав перенос в следующий разряд. Таким образом, возвращение заштрихованных на место должно происходить последовательно, начиная с младшего разряда регистра. Такая система называется сложением с последовательным переносом.

Ввиду необходимости последовательного просмотра всех разрядов время на перенос может оказаться значительно большим, чем на первую фазу — сложение. В дальнейшем Бэббидж разработал другую схему переноса, о которой будет идти речь ниже.

Строго постоянными старшими разностями для своей области определения обладают только многочлены. При табулировании логарифмической, тригонометрических и других функций они приближаются многочленами, различными на разных участках. Переходя от одного участка к другому, необходимо вручную изменить значения разностей. Бэббидж предусмотрел такую возможность. Более того, чтобы вычислитель, работающий с машиной, не забыл о необходимости сменить значения разностей, машина была снабжена звонком, который звонил после выполнения определенного числа шагов вычислений.

Разностная машина Бэббиджа была снабжена печатающим механизмом, связанным с вычислительной частью машины кулачками, аналогичными кулачкам механизма боя часов. Результат вычислений передавался группе стальных пуансонов, запечатлевавших его на медной пластинке, причем процессы вычисления и печатания совмещались, то есть во время вычислений печатался предыдущий результат. Медная пластинка с выгравированными на ней результатами в дальнейшем использовалась для получения нужного числа оттисков.

ХРОНИКА «ГЛАВНОГО ДЕЛА ЖИЗНИ» БЭББИДЖА

1819 год.

Бэббидж встречается с известным английским физиком Уильямом Волластоном и излагает ему свой план построения разностной машины. Волластон одобряет проект молодого ученого и рекомендует ему начать разработку.

1820 год — июнь 1822 год.

Ч. Бэббидж самостоятельно конструирует и изготавливает действующую модель разностной машины, которая может табулировать с точностью до восьмого знака функции с постоянными вторыми разностями. Она содержит 96 зубчатых колес, расположенных на 24 осях.

1822 год, 14 июня.

Ч. Бэббидж читает членам **Астрономического общества** доклад о возможности вычисления таблиц с помощью машин. Доклад встречается с энтузиазмом.

1822 год, 3 июля.

Бэббидж публикует открытое письмо президенту Королевского общества сэру Хэмфри Дэви: «О применении машин для вычисления и печатания математических таблиц».

«Я отдаю себе отчет,— пишет Бэббидж,— что мои утверждения, возможно, могут рассматриваться как нечто сверхъестественное и что они вызовут в памяти философов Лапуты, дабы оспорить мои претензии на оригинальность. Но если такое и случится, то я надеюсь, что сходство будет найдено в сущности проблем, а не в методах, с помощью которых они решаются».

Цель письма, по-видимому, содержится в следующих заключающих его строках: «...Буду ли я заниматься в дальнейшем конструированием разностной машины больших размеров в значительной степени зависит от характера той поддержки, которую мне удастся получить...» И уточняет: «...Я не сомневаюсь в успехе этой работы, однако этот успех не может быть достигнут без очень больших финансовых затрат...»

Копии письма Бэббидж рассылает влиятельным знакомым, одна копия попадает в казначейство.

1822 год, 6 ноября.

Бэббидж пишет д-ру Брюстеру письмо, которое было опубликовано затем под названием «О теоретических принципах построения машин для вычисления таблиц» в издаваемом Брюстером «Эдинбургском научном журнале». Второй вариант этой статьи в декабре 1822 года появляется в «Записках Астрономического общества».

1823 год, 1 апреля.

Первый лорд казначейства обращается в совет Королевского общества с просьбой оценить достоинства и практическую ценность предлагаемой Бэббиджем (в письме к Х. Дэви) машины для вычисления таблиц.

1823 год, 1 мая.

Выдержка из официального ответа специального комитета Королевского общества на запрос казначейства.

«...Мистер Бэббидж проявил большой талант и изобретательность при конструировании своей вычислительной машины. Изобретение мистера Бэббиджа полностью

соответствует целям, которые преследовал изобретатель, и комитет полагает, что мистер Бэббидж несомненно заслуживает общественной поддержки в осуществлении его трудного предприятия...»

Казначейство направило ответ комитета вместе с копией письма к Х. Дэви в парламент.

1823 год, 13 июня.

Бэббидж награждается золотой медалью Астрономического общества за работы по созданию вычислительной машины.

Из речи президента общества Н. Колбрука при вручении награды:

«...эта машина... облегчит развитие науки, освободив ее от того, что автор справедливо называет непреодолимым бременем числовых подробностей».

1823 год, июль.

Бэббидж встречается и беседует с министром финансов Робинсоном. Министр дает понять Бэббиджу, что правительство заинтересовано в создании машины для вычисления астрономических и морских таблиц. Правительство, как правило, не финансирует работу изобретателей, но в данном случае, в порядке исключения, оно согласно оказать Бэббиджу некоторую материальную поддержку.

Размеры названной Бэббиджем суммы вполне удовлетворяют министра финансов, и молодой ученый начинает работу над машиной, которая должна табулировать с точностью двадцатого знака функции с постоянными шестыми разностями, а также во избежание ошибок при переписывании печатать полученные результаты. Казначейство извещает Королевское общество о выделении для создания разностной машины суммы в 1500 фунтов стерлингов.

1823 год, июль — 1827 год, октябрь.

Работа над разностной машиной. Бэббидж привлек к работе выдающегося английского механика и станкостроителя Джозефа Клемента.

1826 год.

Бэббидж публикует в «Философическэл транзакшнс» статью «О методе выражения знаками движения машин», в которой предлагает своеобразный язык для пояснения работы сложных механизмов во времени. Сам Бэббидж считал предложенную им систему «механических обозначений» наиболее выдающимся своим теоре-

тическим достижением. «Без этих обозначений невозможно было бы удержать в памяти положения отдельных элементов вычислительных машин в процессе выполнения ими счетных операций», — писал он.

1827 год, октябрь.

Расходы на конструирование и изготовление машин составили к этому времени уже 3575 фунтов стерлингов.

Состояние здоровья Бэббиджа, работавшего над машиной по 10—12 часов в сутки, значительно ухудшилось. Кроме того, его постигло большое несчастье. В течение нескольких месяцев он потерял отца, жену и двух сыновей. Вообще из восьми детей Бэббиджа лишь три сына дожили до взрослых лет.

По совету врачей он едет на континент, оставляя своим помощникам необходимые чертежи и точные инструкции. Он также дает распоряжение своему банкиру выделить еще 1000 фунтов стерлингов на финансирование работ по созданию разностной машины.

1827 год, октябрь — 1828 год, декабрь.

Бэббидж путешествует по Европе (Италия, Франция, Германия), не упуская любой возможности посетить машиностроительные и другие заводы, чтобы пополнить свои знания в области механической обработки металлов. Во время путешествия он поддерживает письменную связь со своими инженерами, давая указания и советы; ему присылают на проверку чертежи новых деталей и узлов машины.

1828 год, январь.

Обеспокоенный материальной необеспеченностью своего проекта, Бэббидж решает вновь обратиться к правительству за финансовой поддержкой. Он пишет своему шурину банкиру У. Уайтмору и просит его переговорить с министром финансов.

1828 год, февраль.

Из письма У. Уайтмора Бэббиджу:

«Беседа с министром дала неудовлетворительные результаты. Лорд Годерич (новый министр финансов.— *Авт.*) утверждает, что во время Вашей встречи в июле 1823 г. не было достигнуто соглашения о том, что правительство гарантирует финансовую помощь сверх обещанных 1500 фунтов стерлингов».

1828 год, декабрь.

Бэббидж возвращается в Лондон и лично встречается с министром финансов, а затем обращается с письмом

к главе кабинета министров Англии — прославленному военачальнику герцогу Веллингтону. Премьер-министр просит Королевское общество оценить проделанную Бэббиджем работу, чтобы установить, подтверждает ли ход изготовления машины предположения, высказанные в письме общества от 1 мая 1823 года.

1829 год, 12 февраля.

Этим днем датирован официальный ответ нового специального комитета Королевского общества.

Достопочтенные господа, осмотрев чертежи, детали и узлы разностной машины, писали: «...комитет не имеет цели ни подробно вдаваться в абстрактный математический принцип, на котором основано действие разностной машины, ни рассматривать ее полезность для общества. Они полагают, что первое не только ясно само по себе, но уже рассматривалось и одобрялось ранее. Второе же очевидно всякому, кто осведомлен о важности астрономических и морских таблиц, для вычисления которых предназначена машина. Они не имеют ни малейших сомнений относительно правильности их решения в поддержку проекта мистера Бэббиджа». Что касается задержек в сроках изготовления машины, то члены комитета объясняют их необходимостью изобретения и изготовления большого количества сложных и точных деталей и узлов.

1829 год, 28 апреля.

По рекомендации герцога Веллингтона казначейство выделяет еще 1500 фунтов на изготовление машины. Однако к этому времени расходы составляют уже 6697 фунтов стерлингов, и поэтому гарантированная правительством сумма не может удовлетворить Бэббиджа. Он решает обратиться за советом к тем высокопоставленным или авторитетным знакомым, которые хорошо осведомлены о ходе работ над машиной.

1829 год, 12 мая.

С помощью У. Уайтмора Бэббидж организует встречу, на которой присутствуют герцог Сомерсет, лорд Эшли, Джон Гершель, знаменитый полярный путешественник Джон Франклин, члены Королевского общества Фиттон и Бэйли и банкир Уайтмор. Участники встречи решают вновь обратиться к правительству за материальной помощью.

Вскоре после этого Уайтмор и Гершель встречаются и беседуют с герцогом Веллингтоном, а тот изъясляет

желание лично осмотреть чертежи и детали разностной машины.

1829 год, ноябрь.

Мастерскую посещают герцог Веллингтон, лорд Эшли и министр финансов Гоулберн. Премьер-министр дает высокую оценку работе Бэббиджа.

1829 год, 23 ноября.

Бэббидж получает письмо министра финансов, в котором сообщается, что по распоряжению главы правительства казначейство выделяет Бэббиджу еще 3000 фунтов стерлингов.

1829 год, 25 ноября.

Воодушевленный поддержкой герцога Веллингтона, Бэббидж предпринимает еще один шаг, дабы обеспечить дальнейшую финансовую поддержку правительства. Он пишет письмо лорду Эшли, в котором сообщает, что хотя работа над разностной машиной уже приостановлена на 9 месяцев, он не сможет принять выделенные ему деньги, если правительство не согласится со следующими требованиями:

1. Разностная машина должна рассматриваться как собственность правительства (Бэббидж наивно полагал, что в этом случае правительство будет финансировать работы над машиной, как бы долго они ни продолжались, вплоть до полного завершения проекта).

2. Правительство должно назначить опытных инженеров для проверки обоснованности затрат как на уже выполненные, так и на предполагаемые работы; эти затраты должны обеспечиваться финансовыми дотациями правительства.

1830 год, 24 февраля.

Лорд Эшли сообщает Бэббиджу решение правительства:

1. Хотя правительство не давало обещание финансировать работу над разностной машиной до ее полного окончания, оно согласно объявить машину своей собственностью (хитрость Бэббиджа разгадана!).

2. Опытные инженеры будут назначены для проверки обоснованности затрат.

3. Правительство согласно выделить еще 3000 фунтов стерлингов сверх уже отпущенной суммы в 6000 фунтов.

4 Когда разностная машина будет закончена, правительство выполнит любые требования мистера Бэббиджа по вознаграждению

1830 год, декабрь.

Бэббидж пишет письмо министру финансов лорду Олтропу. Он сообщает о задержке оплаты очередного счета и «ультиматуме» своего «главного инженера» Клемента: если счета не будут оплачены, то он, Клемент, уволит часть рабочих.

Кроме того, Бэббидж обращает внимание министра на целесообразность постройки здания для окончательной сборки и эксплуатации машины, которое к тому же могло бы предохранить чертежи и детали машины от уничтожения при случайном пожаре.

Казначейство извещает Королевское общество об оплате счетов Клемента и просит общество еще раз оценить ход работ над машиной.

1831 год, 13 апреля.

Специальный комитет Королевского общества вновь подтверждает: чертежи выполнены превосходно, детали изготавливаются с максимально возможной точностью, счета находятся в исправном состоянии. Комитет поддерживает предложение Бэббиджа о постройке пожарозащищенного здания и рекомендует участок, примыкающий к лондонскому дому Бэббиджа.

1830 год — 1833 год.

Работа над разностной машиной.

1833 год, январь.

Знаменательное событие в жизни Бэббиджа! Собрана и успешно испытана часть разностной машины. Она может табулировать с точностью до 5-го знака многочлены с постоянными вторыми разностями.

1833 год, апрель.

Закончено строительство мастерской и пожарозащищенного здания; оно обошлось правительству в 8000 фунтов стерлингов. Но... возникли новые препятствия.

Клемент потребовал оплаты за простой рабочих, вызванный переездом в новое помещение. Требование было отклонено, и тогда Клемент немедленно уволил всех рабочих и чертежников и забрал все инструменты и оборудование, созданные во время работы над машиной, нередко по идеям Бэббиджа и под его непосредственным руководством (по английским законам инже-

неры и механики обладают правом собственности на сконструированные ими инструменты и машины, хотя бы их стоимость была оплачена другими).

1834 год, июль.

В «Эдинбургском обозрении» опубликована большая статья доктора Дионисия Ларднера «Вычислительная машина Бэббиджа», в которой довольно подробно описан принцип действия и конструкция разностной машины.

Эта статья побудила двух шведов — состоятельного печатника Георга Шютца и его сына Эдварда начать разработку своего варианта машины для той же цели.

Что касается разностной машины Бэббиджа, то в этом месяце наконец-то ее чертежи и детали удастся перевести в новое помещение. Но Бэббидж не спешит продолжить работу над разностной машиной, он уже захвачен новой грандиозной идеей — идеей универсальной вычислительной машины!

Во время своего вынужденного простоя он долго размышлял над принципами автоматических вычислений и понял, что разностная машина — это лишь первый и весьма робкий шаг в задуманном им предприятии. Он, Бэббидж, должен создать машину, которая вычисляла бы не только таблицы, но и решала бы все многообразие тех задач, с которыми регулярно сталкиваются математики и инженеры.

В течение двух месяцев (август — сентябрь) Бэббидж разрабатывает основные принципы построения своей новой машины, названной им аналитической и являющейся прообразом универсальных цифровых вычислительных машин, появившихся более чем через столетие!

1834 год, 26 сентября.

Бэббидж решает сообщить об изобретении аналитической машины главе правительства лорду Мельбурну и просит его об аудиенции. Премьер-министр дает свое согласие, но встреча так и не состоялась, так как правительство пало.

1834 год, октябрь.

Работа над конструкцией аналитической машины. Бэббидж приходит к выводу о необходимости кардинального упрощения основной схемы арифметического узла машины — схемы сложения. Он придумывает около 20 вариантов, пока не создает схему сложения со

сквозным переносом — одно из самых выдающихся своих изобретений (позже мы остановимся на этом подробнее).

1834 год, декабрь.

Бэббидж встречается и беседует с новым премьер-министром — герцогом Веллингтоном, который просит письменно изложить соображения ученого по поводу окончания работы над разностной машиной в связи с изобретением аналитической.

Реакции герцога Веллингтона на это письмо не последовало, так как его кабинет ушел в отставку.

1836 год, 14 января.

Бэббидж получает записку от министра финансов нового правительства Спринг-Райса. Министр узнал о новом изобретении Бэббиджа из письма последнего герцогу Веллингтону. Надо отдать должное мистеру Спринг-Райсу — он довольно точно истолковал это весьма неопределенное письмо: Бэббидж придумал новую машину и обращается с предложением о ее создании к правительству, надеясь, что последнее согласится оплатить издержки на строительство. Министр хотел бы перед тем, как обсуждать предложение Бэббиджа в парламенте, убедиться в том, что работы над разностной машиной подходят к концу. Он предлагает Бэббиджу встретиться и обсудить положение дел, а также обратиться как к арбитру к Королевскому обществу.

1836 год, 20 января.

Бэббидж отвечает Спринг-Райсу

Понимая, что правительство вряд ли согласится финансировать работы над аналитической машиной, не убившись в окончании разностной, Бэббидж предлагает следующий вариант. Он не будет строить аналитическую машину, а закончит разностную, но переделает ее с учетом своих новых изобретений и в первую очередь — схемы сложения со сквозным переносом. «Простота механического устройства сложения, которую мне удалось достичь в процессе работы над аналитической машиной, такова, что, вероятно, дороже будет закончить разностную машину по старому проекту, чем сконструировать и изготовить ее, используя новую схему сложения...»

Бэббидж оправдывается: «В нашей промышленности мы постоянно наблюдаем, как новые машины вытесняют в течение каких-нибудь нескольких лет старые. Можно указать также случаи, когда развитие техники идет столь

стремительно, что законченная наполовину машина так и остается недоделанной как бесполезная».

Бэббидж жалуется «...Около 14 лет руковожу я созданием разностной машины. Однако в течение примерно четырех последних лет работы полностью прекращены и вместо того, чтобы заниматься преодолением технических трудностей, я борюсь с тем, что можно было бы назвать «моральными трудностями проблемы»...»

1836 год, январь — 1838 год, июль.

Ответного письма от министра финансов нет. Бэббидж продолжает работу над аналитической машиной, оплачивая расходы из собственных средств.

Новая беда подстерегает его: наиболее опытный и талантливый чертежник, польстившись на более высокую заработную плату в компании, производящей паровозы, собирается уйти. Бэббидж обращается за советом к матери, и — цитируем Бэббиджа — «...моя замечательная матушка сказала: «Мой дорогой сын! Вы продвинулись так далеко в осуществлении великой, достойной Вашего честолюбия цели! Мой совет — продолжайте Вашу работу, даже если Вам придется жить на хлебе и сыре». Этот совет полностью соответствовал моим собственным чувствам. Я оставил своего главного чертежника, значительно повысив ему заработную плату».

К этому же периоду относится запись в дневнике Мэри Соммервил — математика и друга Бэббиджа: «...мистер Бэббидж выглядит очень нездоровым. Я сделала все, что было в моих силах, чтобы убедить его уехать из города, но тщетно. Я очень боюсь, что вычислительная машина погубит его, так как уверена в том, что человеческая машина не сможет выдержать это непрерывное умственное напряжение».

1838 год, 21 октября.

Очередное письменное обращение к очередному министру финансов: «Требуется ли правительство, чтобы он руководил окончанием разностной машины... в соответствии с первоначальным планом, или оно намерено вообще прекратить эту работу?»

В очередной раз ответа не последовало.

1840 год.

Итальянский математик барон М. Плана приглашает Бэббиджа принять участие в конференции итальянских ученых, которая должна состояться в городе Турине. Плана пишет также о том, что от многих англичан он

слышал об удивительной вычислительной машине, которую изобрел Бэббидж, и надеется при встрече узнать подробности этого изобретения.

Весьма польщенный, Бэббидж собирает имеющиеся чертежи, плакаты и узлы аналитической машины и отправляется в Турин. В течение нескольких дней он излагает итальянским коллегам — инженерам и математикам — принципы действия своей машины. Один из участников встречи — молодой военный инженер Л. Ф. Менабреа (впоследствии генерал в армии Гарибальди, а затем премьер-министр Италии) — подробно конспектирует выступление Бэббиджа. Через два года (1842) в одном из швейцарских научных журналов появляется статья Менабреа «Очерк аналитической машины, изобретенной Чарлзом Бэббиджем». Переведенная на английский язык и прокомментированная леди Лавлейс (1843) эта статья является наиболее полным из существующих описаний замечательного изобретения.

1842 год, 8 октября.

Бэббидж повторяет тот же вопрос в письме, адресованном премьер-министру Роберту Пилю.

1842 год, 4 ноября.

Роковой для Бэббиджа день. Он получает письмо, подписанное первым лордом казначейства и министром финансов Гоулберном. Правительство решило отказаться от финансирования работ Бэббиджа, так как «затраты, которые необходимы для того, чтобы довести машину до состояния, удовлетворительного вообще или удовлетворительного для мистера Бэббиджа (!), даже по самым скромным подсчетам намного превышают первоначально предполагававшуюся сумму».

Правительство отказывается от прав на разностную машину и передает ее изобретателю, дабы способствовать его дальнейшим научным успехам.

1842 год, 6 ноября.

Бэббидж отвечает своим высокопоставленным адресатам — он отказывается от машины.

1842 год, 11 ноября.

Бэббидж встречается с Робертом Пилем. Он пытается убедить премьер-министра в необходимости продолжения работ, на которые он, Бэббидж, затратил почти 20 лет жизни, жертвуя здоровьем, материальным благополучием, научными и общественными успехами.

Результат встречи неудовлетворительный. Затратив на поддержку Бэббиджа 17 000 фунтов стерлингов (6000 фунтов он вложил сам), правительство прекращает финансировать работы над вычислительной машиной.

В парламенте при обсуждении вопроса о финансировании работ Бэббиджа премьер-министр иронически заметил, что разностная машина годна лишь на то, чтобы вычислить время, в течение которого она будет использована, и только один депутат проголосовал за продолжение финансирования. Отвечая Пилю в журнале «Атенаум», профессор де Морган рекомендовал ему подсчитать на машине число запросов Бэббиджа в министерство, которые остались без ответа.

Законченную часть разностной машины, от которой Бэббидж отказался, помещают в музей Королевского колледжа, где она затем находилась почти двадцать лет.

1842—1848 годы.

Бэббидж продолжает работать над аналитической машиной, преодолевая технические трудности и испытывая трудности финансовые. Где добыть денег для закупки инструментов, для выплаты инженерам, рабочим и чертежникам? Бэббидж разрабатывает несколько оригинальных, но, увы, нереальных способов обогащения.

Вместе с верным другом леди Лавлейс Бэббидж придумывает «беспроегрывшую систему» заключения пари на лошадиных бегах. Приходится сожалеть, что, несмотря на остроумие изобретателей, экспериментальная проверка дала отрицательные результаты. Правда, Бэббидж успел вовремя остановиться, но леди пришлось расплачиваться фамильными жемчугами.

Затем Бэббидж собирается писать роман в трех томах, рассчитывая получить за него 5000 фунтов. Он даже устанавливает для себя ориентировочный срок — за 12 месяцев роман должен быть написан. К счастью, по совету своего друга поэта Роджерса Бэббидж оставляет эту затею.

Другая идея — Бэббидж конструирует автомат для игры в крестики и нолики. Он надеется, что, разъезжая с этим автоматом по стране и давая своеобразные представления, сможет насобирать денег для работы над машиной. Автомат, однако, не был создан, так как одному знакомому Бэббиджа удалось убедить его в том, что представлениями такого рода вряд ли удастся выколотить из английской публики достаточную сумму денег.

1848—1849 годы.

Бэббидж временно прекращает работу над аналитической машиной, так как решает сделать полный комплект чертежей разностной машины (№ 2), в которой были бы использованы его последние изобретения (новая схема сложения и т. д.).

1849—1852 годы.

Бэббидж продолжает работу над аналитической машиной.

1852 год.

Президент Королевского общества лорд Росс предлагает Бэббиджу передать чертежи правительству и обратиться с письмом к премьер-министру лорду Дерби. Росс берется лично передать это письмо и от имени Королевского общества поддержать проект создания разностной машины № 2.

1852 год, 8 июня.

Из письма Бэббиджа лорду Дерби: «... я пожертвовал временем, здоровьем, состоянием, я отклонил несколько почетных предложений, пытаюсь закончить мои вычислительные машины. Но после этих жертв, которые были принесены для того, чтобы довести до совершенства машины почти интеллектуальных возможностей, я не получил ни благодарности за свой труд, ни тех почестей, которые обычно воздаются людям, посвятившим себя научным исследованием...

Я прошу Вашу светлость сделать мне честь и рассмотреть мое предложение».

1852 год, июнь.

Лорд Дерби передает письмо Бэббиджа министру финансов Дизраэли для окончательного решения.

И вот безапелляционное решение:

«Проект мистера Бэббиджа представляется настолько дорогостоящим, окончательный успех так проблематичен, а затраты так трудно подсчитать, что вряд ли можно было бы оправдать правительство, если бы оно приняло на себя какие-либо обязательства по этому проекту».

1854 год.

Отец и сын Шютцы закончили работу над шведским вариантом разностной машины, которая табулирована с точностью до 15 десятичных знаков функции с постоянными четвертыми разностями.

Машину привозят в Лондон и устанавливают в выставочном зале Королевского общества.

Сын трактирщика Пер Георг Шютц (1785—1873) занимается адвокатской деятельностью в провинции и с 1812 года в Стокгольме. В 1817 году он покупает типографию и вскоре становится совладельцем и соредактором влиятельной газеты «Аргус». Кроме того, Шютц издает несколько журналов и выпускает ряд переводов классиков — Шекспира, Скотта, Боккаччо..

В течение нескольких лет после знакомства с упоминавшейся статьей Ларднера он самостоятельно мастерит модели различных узлов машины. В 1837 году к нему присоединяется сын Эдвард (1821—1881), бросивший ради этого учебу в Королевском технологическом институте.

В 1840 году отец и сын построили модель, которая вычисляла до пяти знаков функции с постоянными первыми разностями, а к 1842 году — вторую модель, которая табулировала с той же точностью функции с постоянными третьими разностями. В 1843 году вторая модель, дополненная печатающим механизмом, демонстрировалась Шведской королевской академии наук.

Работа над разностной машиной поглотила все сбережения Шютцев. Продав типографию, Георг становится в 1842 году сотрудником газеты «Афтонбладет». В течение 8 лет Шютцы добивались финансовой поддержки для строительства большой разностной машины. Наконец в 1851 году парламент решает выдать 5 тысяч риксталеров (около 280 фунтов стерлингов) на довольно жестких условиях: деньги должны быть возвращены, если машина не будет закончена в течение года и не будет при этом «полностью соответствовать предполагаемым целям».

Среди членов академии нашлись люди, согласившиеся в случае неудачи изобретателей компенсировать затраты правительства, и Шютцы принялись за работу с такой энергией, что парламент выделил им еще 5 тысяч. К октябрю 1853 года машина была закончена.

1855 год.

Машина Шютцев демонстрируется на Всемирной выставке в Париже. Чарлз Бэббидж всячески приветствует эту демонстрацию, а его сын Генри делает плакаты, на которых с помощью «механических обозначений» поясняет работу машины. Машине присуждается золотая медаль.

На годичном собрании Королевского общества Бэббидж добивается награждения Шютцев почетной медалью общества.

1856 год.

Георг Шютц избран в Шведскую академию наук, награжден орденом и рентой в 1200 риксталеров. Разностная машина приобретена для Дудлевской лаборатории и используется для вычисления астрономических таблиц.

В 1924 году она была куплена уже известным нам изобретателем Д. Э. Фелтом для музея его фирмы.

1858—1859 годы.

Замечательный английский инженер Донкин по заказу правительства (!) строит английскую копию шведской разностной машины. Машина Донкина широко использовалась для вычисления таблиц смертности, по которым страховые компании делали свои начисления.

1862 год.

Часть разностной машины Бэббиджа, находившаяся в музее Королевского колледжа, демонстрируется на большой международной выставке в Лондоне.

Бэббидж безуспешно пытался выставить свою машину на выставках в Дублине (1847), Лондоне (1851), Нью-Йорке (1853), Париже (1855). Правительство, чьей собственностью была машина, всякий раз отвечало отказом.

Наконец в 1862 году удалось добиться согласия. Но и здесь Бэббиджу не повезло. Машину разместили в маленькой и к тому же проходной комнате. Только три человека могли одновременно осматривать машину. Бэббидж вместе со своим младшим сыном подготовил плакаты, иллюстрирующие принципы действия его изобретения, но развесить их было негде: на стенах комнаты устроители выставки разместили стенды с коврами и клеенками. Бэббидж писал, что «организаторы выставки были более квалифицированы для того, чтобы судить о фурнитуре для ног, чем о фурнитуре для головы».

После окончания работы выставки разностная машина и сделанные Бэббиджем иллюстративные плакаты были переданы в научный музей в Южном Кенсингтоне, так как музей Королевского колледжа отказался принять машину.

1863 год.

Швед Виберг привозит в Париж свой вариант разностной машины. В ней используются идеи Бэббиджа и

Шютца, но благодаря удачным конструктивным решениям она имеет меньшие размеры.

1859—1871 годы.

Бэббидж продолжает работу над аналитической машиной. До последних дней жизни сохранил он ясность и остроту ума.

1871 год, 18 октября.

В 11 часов 35 минут Чарлз Бэббидж умер, не дожив двух месяцев до своего 80-летия. Перефразируя слова Кондорсе об Эйлере, можно сказать, что Бэббидж «перестал жить и строить вычислительные машины».

1871 год, ноябрь.

Служа науке, он терпел лишения,
Был рок его тревожен и суров,
Он злой судьбою избран был мишенью
Скорей ударов, нежели даров,
С тех пор, когда влекомый блеском таинств,
Присущих математике, решил
Ступить на многотрудный путь, пытаюсь
Достичь аналитических вершин *

Из английского журнала «Панч»

1872 год.

Из отчета специального комитета Британской ассоциации содействия развитию науки, изучавшего материалы по аналитической машине

«Мы полагаем, что существование подобных устройств, помимо экономии труда при выполнении обычных (т. е. арифметических) операций, сделает осуществимым то многое, что, будучи практически осуществимым, находится слишком близко к пределам человеческих возможностей».

1871—1876 годы.

Идеи Бэббиджа пересекают океан. В 1871 году 22-летний студент Гарвардского колледжа Джордж Барнард Грант предлагает свой вариант разностной машины. Первый экземпляр машины Гранта, изготовленный к 1876 году, был передан Пенсильванскому университету. Построенный несколько позже второй экземпляр свыше 20 лет эксплуатировался одной из американских страховых компаний.

1874—1879 годы.

Генерал-майор Генри Провост Бэббидж (1824—1918), выйдя в отставку после возвращения из Индии, намере-

* Перевод И. М. Липкина.

вается завершить работы отца. Он за свой счет изготавливает недостающие части разностной машины. Финансовые трудности заставляют его отказаться от завершения постройки машины.

1880—1888 годы.

Генри Бэббидж решает заняться аналитической машиной, ограничившись разработкой ее основных блоков — «мельницы» (арифметическое устройство) и печатающего механизма.

1888 год, 21 января.

Аналитическая машина вычислила и напечатала произведение на числа натурального ряда с 29 знаками. При вычислении 32-го члена сбой в механизме переноса привел к неверному результату.

1888 год, 12 октября.

Генри Бэббидж выступает на собрании членов Британской ассоциации содействия развитию науки с докладом об аналитической машине.

1906 год.

Генри Бэббидж переконструирует некоторые узлы аналитической машины и изготавливает их с помощью фирмы «Р. В. Мунро».

1909 год.

Немецкий инженер К. Гаманн строит немецкую разностную машину, которая табулирует функции с постоянными вторыми разностями с точностью до восьми знаков. С помощью этой машины были получены логарифмическо-тригонометрические таблицы, изданные в 1910 году Баушингером и Петерсом.

1914 год.

Первое применение счетных («коммерческих») машин для научных расчетов. Сотрудник департамента морского календаря Т. Хадсон использует машину фирмы «Бэрроуз» для табулирования функций с постоянной первой разностью.

... год.

Эта хроника не может быть закончена, так как все дальнейшее развитие вычислительной техники и автоматизации вычислений можно рассматривать как продолжение работ Бэббиджа. Поэтому мы прервем ее.

С идеями и именем Бэббиджа мы еще встретимся при упоминании работ Комри и Айкена.

Разностная машина Бэббиджа отличалась от предшествовавших тем, что в процессе вычислений не требовала вмешательства человека. Это был, конечно, шаг вперед по сравнению с простыми суммирующими устройствами, но и разностная машина обладала ограниченными возможностями. Она, пользуясь современной терминологией, представляла собой специализированное вычислительное устройство с фиксированной программой действий: установив в регистрах машины некоторые исходные данные, можно было табулировать многочлен одного вида. Чтобы перейти к вычислению другой функции, необходимо вмешательство человека — он должен ввести в регистры новые исходные данные. Кроме того, «арифметические способности» разностной машины, как мы помним, были невелики, она могла выполнять только одно действие — сложение.

А нельзя ли создать машину, которая была бы универсальным вычислителем, то есть выполняла бы все действия без вмешательства человека и в зависимости от полученного на определенном этапе решения результата сама выбирала дальнейший путь вычислений?

Бэббидж дает положительный ответ на этот вопрос — он изобретает аналитическую машину. Он испытал бы полное удовлетворение, узнав, что структура вновь изобретенных почти через столетие универсальных цифровых вычислительных машин по существу повторяет структуру его машины!

По словам Генри Бэббиджа, его отец пришел к идее аналитической машины путем следующих рассуждений. При табулировании функций приходится время от времени заменять значение последней разности, причем это делается в зависимости от результата в «регистре таблицы». Чарлз Бэббидж попытался автоматизировать эту замену, предложив круговую конструкцию разностной машины, в которой регистры «последней разности» и «таблицы» располагались бы рядом и «регистр таблицы» управлял бы ходом вычислительного процесса*.

Развивая эту идею, Бэббидж пришел к мысли о возможности создания других способов и устройств для

* «Машина, съедающая собственный хвост», — говорил о такой конструкции сам изобретатель.

управления процессом вычислений, причем не только для табулирования.

Аналитическая машина имела следующие составные части:

1) «склад» для хранения чисел (по современной терминологии «накопитель», или «запоминающее устройство», «память»);

2) «мельницу» — для производства арифметических действий над числами («арифметическое устройство»),

3) устройство, управляющее в определенной последовательности операциями машины * (сейчас — «устройство управления»),

4) устройства ввода и вывода данных

Для хранения чисел Бэббидж предложил использовать регистры из десятичных счетных колес. Каждое из колес могло останавливаться в одном из 10 положений и таким образом «запоминать» один десятичный знак.

Для переноса чисел из памяти в другие устройства машины предполагалось использовать зубчатые рейки, которые должны были зацепляться с зубцами на колесах. Каждая рейка продвигалась до тех пор, пока колесо не занимало нулевое положение. Движение передавалось стержнями и связями в арифметическое устройство, где посредством другой рейки оно использовалось для перемещения в нужное положение одного из колес регистра.

Бэббидж считал, что запоминающее устройство должно иметь емкость в 1000 чисел по 50 десятичных знаков «для того, чтобы иметь некоторый запас по отношению к наибольшему числу, которое может потребоваться». Для сравнения укажем, что запоминающее устройство одной из первых английских ЭВМ (EDSAC) имело объем 250 десятиразрядных чисел.

Особое внимание Бэббидж уделял конструированию арифметического устройства. Здесь ему удалось сделать одно из наиболее выдающихся своих изобретений: систему предварительного переноса (по современной терминологии — систему сквозного переноса).

В разностной машине время, затрачиваемое на фазу сложения, было значительно меньше времени, необходимого для выполнения переноса. Бэббидж упорно работал над усовершенствованием механизма последовательного

* Бэббидж не дал ему названия.

переноса. Он придумал более 20 (1) вариантов его исполнения, пока не понял, что для кардинального ускорения процесса необходим совершенно новый принцип.

Чтобы легче разобраться в этом изобретении Бэббиджа, представим, что счетные колеса приводятся в движение электрически и могут перемещаться из данной позиции в следующую при помощи приложения электрического импульса к входному зажиму.

Во время фазы сложения импульсы, представляющие добавляемое слагаемое, прикладываются ко входным зажимам счетных колес $C_1—C_4$ регистра, в котором находится второе слагаемое. Двухпозиционные ключи $S_1—S_2$ замыкаются, если соответствующие колеса ($C_1—C_3$) проходят от 9 к 0. В следующей фазе импульсы переноса последовательно прикладываются к проводникам 1, 2 и 3; если ключи замкнуты, то они перемещают колеса C_1 , C_2 и C_3 соответственно на одну позицию каждое. Заметим, что между импульсами переноса должно оставаться определенное время для переключения, если соответствующее колесо передвинулось в этой фазе от 9 к 0 (рис. 62).

В схеме сквозного переноса, разработанной Бэббиджем, перенос во всех разрядах происходит одновременно. В этой схеме переключатели нормально находятся в нейтральном положении. Если соответствующее колесо переходит от 9 к 0, то замыкается верхний контакт; если оно оказывается в положении 9, то — нижний, а во всех остальных случаях переключатель остается в нейтральном положении. Единственный импульс, приложенный к линии переноса, производит одновременный перенос во всех разрядах (рис. 63).

Название «перенос с предварением» объясняется тем, что если на некотором колесе была девятка, то возникший сигнал переноса в этот разряд «обходит» его, попадая сразу в следующий, и т. д. Этим самым значительно сокращается время, необходимое для выполнения фазы переноса.

При вычитании (а оно выполняется введением дополнительной шестерни, вращающей колеса в противоположную сторону) перенос возникает на переходе от 0 к 9.

Бэббидж предполагал указывать алгебраический знак числа особым зубчатым колесом, не соединенным с другими колесами устройством переноса и располо-

женным над регистром. Если это колесо показывало четное число, то знак должен был считаться положительным, в случае нечетного числа — отрицательным.

При умножении знак образовывался сложением, при делении — вычитанием чисел на знаковых колесах.

Умножение и деление в аналитической машине выполнялись последовательными сложениями и вычитаниями соответственно. Каждому сложению соответствовал поворот очередного колеса регистра множителя в нулевое положение. Когда в некотором разряде это положение достигалось, кулачок, расположенный на колесе, толкал рычаг, который разрывал «цепь сложения» и получалась «цепь сдвига» частичной суммы на один разряд, а затем снова восстанавливал «цепь сложения».

Время на производство арифметических операций оценивалось Бэббиджем так: сложение или вычитание — 1 секунда; умножение (двух 50-разрядных чисел) — 1 минута; деление (100-разрядное число на 50-разрядное) — 1 минута.

Для управления машиной Бэббидж предложил применить механизм, аналогичный механизму ткацкого станка Жаккара. Так как он играет принципиальную роль, то полезно сначала коротко ознакомиться с действием механизма станка Жаккара.

Ткань представляет собой переплетение взаимно перпендикулярных нитей. Нити основы (продольные) продеты через глазки — отверстия в проволочных петлях. При самом простом переплетении петли через одну поднимаются, соответственно приподнимая продетые через них нити основы. Между поднятыми и оставшимися на месте нитями образуется промежуток, в который челнок протягивает за собой нить утка (поперечную), после чего поднятые петли опускаются, остальные поднимаются. Если нужен более сложный узор, переплетения петли следует приподнимать в различных других комбинациях.

Сын лионского ткача Жаккар после настойчивой 30-летней работы изобрел в 1801 году механизм, позволявший автоматизировать движения петель в соответствии с заданным законом с помощью набора картонных карт с пробитыми в них отверстиями — перфокарт. В станке Жаккара глазки связаны с длинными иглами, упирающимися в перфокарту. Встречая отверстие, иглы продвигаются, в результате чего связанные с ними глазки будут приподниматься. Иглы, упирающиеся в карты

в том месте, где отверстия нет, остаются на месте вместе со связанными с ними глазками. Таким образом, промежуток для челнока, в который протягивается уток, а тем самым и узор переплетения нитей определяется набором отверстий на соответствующих картах.

Идея Бэббиджа заключалась в том, чтобы заставить два жаккардовских механизма с цепочкой карт в каждом управлять действиями машины.

Один механизм с «картами операции» (управляющими картами) должен был соединяться с арифметическим устройством и приводить его в состояние готовности для выполнения той или иной арифметической операции в зависимости от отверстий, пробитых в соответствующей карте.

Второй механизм должен был управлять переносом чисел из «склада» в «мельницу» и обратно. Для него готовились карты нескольких типов: «поставляющие карты» предназначались для передачи чисел из памяти в арифметическое устройство, «получающие карты» — для передачи чисел в обратном направлении. Кроме того, «поставляющие карты» делились на два класса: «нулевые карты» — при их использовании после передачи на «мельницу» содержимое соответствующего регистра становилось равным нулю (осуществлялось «стирание» регистра) и «сохраняющие карты» — содержимое регистра оставалось после передачи чисел прежним.

Таким образом, с помощью жаккардовских карт, прообраза современных перфокарт, Бэббидж предполагал осуществить автоматическое управление процессом механических вычислений. Он предполагал также с помощью карт осуществлять ввод числовой информации в машину, благодаря чему в машину могли подаваться логарифмические и другие таблицы.

Бэббидж довольно подробно рассматривал вопросы, связанные, как мы сейчас говорим, с программированием. В частности, им была разработана весьма важная в программировании идея «условной передачи управления».

Один из видных итальянских математиков того времени, профессор Мосотти обратился к Бэббиджу во время его пребывания в Италии по поводу следующего затруднения. «Он заметил, что теперь вполне готов поверить в способность механизма овладеть арифметическими и даже алгебраическими соотношениями в любой нужной степени. Но он добавил, что не может понять,

как машина может сделать выбор, который часто необходим при аналитическом исследовании (т. е. в процессе вычислений), когда представляются два или более путей, особенно в том случае, когда правильный путь, как это часто бывает, неизвестен до тех пор, пока не проделаны предшествующие вычисления».

В ответ на это Бэббидж показал, что решение вопроса о выборе одного из двух возможных путей зависит от того, какой знак (плюс или минус) имеет некоторая вычисляемая величина. Если она отрицательна, то это значит, что из меньшего числа вычитается большее. Процесс переноса приведет в этом случае к тому, что на всех местах слева от «существенных» цифр появятся девятки. Движение механизма переноса, который заставил бы девятку появиться левее самого левого из существующих в машине разрядов, можно использовать для пуска любой требуемой цепи действий.

Поскольку соответствующий рычаг движется только в случае отрицательного результата, то действие будет иметь место условно. Бэббидж предложил для этой условной операции использовать движение вперед или назад карт в механизме Жаккара. Если карты продвинутся вперед, то часть программы будет опущена. Если они продвинутся назад, то часть программы будет повторена. Тем самым можно будет повторять некоторый цикл операций нужное число раз.

В аналитической машине предусматривались три различных способа вывода полученных результатов: печатание одной или двух копий, изготовление стереотипного отпечатка, пробивки на перфокартах.

Аналитическая машина не была построена. Но Бэббидж сделал более 200 чертежей ее различных узлов и около 30 вариантов общей компоновки машины. При этом было использовано более 4 тысяч «механических обозначений»!

ЛЕДИ ЛАВЛЕЯС — ПЕРВАЯ ПРОГРАММИСТКА

За свою долгую жизнь Чарлз Бэббидж написал более 80 заметок, статей и книг по самым различным вопросам. Однако подробное изложение принципов работы разностной и аналитической машин сделано не им (Бэббидж говорил, что слишком занят созданием ма-

шин, чтобы еще заниматься и их описанием). Разностная машина весьма детально описана в упоминавшейся уже статье Ларднера, аналитическая — в статье Л. Ф. Менабреа, переведенной на английский язык леди Лавлейс.

Леди Лавлейс не только перевела отчет Менабреа, но и дополнила его собственными комментариями, свидетельствующими о замечательном понимании ею принципов работы вычислительных машин Бэббиджа. Кроме того, она привела ряд примеров практического использования машин и, выражаясь современным языком, составила программу вычисления чисел Бернулли по довольно сложному алгоритму.

В то время как статья Менабреа касается в большей степени технической стороны дела, комментарии леди Лавлейс посвящены в основном математическим вопросам. По этой причине статья Менабреа представляет сейчас лишь исторический интерес, поскольку современные вычислительные машины построены на иных технических принципах, тогда как комментарии Лавлейс заложили основы современного программирования, базирующегося именно на тех идеях и принципах, которые были ею здесь высказаны.

Леди Лавлейс была единственной «дочерью дома и сердца» Джорджа Гордона Байрона. Семейная жизнь великого поэта сложилась неудачно. Он женился на Аннабелле Милбэнк 2 января 1815 года. 10 декабря у них родилась дочь, которую называли Августа Ада, а с января 1816 года супруги разъехались навсегда. Когда лорд Байрон видел последний раз дочь, ей был всего месяц от роду.

Математические способности Ады проявились довольно рано. Леди Байрон и ее интеллектуальные друзья — профессор и миссис де Морган, Бэббидж, Мэри Соммервил — всячески поддерживали увлечение Августы Ады математикой. Профессор де Морган был высокого мнения о способностях своей ученицы и даже сравнивал ее с Марией Аньези, выдающимся итальянским математиком. Впрочем, Ада также превосходно играла на нескольких музыкальных инструментах и владела несколькими языками.

Семейная жизнь Августы Ады сложилась счастливей, чем у ее родителей. В июле 1835 года она вышла замуж за Уильяма, 18-го лорда Кинга, ставшего впоследствии

первым графом Лавлейсом. Сэр Уильям, которому в то время исполнилось 29 лет, был спокойным, уравновешенным и приветливым человеком. Он с одобрением относился к научным занятиям своей жены и помогал ей как мог.

Супруги вели светский образ жизни, регулярно устраивая вечера и приемы, на которых бывал «весь Лондон».

Один из постоянных посетителей этих вечеров, редактор популярного журнала «Экзаминер» Олбани Фон-бланк оставил такой портрет хозяйки дома:

«Она была ни на кого не похожа и обладала талантом не поэтическим, но математическим и метафизическим ..

Наряду с совершенно мужской способностью к пониманию, проявлявшейся в умении решительно и быстро схватывать суть дела в целом, леди Лавлейс обладала всеми прелестями утонченного женского характера. Ее манера, ее вкусы, ее образование — особенно музыкальное, в котором она достигла совершенства, — были женственными в наиболее прекрасном смысле этого слова, и поверхностный наблюдатель никогда не угадал бы, сколько внутренней силы и знания скрыто под ее женской грацией. В той же степени, в какой она не терпела легкомыслия и банальности, она получала удовольствие от истинно интеллектуального общества и поэтому энергично искала знакомства со всеми, кто был известен в науке, искусстве и литературе».

В начале 50-х годов Ада тяжело заболела и 27 ноября 1852 года скончалась, не дожив нескольких дней до 37 лет (она умерла в том же возрасте, что и лорд Байрон). Согласно завещанию она была похоронена рядом с могилой отца в семейном склепе Байронов в Ньюстед.

Наиболее яркая страница короткой жизни Августы Ады — дружба с Чарлзом Бэббиджем.

Вот как описывает в своих мемуарах миссис де Морган первое посещение юной Адой мастерской Бэббиджа: «В то время как большинство из присутствующих только глазело на это прекрасное устройство (разностную машину. — *Авт.*), выражая свое восхищение возгласами, характерными для дикарей, которые впервые увидели зеркало или услышали пушечный выстрел, юная мисс Байрон разобралась в принципе его работы и оценила его красоту».

Чтобы склонить правительство к финансированию работ по постройке аналитической машины, Бэббиджу необходимо было получить одобрение и поддержку его планов в различных кругах общества, а для этого требовалась популяризация идеи автоматических вычислений; четкое и законченное, но понятное для достаточно широких кругов изложение принципов действия аналитической машины, разъяснение различий между разностной и аналитической машинами и колоссальных преимуществ последней. Здесь и был источник научного сотрудничества Чарлза Бэббиджа и Августы Ады Лавлейс.

«Спустя некоторое время после появления его очерка,— писал Бэббидж в своих «Страницах жизни философа»,— покойная графиня Лавлейс сообщила мне, что она перевела очерк Менабреа. Я спросил, почему она не написала самостоятельной статьи по этому вопросу, с которым была так хорошо знакома. На это леди Лавлейс отвечала, что эта мысль не пришла ей в голову. Тогда я предложил, чтобы она добавила некоторые комментарии к очерку Менабреа. Эта идея была немедленно принята».

План комментариев разрабатывался совместно с Бэббиджем, который ограничивается об этом в «Страницах..» фразой: «Мы обсуждали вместе различные иллюстрации, которые могли быть использованы; я предложил несколько, но выбор она сделала совершенно самостоятельно». В это же время Бэббидж договорился с редактором солидного научного журнала «Ученые записки Тейлора» о публикации перевода статьи Менабреа и комментариев к нему.

Первый вариант перевода и комментариев был передан в типографию 6 июля 1843 года. Спустя несколько дней графиня Лавлейс получила оттиски своей первой (и единственной!) научной работы. Однако потребовалось еще немало напряженного труда, чтобы завершить работу. Отчасти в этом были виноваты печатники, допускавшие большое число ошибок, отчасти и автор, которая непрерывно дополняла, исправляла и совершенствовала свои «Комментарии».

Уже после получения корректур она пишет Бэббиджу: «Я хочу вставить в одно из моих примечаний кое-что о числах Бернулли в качестве примера того, как неявная функция может быть вычислена машиной без того,

чтобы предварительно быть разрешенной с помощью головы и рук человека. Пришлите мне необходимые данные и формулы». Бэббидж прислал все необходимые сведения. Желая избавить Аду от трудностей, он сам составил, как мы сказали бы сейчас, алгоритм для нахождения этих чисел, но.. допустил при этом грубую ошибку, которую Ада обнаружила. 19 июля она сообщила Бэббиджу, что самостоятельно «составила список операций для вычисления каждого коэффициента для каждой переменной», то есть написала программу для вычисления чисел Бернулли.

Эта программа вызвала восторг Бэббиджа. Он считал, что ее описание достойно отдельной статьи, а не скромных комментариев к переводу. Бэббидж договорился о публикации такой статьи в одном из научных журналов. Однако графиня Лавлейс не приняла предложения, так как это было связано с отказом или по крайней мере задержкой публикации примечаний в журнале Тейлора и она считала невозможным не сдержать данного ею обещания.

Ежедневно Бэббидж получал страницы «Комментариев» с поправками и дополнениями, просматривал их и либо передавал в типографию Тейлора, либо возвращал с замечаниями обратно Аде. Когда встречались особые трудности, Ада приезжала из своего загородного имения в Лондон, чтобы разрешить их в личной беседе.

Нельзя сказать, чтобы Бэббидж, охотно помогавший Аде, был внимательным редактором. Он часто путал параграфы, таблицы, листы, верстки, по несколько раз смотрел одни и те же листы, оставляя без внимания их новый вариант, а иногда и терял некоторые страницы. Все это раздражало весьма пунктуальную леди Аду. Впрочем, и она была не очень «удобным» автором для своего редактора. Дочь своего отца, Ада очень ревниво относилась к попыткам Бэббиджа исправлять что-либо в ее работе без ее ведома.

Следует сказать, что Бэббидж, вообще человек желчный и раздражительный, нетерпимый и к критике, и к возражениям, в данном случае проявил максимум чуткости и тактичности. Он высоко ценил и ее способности, и ее работу и, зная, как много значит его высокая оценка для неуравновешенной и легко впадающей в крайности Ады, не жалел хвалебных слов по ее адресу, причем вполне ею заслуженных.

Успехи давались ей большим напряжением и не без ущерба для здоровья «Я едва ли смогу описать Вам, как меня мучит и изводит болезнь » — пишет она Бэббиджу в письме 4 июля; «Я работала непрерывно с семи часов утра, до тех пор, пока не была вынуждена оставить ее из-за полной невозможности сконцентрировать далее внимание .» — в письме 26 июля

Наконец 8 августа 1843 года напряженная работа закончена. Ада долго не могла решить, как подписать перевод и комментарии: не в обычаях того времени для графини подписывать литературные произведения. Тем не менее Аде хотелось, чтобы последующие работы, о которых она мечтала, могли бы как-то связываться с ее именем. По совету мужа она решает под каждым комментарием поставить свои инициалы

Читая «Комментарии», поражаешься пронизательности молодой женщины, точности ее формулировок, не потерявших своего значения даже сейчас

Вот, например, некоторые из них

«Машина (аналитическая.— *Авт.*) может быть определена как материальное воплощение любой неопределенной функции, имеющей любую степень общности или сложности».

«Под словом «операция» мы понимаем любой процесс, который изменяет взаимное соотношение двух или более вещей. Аналитическая машина воплощает в себе науку операций».

Некоторые высказывания леди Лавлейс, относящиеся к 1843 году, производят впечатление выступления участника бурных дискуссий на тему «Может ли машина мыслить?», происходивших в 60-х годах нашего столетия:

«Необходимо предостеречь от вероятных преувеличений возможностей аналитической машины. При рассмотрении любого нового изобретения мы довольно часто сталкиваемся с попытками переоценить то, что мы уже считали интересным или даже выдающимся, а с другой стороны — недооценить истинное положение дел, когда мы обнаруживаем, что наши новые идеи вытесняют те, которые мы считали незыблемыми.

Аналитическая машина не претендует на то, чтобы создать что-либо. Она может делать все то, что мы знаем, как приказывать ей делать. Она может только следовать анализу (то есть программе — *Авт.*), она не в состоянии предугадать какие-либо аналитические соотно-

шения или истины. Сфера ее деятельности — помочь нам сделать то, с чем мы уже знакомы.

Эти соображения отнюдь не оставались незамеченными. В знаменитой статье Алана Тьюринга «Может ли машина мыслить?», впервые опубликованной в 1950 году, специальный раздел, озаглавленный «Возражения леди Лавлейс», посвящен разбору приведенных нами высказываний.

Интересно также отметить, что терминология, которую ввела леди Лавлейс, в заметной степени используется и современными программистами. Так, ей принадлежат термины «рабочие ячейки», «цикл» и некоторые другие.

Стефан Цвейг писал когда-то о «звездных часах человечества». Песня, написанная за одну ночь скромным армейским капитаном Руже де Лиллем, сделала его имя бессмертным. Несколько десятков страничек, исписанных накануне дуэли Эваристом Галуа, открыли миру великого математика. «Комментарии переводчика» Августи Ады Лавлейс навсегда оставили ее имя в истории кибернетики и вычислительной техники.

«ВКЛАД ФИЛОСОФА В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ»*

«Я считаю, что величайшее проявление человеческих способностей состоит в попытках открыть те законы мышления, руководствуясь которыми человек проходит путь от уже известных фактов к открытию новых явлений», — писал Бэббидж.

Если попытаться обобщить разбросанные в его статьях и книгах многочисленные замечания о характере и особенностях научной работы, то получим следующую «философию открытия».

1. Любому открытию должно предшествовать накопление знаний в данной области.

2. Открытию нового явления должна предшествовать тщательная систематизация и классификация известных факторов.

3. Один из основных принципов «совершения» открытий во многих областях знаний заключается в обобще-

* Так Бэббидж назвал главу своих автобиографических «Страниц...».

нии отдельных случаев до целого вида, а затем — возвращении к частным случаям.

4. Если в процессе работы над некоторым изобретением исследователь сталкивается с каким-либо дефектом, недостатком, он должен починить, что этот недостаток может послужить основой другого изобретения*.

По характеру творческого мышления и деятельности Бэббидж — типичный «генератор идей». Он, как правило, не доводил до полного завершения свои многочисленные предложения и проекты. Очень часто, убедившись в том, что им найдено принципиально правильное решение, Бэббидж терял всякий интерес к своему изобретению и начинал заниматься исследованиями, совершенно не связанными с тем, что было сделано ранее.

Бэббидж был великим тружеником науки.

Никогда не упускал он возможности измерить, пощупать, осмотреть то, что представлялось ему объектом исследований. В своих многочисленных путешествиях он измеряет пульс и частоту дыхания животных и публикует статью «Таблицы постоянных одного класса млекопитающих»; желая испытать влияние высокой температуры на человеческий организм, он проводит 10 минут в специальной печи при температуре 265 градусов по Фаренгейту, предвосхищая тем самым эксперименты профессора Дж. Холдейна**; он опускается под воду в водолазном колоколе и под впечатлением этого события конструирует двухместную подводную лодку, он поднимается на действующий Везувий, чтобы наблюдать за извержением вулкана и собрать коллекцию камней; намереваясь исследовать природу рудничного газа и провести эксперименты с лампой Дэви, с опасностью для жизни опускается в шахты; он участвует в археологических раскопках, наблюдает расчистку канала для Темзы и обследует горячие источники вблизи Неаполя...

Конечно, главным делом Бэббиджа всегда были вычислительные машины, и многие выдающиеся его изобретения являются «побочным продуктом» работы над ними.

* Бэббидж писал, что, руководствуясь этим правилом, он придумал, в частности, систему световой сигнализации.

** В 1926 году этот выдающийся английский ученый опубликовал статью «Я сам себе кролик» о целесообразности опытов на себе и провел ряд экспериментов для исследования влияния резких перепадов давления на человеческий организм.

Но, кроме того...

Чарлз Бэббидж является автором 18 математических статей. Его основные математические работы посвящены созданию аппарата, аналогичного дифференциальному и интегральному исчислениям, в котором роль переменной будет играть функция *. Ряд других работ Бэббиджа посвящен вычислению сумм степенных рядов и уравнениям в конечных разностях, вопросам, относящимся к геометрии, теории чисел, теории вероятностей. Интересен цикл статей о математических обозначениях и их роли в доказательстве теорем.

Но кроме того...

Чарлз Бэббидж — один из пионеров научного изучения проблем железнодорожного транспорта. Будучи другом сэра Айсамборда Брунеля, главного инженера Западной железной дороги, он в течение 5 месяцев 1838 года проводил эксперименты по изучению безопасности железнодорожного движения и мер предупреждения несчастных случаев. В результате этой работы Бэббидж изобрел спидометр (правда, не дал ему наименования) и динамометр для измерения силы тяги паровоза, способы отделения паровоза от состава после крушения, решетку-скотоотбрасыватель и т. д.

Но кроме того...

Чарлз Бэббидж предложил метод определения циклов влажной и сухой погоды по годовым кольцам на деревьях (этот метод в XX веке вновь был открыт американцем Эндрю Эликоттом Дугласом); изобрел — после солнечного затмения 1851 года — коронограф и сконструировал офтальмоскоп; описал устройство для наведения артиллерийских орудий и прибор для регистрации интенсивности и направления подземных толчков; придумал широко известный в настоящее время способ световой сигнализации путем ритмичного прерывания светового потока (Бэббидж разослал свое предложение правительствам 12 стран, но первыми применили этот способ в русской армии во время Крымской войны); предложил и экспериментально проверил способ измерения высоты гор с помощью барометра; выдвинул весьма оригинальную теорию образования глетчеров; пытаясь одним из первых в геологии дать физическую трак-

* Такой аппарат был действительно создан в конце XIX — начале XX века под названием «функциональный анализ».

товку геологических явлений, создал теорию «изотермических поверхностей Земли»; написал статью «Предположения по поводу физического состояния поверхности Луны» — через столетие один из лунных кратеров будет назван именем Бэббиджа.

Он проводил глубокие экспериментальные исследования электромагнитных явлений. Их хорошо знал и ценил великий Майкл Фарадей, приславший Бэббиджу свои статьи на ту же тему с припиской — «мне особенно важно знать Ваше мнение по этому вопросу». Бэббидж увлекался оптическими экспериментами и редактировал «*Scriptores optici...*» — сборник наиболее выдающихся работ по оптике, вышедший в 1828 году в Лондоне. Он автор памфлета «Мысли по поводу налогообложения», вызвавшего горячее одобрение Чарлза Диккенса, и статьи «Об искусстве открывания любых замков» (правда, неопубликованной); он издал религиозно-метафизический «Девятый Бриджуотеровский трактат», в котором пытался доказать, что наука не враждебна религии, черпая аргументы из своего личного опыта создания вычислительных машин (один из современных авторов остроумно заметил по этому поводу, что «если Джинс рассматривал Создателя как математика, то Бэббидж несомненно считал Бога программистом...»).

Этот список можно было бы продолжить, но мы ограничимся сказанным, остановившись несколько подробнее на том, что непосредственно связано с «главным делом» Бэббиджа или является косвенным следствием его работ над проблемами вычислительной техники.

«Наука вычислений». Вера Бэббиджа во всемогущество численных методов решения инженерных и научных задач была безгранична. В одной из его книг мы находим восторженные слова в адрес «науки вычислений, которая единовластно должна управлять всеми практическими применениями науки...».

Бэббидж постоянно обращал внимание научных обществ и правительственных учреждений на огромную практическую важность различных математических таблиц — как мы уже знаем, стремление увеличить их точность послужило импульсом для создания вычислительных машин. Выступая на одной из первых конференций Британской ассоциации содействия развитию науки, он настаивал на необходимости вычисления таблиц всех тех данных в различных областях науки и техники, которые

могли быть выражены числами Бэббидж называл эти таблицы «Постоянными Природы и Техники».

Сам он составил несколько весьма ценных для своего времени таблиц, и прежде всего таблицу логарифмов от 1 до 108 000 (1826). Кропотливая работа позволила Бэббиджу обнаружить и исправить множество ошибок в ранее составленных таблицах и сделала его таблицы одними из наиболее точных для своего времени. Они выдержали несколько изданий как в Англии, так и за ее пределами. В 1831 году Бэббидж за собственный счет издает копию этих таблиц. Издание состояло из 21 тома, отпечатанного различным шрифтом на бумаге разной толщины и цвета, чтобы установить наилучшие для вычислителя сочетания указанных факторов.

Эта работа может служить образцом эргономического исследования середины XX века!

Другие важные таблицы, составленные Бэббиджем — таблицы смертности, — явились следствием его увлечения проблемами страхования жизни. Он опубликовал в 1826 году небольшую книжку «Сравнительный обзор различных институтов страхования жизни», которая стала первым четким и достаточно популярным изложением теории страхового дела. Книга была переведена на немецкий язык, а составленные Бэббиджем таблицы использовались долгое время страховыми компаниями Англии и Германии.

Бэббидж прекрасно понимал огромные возможности вычислительных машин. Он, например, пророчески писал в 1838 году:

«Вся химия и кристаллография станут ветвью математического анализа, который, подобно астрономии *, получающей свои постоянные из наблюдений, даст нам возможность предсказать характер любого создания и указать источники, из которых его образование может ожидаться». Через какие-нибудь 130 лет американская вычислительная машина SWAC была использована для определения структуры кристалла витамина B₁₂. Бэббидж указывал также на возможность численного решения трансцендентных и нелинейных дифференциальных уравнений на вычислительной машине и за 130 лет до первого шахматного матча между вычислительными ма-

* Имеется, очевидно, в виду открытие планет, координаты которых были сначала определены теоретически, путем вычислений, а затем уже обнаружены в телескоп

щинами Института теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) и Стенфордского университета (этот матч, кстати, со счетом 3:1 выиграла машина, а точнее — программа ИТЭФа) выражал твердую уверенность в «шахматных способностях» вычислительных машин.

Бэббидж был, вероятно, одним из первых, кто понял огромное практическое значение статистики. Тематика его статистических работ весьма разнообразна. Здесь и «О пропорциональном соотношении между полами новорожденных среди законных и незаконных детей», и «О статистике маяков», и «О пропорциональном соотношении букв в различных языках» — примерно через 100 лет этой проблемой (в связи с вопросами кодирования) будут заниматься лингвисты и связисты во всем мире, и «Анализ статистик Расчетной палаты за 1839 год».

Пропагандируя статистические методы, Бэббидж стал инициатором организации Лондонского статистического общества; первое учредительное собрание этого общества состоялось в его доме.

Как и многие математики, Бэббидж увлекался шифрами. Он написал несколько статей об искусстве дешифровки и даже составлял специальный словарь для этой цели, в котором в алфавитном порядке располагались двухбуквенные, затем трехбуквенные и т. д. слова.

Научные методы исследования производства. В 1832 году Бэббидж написал удивительную книгу — «Экономика машин и производства». Удивительную потому, что в ней высказаны идеи, которые через много лет составили основу таких научных дисциплин, как системный анализ, исследование операций, научная организация труда и производства, научное управление им, контроль качества и т. д.

«Экономика ..» является, пожалуй, единственной вполне завершенной работой Бэббиджа. Написанная на основе знакомства автора с машиностроительным производством в Англии и на континенте, она вскоре была переиздана в Америке и переведена на французский, немецкий, итальянский и испанский языки.

Значение этой книги определяется прежде всего тем, что в ней Бэббидж впервые показал возможность научного анализа в сфере производства и возможность изучения общих принципов управления предприятиями, абстрагируясь от конкретного содержания технологических

процессов. Он рассматривал производство как сложную систему, а не как совокупность и последовательность технологических процедур.

Книга написана простым и четким языком, без математических выкладок и туманных «философских» рассуждений, и даже сейчас, спустя 150 лет, представляет интересное чтение — формулировки автора просты и недвусмысленны. Каждая высказанная мысль подтверждается примером из области машиностроения, точнее машинерии. Под этим старинным, но более емким словом в книге Бэббиджа понимаются и машины, и инструменты, и приспособления, и средства передачи информации, и транспортные средства, и приборы — измерительные и регистрирующие.

Таких примеров в «Экономике .» неисчислимо много: строительство мостов, подрывные работы, утилизация отходов, производство сапожных гвоздей, выплавка чугуна, сборка часов, изготовление шнурков для ботинок, фармакопоя, добыча угля, книгопечатание, выпуск газет, дубление кожи, выпаривание соли, измерение уровня жидкости, счет ярдов ткани, станкостроение, литография, железнодорожный и водный транспорт и многое, многое другое.

Для графического изображения связей между различными структурными единицами предприятия Бэббидж предлагал использовать систему своих «механических обозначений». Он считал, что такое графическое представление позволит улучшить организацию производства, обнаружив его слабые точки. Тем самым Бэббидж предвосхитил диаграммы Ганта и сетевые графики!

Он писал: «Если известны все факторы, относящиеся к морскому или сухопутному сражению, то с помощью механических обозначений его можно описать так же, как любую сложную машину». Через сто с лишним лет, во время второй мировой войны, в Англии был осуществлен проект «Омега», смысл которого заключался в применении операционистских методов при планировании воздушных битв.

Бэббидж не ограничился теоретическим рассмотрением. На примере булавочного производства, действуя почти так же, как и современные операционисты, он подверг анализу характер выполняемых в этом производстве операций, оценил требуемую квалификацию рабочих, издержки каждого процесса и показал направление

увеличения эффективности производства булавок (аналогичный анализ книгопечатного дела так обидел книгоиздателей, что они отказались принять книгу к переизданию).

Несколько позже Бэббидж таким же образом проанализировал работу британского почтамта. В те времена стоимость отправления письма (почтовый тариф) определялась местом жительства адресата. Бэббидж показал, что сортировка писем, штемпелевка и доставка обходятся дороже, чем пересылка писем по единому почтовому тарифу (независимо от расстояния, на которое они пересылаются). И под впечатлением работы Бэббиджа через несколько лет в Англии был введен единый почтовый тариф.

Бэббидж неоднократно подчеркивал, что основу операционистского исследования должны составлять точные факты. Его высказывания по этому поводу могут послужить девизом современных исследователей операций: «Экономистов следует упрекнуть в слишком скудном использовании фактов и излишнем увлечении теорией.. Ошибки из-за отсутствия фактов гораздо более многочисленны и долговечны, чем ошибки от неправильного объяснения данных»

Книгу Бэббиджа высоко ценили его современники, ее хорошо знал Карл Маркс. Ссылки на книгу и цитаты из «Экономики...» мы встречаем в таких его произведениях, как «Капитал» (1, 3 и 4 тома), «Нищета философии», «К критике политической экономии».

Да и не только современники — о ней, например, с восхищением отзывался такой крупный английский экономист, как Дж. Кейнс. Сам же Бэббидж считал, что высшей похвалой для него были слова рабочего маленькой фабрики в Лидсе: «Сэр, эта книга заставила меня думать!» Описывая этот эпизод, Бэббидж добавляет: «Заставить человека думать — это значит сделать для него значительно больше, чем снабдить его определенным количеством инструкций..»

Машиностроение. «Неплохо определить человека как животное, делающее инструменты», — писал в одной из своих книг Бэббидж. Интерес Бэббиджа к «деланию инструментов» возник, естественно, в связи с вычислительными машинами: «Когда мне пришла в голову идея создания механических средств для вычисления всех классов астрономических и арифметических таблиц, я

попытался самостоятельно сделать простые чертежи и изготовить по ним небольшую модель. Но когда правительство пожелало иметь значительно большую модель для тех же целей, возник очень серьезный вопрос: возможно ли будет при современном состоянии машиностроения так изготовить детали и узлы разностной машины, чтобы обеспечить их многочисленные и очень сложные движения».

Чтобы ответить на этот вопрос, Бэббидж изучил возможности существующих машиностроительных предприятий и пришел к выводу о необходимости усовершенствования техники конструирования и изготовления механических деталей и узлов. Он обратил свой замечательный аналитический и изобретательский дар на задачи промышленности. «Я смело могу утверждать, что исследования, которые дали мне возможность изобрести новые механизмы, равным образом будут полезны для создания новых инструментов или способов лучшего использования старых».

Бэббидж сделал ряд выдающихся изобретений в области машиностроения. Он создал поперечно-строгальный и токарно-револьверный станки, различные калибры, пресс-формы, резцы (в том числе алмазные), предложил методы заточки инструмента, изготовления зубчатых колес литьем под давлением, высказал идею взаимозаменяемости деталей, столь важную для массового производства, предложил способ гравировки по дереву и т. д.

Интересно, что у Бэббиджа начинал свою деятельность один из наиболее выдающихся английских инженеров XIX столетия сэр Джозеф Уитворт, стандарт которого на резьбовые соединения существовал в Англии вплоть до 1948 года.

Бэббидж прекрасно работал на нескольких станках, но предметом его особой гордости было умение пробивать отверстия в стекле. Им собственноручно выполнено около 400 квадратных метров машиностроительных чертежей, о которых современники отзывались как о шедевре чертежного искусства.

При работе над разностной машиной Бэббиджа долгое время занимал вопрос: как графически изобразить работу сложных механизмов? Для простых машин достаточно сделать чертежи, на которых было бы отображено положение их различных узлов в разные моменты времени. Но для вычислительной машины таких черте-

жей пришлось бы сделать слишком много, и практически этот вариант был неприемлем. Поэтому Бэббидж предложил особую систему обозначений — условный язык для выражения динамики сложных машин. С помощью такого языка работа любого устройства изображалась своеобразной картой, состоящей из двух частей.

Первая часть давала представление о связях между различными частями машины и о характере движения этих частей (поступательное, вращательное и т. д.) Здесь же условно обозначалось число зубьев или штифтов отдельных деталей и указывалась скорость их движения (номинальная, максимальная или минимальная). Для обозначения характера взаимодействия между элементами машины Бэббидж применил систему стрелок. Например, если одна часть устройства получала движение от другой с помощью штифта, это изображалось стрелкой с полоской на конце, движению за счет трения соответствовала штрих-пунктирная стрелка, если использовался храповик, то стрелка продолжалась отточием. Каждый элемент машины изображался вертикальной линией, а стрелки связывали эти линии, начинаясь у ведущего элемента и кончаясь у ведомого.

Вторая часть карты представляла собой временную диаграмму (пользуясь современным языком), которая позволяла определить положение любого элемента машины в любой момент времени. Современные конструкторы вычислительных машин не мыслят своей работы без этих диаграмм, не подозревая, быть может, что их родословная началась около 150 лет назад.

Пользуясь «механическими обозначениями» — так Бэббидж назвал свой условный язык, — изобретатель или инженер легко прослеживал работу сложной машины во времени. Они могли минимизировать как число элементов машины, так и число их движений. Бэббидж, например, работая над разностной машиной, сократил число оборотов главной оси, необходимых для выполнения операций сложения, с 12 до 5!

Компетентные инженеры считали — об этом писал президент Королевского общества лорд Росс, — что только своими изобретениями в области машиностроения Бэббидж вполне возместил те средства, которые правительство вложило в строительство его разностной машины!

НАБРОСКИ К ПОРТРЕТУ ЧАРЛЗА БЭББИДЖА, ЭСКВАЙРА

С портрета, который висит в научном музее Южного Кенсингтона, на нас смотрит 50-летний Чарлз Бэббидж, эсквайр. У него огромный покатый лоб; длинный и узкий, в саркастической полуусмешке рот, острый взгляд глубоко посаженных глаз.

* * *

Бэббидж, если следовать современной терминологии, типичный «физик». «Музыку я не очень люблю», — признается он в «Страницах...». Случайно попав с друзьями в оперу на моцартовского «Дон-Жуана», Бэббидж смертельно скучает и через 5 минут после начала представления потихоньку исчезает: отправляется за кулисы смотреть, как устроен механизм управления сценой. В другой раз он все же дослушал оперу до конца, но лишь потому, что по ходу представления обдумывал идею применения цветного света в театре. Увлечшись, как обычно, новой задачей, он ставит множество опытов — наполняет ячейки, образованные плоскими стеклянными пластинками, растворами различно окрашенных солей и освещает их затем мощными лампами.

Получив хорошие результаты, Бэббидж переносит опыты в здание Итальянской оперы и даже придумывает танец (трудно представить себе более несовместимые вещи — Бэббидж и хореография!), чтобы продемонстрировать свое изобретение. Однако из-за боязни пожара дирекция оперы не согласилась с предложением изобретателя, а он вскоре потерял всякий интерес к театральному освещению.

Драматический театр Бэббидж тоже не жалует: «Трагедии я не люблю, а комедии, которые доставляют мне удовольствие, часто возбуждают мои чувства в значительно большей степени, чем это допускает достоинство философского характера».

Из прозаических произведений он предпочитает «Робинзона Крузо», перечитывает его по многу раз; к стихам равнодушен: что может быть прекрасней поэзии чисел? Впрочем, иногда он проявляет к поэзии своеобразный интерес.

Известному английскому поэту Альфреду Теннисону по поводу строчек

Каждую минуту умирает человек.
Но каждую минуту человек рождается .

из только что выпущенной поэмы «Видение греха» Бэббидж написал следующее: «... я вынужден со всей серьезностью указать Вам, что эти расчеты приводят к выводу, что общая сумма населения Земли находится в состоянии постоянного равновесия. В то же время хорошо известно, что упомянутая сумма постоянно увеличивается. Поэтому я беру на себя смелость предположить, что в следующем издании Вашей превосходной поэмы ошибочные расчеты, на которые я указал, будут исправлены следующим образом:

Каждое мгновение умирает человек,
Но 1,16 человека рождается .

Я могу сообщить Вам и более точную цифру — 1,167, но это, конечно, должно нарушить ритм стиха...

Последние слова показывают, что идея стихотворного размера не была все же чужда Бэббиджу. Нет сомнения в том, что он писал это письмо вполне серьезно и без тени иронии. Вместе с тем, предвосхищая Зигмунда Фрейда, Бэббидж намеревался заняться исследованием природы юмора.

* * *

Бэббидж был другом Лапласа, Гумбольдта, Био (сын последнего перевел на французский язык «Экономику машин и производства»), был хорошо знаком с Дарвином, Мальтусом, Теккереем, Юнгом, Якоби, Стефенсоном, Фурье, Пуассоном, Фуко, Дирихле, Дэви, Карлайлом, Волластоном, Бесселем, Миллем, переписывался с Фарадеем и Лонгфелло, встречался с герцогом Веллингтоном, королем Италии Карлом Альбертом, членами семьи Бонапарта и... знаменитым французским сыщиком Видоком.

Ч. Дарвин пишет в автобиографии: «Я заходил довольно часто к Бэббиджу и регулярно посещал его знаменитые вечерние приемы. Его всегда было интересно слушать...» Другой участник приемов, эдинбургский профессор математики, «с большой неохотой ушел от Бэб-

биджа в два часа ночи, после исключительно приятно проведенного вечера »

* * *

Бэббидж считал себя неудачником. Вычислительные машины, «главное дело» его жизни, остались незаконченными. Преследовали его и другие неудачи, правда рангом пониже. Дважды — в 1832 и 1834 годах — он баллотировался в парламент от партии вигов и оба раза терпел неудачу. В «Страницах...» Бэббидж перечисляет около десятка научных и государственных должностей, которые он хотел бы и мог бы — по своим возможностям и научным заслугам — занять и которые были отданы другим, менее достойным претендентам.

Единственная честь, по словам самого Бэббиджа, которую оказала ему его страна, — избрание профессором лукасовской кафедры * в Кембридже в 1828 году. Это был первый случай, когда на столь почетную должность избирался человек, не имеющий докторской степени. Бэббидж нарушил традицию еще в одном — за время своего профессорства он не прочел ни одной лекции и посетил своих студентов только однажды. В 1839 году Бэббидж отказался от звания профессора, чтобы полностью посвятить себя работе над аналитической машиной.

Неудачи постепенно превратили Бэббиджа в мизантропа.

«...Он был недовольным и разочарованным человеком, и его высказывания были, как правило, мрачны», — эти и следующие слова из автобиографии Дарвина относятся примерно к 1842 году: «...однажды Бэббидж сказал мне, что придумал план эффективной борьбы с пожарами, но добавил — «Я не опубликую его, пропади они все пропадом, пусть все их дома сгорят». «Все» — это жители Лондона». В другой раз он рассказал мне, что видел в Италии водокачку с благочестивой надписью, гласящей, что хозяин водокачки построил ее во имя любви к богу и к своей стране для того, чтобы усталые странники

* В 1663 году член парламента Генри Лукас передал Кембригскому университету известную денежную сумму для учреждения кафедры математики. Профессора этой кафедры (а среди них были Барроу и Ньютон) избирались мастерами (то есть руководителями) колледжей

могли утолить жажду! Эта надпись насторожила Бэббиджа. Он решил осмотреть водокачку внимательно и обнаружил, что каждый раз, когда путешественник качал воду, большая часть попадала в дом хозяина и лишь небольшая доставалась качающему.

Незадолго до смерти Бэббидж признался своему знакомому, что не припомнит ни одного счастливого дня в жизни: «Он говорил так, как если бы он ненавидел человечество в целом, англичан — в частности, а больше всего — английское правительство и уличных шарманщиков!»

* * *

Ох уж эти уличные музыканты! Их музыка, обычно бравурная и нестройная, чрезвычайно досаждала Бэббиджу и не позволяла ему — по его собственному утверждению — сосредоточить внимание на научных исследованиях. Бэббидж как-то подсчитал, что из-за перерывов в работе, вызванных воплями и визгом бродячих музыкантов, он теряет примерно $\frac{1}{4}$ своей «рабочей мощности».

Не последовав примеру другого страдальца — Томаса Карлайля, который запирался в звуконепроницаемой комнате, Бэббидж вел длительную и бурную войну с нарушителями тишины и спокойствия. Эта война принесла Бэббиджу значительно большую и (недостойную его) известность, чем все его научные изыскания.

Бэббидж ведет кампанию в прессе, рассылает письма членам парламента... Он предлагает меры: полностью запретить «музыкальные представления» на улицах, нарушивших запрет бродяг предавать суду, их инструменты доставлять в полицейские участки, даже если они не использовались нарушителями, и т. д. Но правительство, естественно, безмолвствует, и Бэббидж борется самостоятельно — он тащит музыкантов в участки (если их удастся поймать), непрерывно обращается к полицейским за помощью, ходит жаловаться в школу на мальчишек, которые сопровождают улюлюканьем его батальи с музыкантами, и т. д. Но все это лишь распаляет толпу — мелкие ремесленники и торговцы, мастера и подмастерья, люди без определенных занятий, лондонская беднота — все те, кто видит в уличных концертах единственное свое развлечение, свистят Бэббиджу вслед, разбивают окна

в его доме * и подбрасывают дохлых кошек, угрожают физической расправой. Пьянчуги после возлияний в таверне отправляются к дому Бэббиджа поорать под его окнами, чтобы повеселиться гневом эксцентричного профессора. Что же до музыкантов, то они приходят с дальних улиц Лондона, чтобы сыграть бедному Бэббиджу.

Нет поэтому ничего удивительного в том, что после смерти Бэббиджа респектабельная «Таймс» в первых строках некролога охарактеризовала его как «человека, который дожил почти до 80 лет, несмотря на преследования уличных музыкантов».

* * *

Надо сказать, что Бэббидж ссорился не только с уличными музыкантами, но и с многими более уважаемыми современниками и даже с целыми научными обществами. Он, например, пытался реформировать Королевское общество, «чтобы спасти его от презрения в своей стране и изсмешек в других странах».

Бэббидж обвинял руководство Королевского общества во множестве грехов — коррупции, неразумном распылении поощрительных фондов, слепой организации издательских дел, а членов общества — в малой активности, равнодушии к научным проблемам и т. д. Среди множества упреков Бэббиджа был и такой: секретарем общества был капитан Эдвард Сэбин (врач и исследователь земного магнетизма), и Бэббидж гневно возмущался этим фактом, так как считал, что военные из-за привычки повиноваться и командовать принципиально не годятся для таких должностей. «Военные обычно покрывают свои ошибки, ученые же должны иметь мужество признавать их».

Может быть, отрицательное отношение Бэббиджа к деятельности Королевского общества явилось причиной его активной работы по организации и ныне существующей Британской ассоциации содействия развитию науки.

Очень резко критиковал Бэббидж и правительство за его политику в области науки и даже посвятил этой критике отдельную книгу «Размышления об упадке науки

* Бэббидж верен себе во всем: он ведет своеобразную статистику и в 1857 году публикует в «Микэникл мэгэзин» «Таблицы относительной частоты различных случаев разбиения оконных стекол».

в Англии и некоторых причинах этого упадка». Он писал о том, что в Англии наукой занимаются лишь те, кто в состоянии самостоятельно финансировать эти занятия. Такое положение наносит непоправимый вред обществу, а поэтому правительство должно субсидировать работы ученых. Он считал, что следует всячески поддерживать изыскания в области «чистой науки», что необходимо реорганизовать систему университетского образования, а ученых назначить на правительственные должности и т. д.

Все эти критические замечания — справедливые, хотя нередко преувеличенные, — сопровождались весьма желчными комментариями автора, не упускавшего случай уколоть своих врагов — истинных и вымышленных. Он, например, описывал совет Королевского общества как «собрание людей, которые избирают друг друга на почетные должности, а затем обедают за счет общества и, восхваляя друг друга за бокалом вина, награждают сами себя медалями общества».

Нападки Бэббиджа вызывали ответную реакцию: «У нас начинает болеть голова при одном упоминании об этом типе — Бэббидже. Какой холодный педант, такой сухарь! Да к тому же невежественный. Бэббидж рифмуется с капустой (cabbage)», — писал один из журналов, а через столетие американский историк по той же причине окрестил Бэббиджа «научным оводом».

* * *

Современники не понимали Бэббиджа. Поначалу его считали гением, затем чудачком и, наконец, не совсем нормальным человеком, изобретателем, расстроившим свой рассудок непрерывными поисками наилучшего варианта вычислительной машины. Джон Флетчер Моултон (1844—1921), математик и видный специалист в области патентного законодательства, так рассказывал о посещении мастерской престарелого ученого: «В прихожей я узнал отдельные части его хорошо известной вычислительной машины, которую он много лет назад довел до уровня действующего устройства, и спросил, завершил ли он свою работу. «О, я не занимался больше этой машиной, — ответил он. — Еще до ее окончания мне пришла в голову идея аналитической машины, которая была бы настолько лучше, что не стоило тратить время на завер-

шение первой машины, а следовало построить новую». Затем мы подошли к аналитической машине, и он рассказал мне о принципах ее устройства и характере действия. «Закончили ли вы эту машину?» — спросил я. «Нет, — ответил он. — Я пришел к новой идее, которая полностью затмила все предыдущие замыслы; поэтому было бы пустой тратой времени работать далее над старым вариантом». Затем он объяснил мне эту идею, которая была революционна даже для того мира передовых идей, в котором он жил».

Далее Моултон говорит о том, что он в душе всегда считал таких изобретателей, как Бэббидж, «попросту надоедливými людьми»: «Сами они ничего не могут довести до конца и умаляют заслугу тех, кто бóльшей настойчивостью и более терпеливым трудом достигает успеха там, где они потерпели неудачу. Их изобретениям уготовлена недолгая посмертная слава...»

* * *

Научный экстремизм «вспыльчивого гения» по крайней мере на столетие задержал осуществление его замечательных идей. Он, как мы помним, собирался построить машину, которая табулировала бы с точностью до 20-го знака функции с постоянными седьмыми разностями. Для сравнения укажем, что созданная в 1934 году его соотечественником Комри машина работала с разностями шестого порядка и с точностью до 13 знаков!

* * *

Бэббидж писал однажды: «Если непредубежденный моим примером какой-нибудь человек достигнет успеха в конструировании машины, воплощающей в себе целый исполнительский отдел математического анализа, я без риска оставляю свою репутацию на его ответственность, так как только он один сможет полностью оценить природу моих попыток и значения их результатов».

И мы, восхищаясь достижениями вычислительной техники, воздадим должное ее пророку — сложному, противоречивому человеку, замечательному ученому и инженеру Чарлзу Бэббиджу!

Статистика не должна состоять в одном только заполнении ведомостей размерами с двухспальную простыню никому не нужными числами, а в сведении этих чисел на четвертушку бумаги и в их сопоставлении между собою, чтобы по ним не только видеть, что было, но и предвидеть, что будет

А. Н. КРЫЛОВ (1863—1945)

«СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНЖЕНЕР»

Вооруженные карандашом и бумагой или в лучшем случае суммирующей машинной американские статистики прошлого века испытывали острую необходимость в автоматизации длительной, утомительной и однообразной работы по обработке «Эвереста данных» — переписи в США проводятся каждые 10 лет. Именно здесь применил свои незаурядные способности изобретателя сын четы немецких эмигрантов Германи Холлерит.

Он родился 29 февраля 1860 года и умер 17 ноября 1929 года. В детстве Германи ничем не отличался от своих сверстников, разве только особой ненавистью к грамматике. Чтобы не присутствовать на этих уроках, он выпрыгивал из окна второго этажа и убегал домой. В 1919 году знаменитый изобретатель мистер Г. Холлерит скажет: «Жизнь слишком коротка, чтобы правильно писать», но за 50 лет до этого родители вынуждены были забрать его из школы.

Воспитание Германи было доверено пастору местной лютеранской церкви, который, видимо, сумел с этим справиться. Холлерит окончил Горную школу при Колумбийском университете и был принят на работу в статистическое управление при министерстве внутренних дел США.

Случай свел его с доктором Дж. Биллингсом, возглавлявшим работы по составлению сводных данных. Однажды некая юная мисс обратила внимание на стройного черноволосого юношу, с энтузиазмом поглощавшего в министерском буфете салат из цыплят, и при-

гласила его отведасть цыплячий салат, приготовленный ее матерью. Юная мисс была дочерью доктора Биллингса, а юный любитель цыплят — Германном Холлеритом. Приглашение было с благодарностью принято, и, как впоследствии вспоминал Холлерит, за обеденным столом хозяин дома обмолвился о том, что, вероятно, возможно построить машину, которая чисто механически выполняла бы утомительную работу клерков его офиса.

Голливудского развития «история с салатом» не получила: мисс Биллингс не вышла замуж за Холлерита. Но слова шефа департамента сводных данных заставили 21-летнего Германа надолго задуматься.

В 1882 году он принял должность преподавателя машиностроения в Массачусетском технологическом институте, где и начал разрабатывать «машину для переписи населения». Преподавательская деятельность Холлериту вскоре наскучила, и он перешел в Вашингтонское бюро патентов. Здесь у Холлерита было больше времени для занятий машиной, кроме того, знание патентного права для изобретателя оказалось бесполезным. В течение 1884—1889 годов Холлерит получил свои четыре основных патента на перфокартные машины, к которым впоследствии прибавилось еще 30.

Первоначально он предполагал использовать в качестве носителя информации бумажную ленту с пробигами в ней соответствующим образом отверстиями (перфоленту). Но для большого количества данных работа с лентой оказалась затруднительной: лента часто рвалась и требовала перемоток для отыскания нужных сведений.

Удачному решению помог случай. Однажды Холлерит обратил внимание на железнодорожного кондуктора, который с помощью ручного компостера заносил в какой-то бланк сведения о пассажирах. У него возникла идея разработки перфокарты, на которую могли быть нанесены в виде отверстий обрабатываемые данные и которая была бы более удобной «пищей» для машины, нежели лента. Неизвестно, был ли знаком Холлерит с идеями Жаккара и Бэббиджа, но то, что он предложил, было, по существу, повторением пройденного. Однако на «носителе информации» сходство кончалось. Все остальное оборудование Холлерита: простой пробойник (перфоратор), сложный пробойник, сортировальная машина и табулятор — было оригинальным.

Основная идея Холлерита состояла в том, чтобы представить подлежащие обработке данные отверстиями в фиксированных местах перфокарты и затем либо подсчитать отверстия на всех перфокартах, либо рассортировать перфокарты по тому же принципу.

Первые перфокарты ($8\frac{5}{8} \times 3\frac{1}{4}$ дюйма) имели 6 рядов по 32 позиции. Перфорация осуществлялась вручную на пробойнике, состоящем из чугунного корпуса с приемником для карты и собственно пробойника. Над приемником помещалась пластинка с несколькими рядами отверстий; при нажмие рукоятки пробойника над одним из них карта под пластинкой пробивалась нужным образом. Сложный пробойник пробивал на группе карт общие данные одним нажатием ручки.

Сортировальная машина представляла собой несколько ящиков с крышками. Карты продвигались вручную между набором подпружиненных штырей и резервуарами, наполненными ртутью. Когда штырь попадал в отверстие, он касался ртути и замыкал электрическую цепь. При этом приподнималась крышка определенного ящика, и оператор опускал туда карту.

Табулятор работал аналогично сортировальной машине: число обнаруживаемых отверстий подсчитывалось счетчиком. Каждый счетчик имел циферблат со стрелкой, которая перемещалась на единицу шкалы после каждого отверстия.

Система Холлерита была опробована в 1887 году при составлении статистики смертности в Балтиморе. Затем в 1896 году перфокартные машины были использованы во время очередной переписи населения, сократив время обработки данных почти в четыре раза.

В 1890 году Холлерит получил степень доктора философии от Колумбийского университета и несколько американских научных наград, а спустя три года его «электрический табулятор» был награжден бронзовой медалью Всемирной выставки в Париже.

В 1896 году Холлерит организует компанию табуляторов, которая начинает серийный выпуск машин. Они проникают в Австрию, Норвегию, Швейцарию, Англию; были они куплены и русским правительством. Постепенно расширяется сфера их применения: сельскохозяйственная перепись, железнодорожная статистика, начисление заработной платы и учет материалов на крупных предприятиях и т. д.

Между тем Холлерит продолжает совершенствовать свои машины и делает ряд новых изобретений. В 1902 году он создает автоматический табулятор, в котором карты подавались не вручную, а автоматически, и модернизирует свою сортировальную машину. Спустя 6 лет Холлерит предлагает конструкцию сумматора, которая оказалась столь удачной, что ее использовали впоследствии во многих счетно-аналитических машинах.

Сумматор управлялся картами, а наличие отверстий в них обнаруживалось контактными щетками. Цифровые колеса счетчика сумматора поворачивались через зубчатые зацепления от непрерывно вращающегося вала, который нес на себе скользящие кулачковые муфты, управляемые электромагнитами. Когда под контактной щеткой оказывалось отверстие, замыкалась электрическая цепь соответствующего электромагнита, и он включал муфту, которая подсоединяла цифровое колесо к вращающемуся валу; содержимое счетчика в данном разряде увеличивалось на число, пропорциональное углу поворота колеса. Все муфты автоматически выключались при прохождении под щетками ряда «синхронизирующих отверстий». Передача десятков осуществлялась в два приема, примерно так же, как и в разностной машине Бэббиджа.

В 1910—1920 годах появляется ряд других компаний по производству счетно-аналитических машин: в США — «Компания счетных машин Пауэрса»; во Франции — «Компания машин Бюлля», основанная норвежским инженером Фредериком Бюллем, который завещал все свои многочисленные патенты норвежскому институту раковых исследований. Наличие конкурентов вынудило Холлерита в 1911 году продать свою компанию, которая, слившись с другими, образовала впоследствии международную корпорацию по производству вычислительных машин IBM.

Работы Холлерита подготовили дальнейшее развитие перфокартной техники на промышленной основе: в 1913 году появляется «печатающий табулятор» и «накапливающий табулятор» — разновидность специализированной суммирующей электромеханической машины; в 1921 году к табулятору была присоединена коммутационная доска, позволявшая «направлять» в определенный регистр результат считывания с соответствующего столбца перфокарты; в 1931 году был изобретен вычи-

слительный (или множительный) перфоратор, а в 1936 году — алфавитно-цифровые перфокартные машины; наконец в 1946 году были созданы первые электронные счетно-аналитические машины.

Счетно-аналитические машины в настоящее время очень широко применяются для механизации учета, при обработке различных статистических данных и т. п. Комплект современных счетно-аналитических машин содержит перфораторы, сортировальные машины и табуляторы. Они автоматически выполняют именно ту работу, которую предназначил им в свое время Холлерит.

В 1895 году Холлерит выступал с лекциями о своих машинах в Европе. В Берне он был представлен собравшимся как «статистический инженер». «Я вовсе не удивлюсь, если это определение не станет общепринятым, — писал Холлерит жене. — Но если все же в будущем это случится, я буду счастлив от того, что был первым «статистическим инженером».

Он действительно им был.

НАСЛЕДНИК ИЗ ДЕПАРТАМЕНТА МОРСКОГО КАЛЕНДАРЯ

Работа Хадсона по применению счетных машин для научных расчетов, о которой мы упоминали в предыдущей главе, не нашла отклика среди специалистов-вычислителей. Основные научные вычисления, в частности составление таблиц, практически всю первую треть нашего столетия велись вручную. Первые энергичные попытки механизации, а затем и автоматизации табулирования связаны с именем Комри, астронома и вычислителя, которого заслуженно следует считать прямым наследником Бэббиджа в XX веке.

Лесли Джон Комри родился в 1893 году в Новой Зеландии, на ферме своего отца, выходца из Шотландии. Закончив Оклендский университетский колледж в Англии, он в 1916 году становится магистром химии. Несмотря на свою частичную глухоту, Комри добровольцем участвует в первой мировой войне в составе новозеландского экспедиционного корпуса и в боях теряет ногу.

После войны Комри решает заняться астрономией и поступает в колледж св. Иоанна в Кембридже. В 1924 году он получает степень доктора философии по астрономии, а с 1925 года работает в департаменте мор-

ского календаря, совсем недолго — рядовым сотрудником, затем — заместителем заведующего, с 1930 по 1936 год — заведующим департаментом.

Ознакомившись с работами Бэббиджа и Хадсона, Комри вознамерился механизировать табулирование, которое составляло основную часть деятельности сотрудников департамента. В 1928 году он использует счетную машину для табулирования функций с постоянными вторыми разностями. В 1931 году с помощью машины «Бэрроуз» Комри вычисляет и печатает семизначные и восьмизначные таблицы основных тригонометрических функций с шагом в одну секунду дуги.

В том же 1931 году Комри обращается к английскому правительству с настоятельной просьбой о финансировании работ по созданию разностной машины. Ему повезло больше, чем Бэббиджу, да и 100 лет прошли, видимо, не зря: согласие правительства было получено всего лишь через два года, и уже к концу 1933 года разностная машина «Нейшнл» была построена. Это была первая английская разностная машина (построенная в 1859 году машина Донкина была копией шведской машины Шютцев).

Машина «Нейшнл» могла табулировать с точностью до 13 знаков функции с постоянными шестыми разностями. Это значит, что построенная через 100 лет после Бэббиджа машина имела меньшие возможности, чем запроектированная Бэббиджем!

Благодаря усилиям Комри к середине 30-х годов в Англии применялись для научно-технических расчетов около 15 различных счетных машин. Ему же принадлежит инициатива успешного использования для этих целей счетно-аналитических машин Холлерита.

Сравнивая жизненные и творческие пути Бэббиджа и Комри, можно заметить, что между ними было много общего. Даже характеры их были схожи. Вот что писал, например, о Комри близко знавший его английский ученый Садлер: «Гордый, чувствительный, склонный быть нетерпимым и критиковать других, он не мог понять и простить недооценки его работ теми, кто не обладал его энергией, рвением и доскональностью.. Но это лишь одна сторона; пунктуальный во всем, он необычайно щедро отдавал свое время и энергию, когда речь шла о помощи другим...»

В 1936 году Комри основывает собственную фирму, специализирующуюся на выполнении сложных научных расчетов. В годы войны (1939—1945) фирма выполнила большое число научно-технических расчетов, в том числе и военного характера, по прямым заданиям английского правительства.

Напряженная работа сказалась на здоровье Комри: в 1947 году он лишился речи, а спустя три года, в 1950 году, умер.

Комри хорошо знал и высоко ценил работы Бэббиджа и постоянно упоминал их в своих статьях. В 1944 году он опубликовал в английском научном журнале «Нейчур» статью, посвященную описанию одной из первых в мире автоматических цифровых вычислительных машин — машины «Марк I», созданной группой американских инженеров под руководством Говарда Айкена. Статья называлась «Мечта Бэббиджа сбылась».

В 2... году, в эпоху сплошной компьютеризации, скромный клерк, герой научно-фантастического рассказа А. Азимова «Осознанное могущество», обнаруживает, что операцию умножения можно выполнить без вычислительной машины, и изобретает таблицу умножения и способ перемножения многозначных чисел. Жизнь, однако, опережает самые дерзкие предвидения фантастов: уже в начале 70-х годов один американский журнал сообщал о «забастовке» токийских школьников, они потребовали вместо обучения письменному счету ввести обучение работе на карманных миникомпьютерах. А ведь еще каких-нибудь 35—40 лет назад не было ни термина, ни самих компьютеров...

Бывало нечто, о чем говорят: Смотри, вот это ново, но это было уже в веках, бывших прежде нас.

«Экклезиаст», 1, 10

МЕЧТА БЭББИДЖА СБЫЛАСЬ...

В 1937 году американский физик Говард Гатуэй Айкен начал работать в Гарвардском университете над тезисами своей диссертации. Айкену было около сорока — возраст, не типичный для диссертанта. Нетипичным был и его путь в науку.

Закончив военно-техническую школу в Индианополисе, Айкен поступил в Висконсинский университет, где в 1923 году получил степень бакалавра в области электротехники. Но еще в 1919 году, будучи студентом, Айкен начал служить в Мэдисонской газовой компании, специализируясь на разработке и исследовании генераторов сильных токов. Добившись некоторых успехов, он в 1928 году перешел в фирму «Вестингауз». Но молодого инженера тянуло к «основам науки» — математике и физике, и в 1931 году он снова становится студентом, на этот раз Чикагского университета. В следующем году, окончательно порвав с Вестингаузом, он переходит в Гарвард, где завершает свое научное образование.

Теоретическая часть диссертации Айкена содержала решение так называемых нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Чтобы сократить вычислительную работу, Айкен начал придумывать несложные машины для автоматического решения частных задач, например для вычисления полиномов. В конце концов он пришел к идее автоматической универсальной вычислительной машины, способной решать широкий круг научно-технических задач.

Фирма IBM, согласившаяся финансировать создание машины, выделила в распоряжение Айкена четырех инженеров. Работа продолжалась около пяти лет, и в августе 1944 года была закончена и передана Гарвардскому университету «Вычислительная машина с автоматическим управлением последовательностью операций» (АСКК), известная под названием «Марк I».

Замечательно, что ее автором был человек, широтой своих интересов — инженер, математик, физик, — напоминавший Чарлза Бэббиджа. С идеями великого англичанина Айкен познакомился случайно, спустя три года после начала работы над «Марк I». Пораженный предвидением Бэббиджа, он писал «Живи Бэббидж на 75 лет позже, я остался бы безработным!»

В «Марк I» использовались механические элементы для представления чисел и электромеханические — для управления работой машины. Как и в аналитической машине, числа хранились в регистрах, состоящих из десятизубых счетных колес. Каждый регистр содержал 24 колеса, причём 23 из них использовались для представления числа, а одно — для представления его знака. Регистр имел механизм передачи десятков и поэтому использовался не только для хранения чисел; находящееся в одном регистре могло быть передано в другой регистр и добавлено к находящемуся там числу (или вычтено из него).

Эти операции выполнялись следующим образом. Через счетные колеса, образующие регистр, проходил непрерывно вращающийся вал, причем любое колесо с помощью электромеханических переключателей могло быть присоединено к этому валу на время, составляющее некоторую часть периода его оборота. К каждому колесу присоединялась щетка (считывающий контакт), которая при вращении колеса пробегала по неподвижному десятисегментному контакту. Это позволяло получить электрический эквивалент цифры, хранящейся в данном разряде регистра. Для выполнения операции суммирования устанавливались такие соединения между щетками первого регистра и механизмом переключения второго регистра, что колеса последнего связывались с валом на часть периода оборота, пропорциональную цифрам, находящимся в соответствующих разрядах первого регистра. Все переключатели автоматически выключались в конце фазы сложения, занимавшей не более

половины периода оборота. Таким образом, механизм суммирования, по существу, не отличался от сумматоров холлеритовских табуляторов. Регистры были снабжены системой сквозного переноса, аналогичной предлагавшейся Бэббиджем.

Всего в «Марк I» было 72 регистра и, кроме того, дополнительная память из 60 регистров, образованных механическими переключателями. В эту дополнительную память вручную вводились константы — числа, которые не изменялись в процессе вычислений*.

Умножение и деление производились в отдельном устройстве. Кроме того, машина имела встроенные релейные блоки для вычисления функций $\sin x$, 10^x и $\log x$. Скорость выполнения арифметических операций в среднем составляла: сложение и вычитание — 0,3 секунды, умножение — 5,7 секунды, деление — 15,3 секунды. Таким образом, «Марк I» был «эквивалентен» примерно 20 операторам, работающим с ручными счетными машинами.

Работой «Марк I» управляли команды, вводимые с помощью перфорированной ленты. Каждая команда кодировалась посредством пробивки отверстий в 24 колонках, идущих вдоль ленты, и считывалась с помощью контактных щеток. Совокупность электрических сигналов, полученных в результате «прощупывания» позиций данного ряда, определяла действие машины на данном шаге вычислений.

После завершения операции лента сдвигалась, и под контактные щетки попадал следующий ряд отверстий. В одной перфоленте Айкен объединил два типа бэббиджевских перфокарт — операционные карты и карты переменных.

Не останавливаясь на вопросах программирования для «Марк I», отметим лишь, что в первом варианте системы команд этой машины отсутствовала важная команда условного перехода, предложенная автором аналитической машины. Она была включена в систему команд «Марк I» позднее, возможно, вследствие знакомства Айкена с работами Чарлза Бэббиджа.

В качестве устройств вывода Айкен использовал пишущие машинки и перфораторы. «Марк I» содержал все

* Еще раз подчеркнем широту замыслов Бэббиджа. «Марк I» содержал 142 запоминающих регистра, а аналитическая машина — 1000.

основные блоки аналитической машины: устройства ввода и вывода, устройство управления, память («склад») и арифметическое устройство («мельница»).

«Мечта Бэббиджа сбылась!»

Вслед за пуском «Марк I» гарвардская группа, оформившаяся в вычислительную лабораторию университета во главе с все тем же Айкеном, начала работу над «Марк II». В этой машине для запоминания чисел, выполнения арифметических операций и операций управления должны были использоваться электромеханические реле. Законченная в 1947 году «Марк II» содержала около 13 000 таких реле и была, таким образом, чисто релейной вычислительной машиной.

Числа в «Марк II» представлялись в форме с плавающей запятой, то есть в виде $a \cdot 10^b$, где a содержит до 10 значащих цифр, а порядок b заключен в пределах $-15 \leq b \leq 15$.

Каждая десятичная цифра представлена в двоичной форме и хранится в группе из четырех реле.

В двоичной системе счисления используются две цифры — 0 и 1, и любое число поэтому представляется как последовательность нулей и единиц. Например, число 53 в двоичной системе выглядит как 110101. Широкое использование двоичной системы в вычислительной технике обусловлено существованием простых технических аналогов двоичной цифры — электромеханических реле и электронных триггеров, которые могут находиться в одном из двух устойчивых состояний. Тогда одному из них можно поставить в соответствие 0, а другому — 1. Нетрудно видеть, что для представления одной десятичной цифры потребуется 4 двоичных разряда (скажем, цифра 9 выглядит как 1001). В «Марк II» используется не чисто двоичное, а двоично-десятичное представление чисел, поэтому для представления десятиразрядной десятичной мантиисы требуется 4×10 двоичных разрядов (и реле соответственно). Еще 4 реле идут на представление показателя и 2 реле используются для хранения знака мантиисы и показателя. Таким образом, каждый из 100 регистров машины содержит 46 реле.

Для ввода чисел в регистр и вывода их (на эти операции уходит примерно 0,033 секунды) используется еще 16 реле. Короткие арифметические операции выполняются в сумматоре, который в отличие от «Марк I» отделен от памяти. Время выполнения операций сложения и вы-

читания занимает примерно 0,125 секунды. Умножение выполняется в отдельном устройстве и требует в среднем 0,25 секунды, а операция деления заменена операцией вычисления приближенных значений обратных величин. В машине предусмотрены специализированные устройства для вычисления функций 10^x , $\cos x$, $\sin x$, $\log x$. Так же как в «Марк I», для управления машиной используется перфолента, а вывод результатов осуществляется с помощью печатающих механизмов.

«ЧИСТО» РЕЛЕЙНЫЕ МАШИНЫ

Примерно в то же время было построено еще несколько электромеханических вычислительных машин.

В 1941 году немецкий инженер К. Цузе построил специализированную программно-управляемую релейную машину для решения задач строительной механики. В ней впервые использовалось двоично-десятичное представление чисел с плавающей запятой. Цузе построил еще несколько машин. Его универсальная машина Z-4, пущенная в марте 1945 года, использовалась для научных расчетов в Геттингенском университете.

В 1937 году работу над релейной машиной, способной выполнять арифметические операции над комплексными числами, начал сотрудник фирмы «Белл» математик Джордж Штибитц. Его машина «Модель I» была закончена в 1939 году. Впервые работа машины была продемонстрирована в октябре 1940 года на заседании Американского математического общества. Комплексные числа вводились в машину Джорджа Штибитца, находившуюся в Нью-Йорке, с помощью расположенного в зале заседания телетайпа; результаты вычислений передавались из Нью-Йорка по телеграфному каналу и воспроизводились печатающим устройством.

В машинах Штибитца использовалась двоично-пятеричная система представления чисел. Каждый десятичный разряд представляется здесь двумя цифрами; одна из них является цифрой пятеричной системы и принимает значения от 0 до 4, другая — цифровой двоичной системы. Таким образом, для представления любой десятичной цифры требуются 7 реле, хотя включаются в каждый момент времени только 2. Еще 2 реле используются для изображения знака. Двоично-пятеричная система

позволяет осуществлять простой аппаратный контроль правильности работы машины.

«Модель I» была специализированной вычислительной машиной и не имела устройства автоматического управления вычислениями. Это устройство появилось в «Модели II» — релейном интерполяторе, управляемом программной перфолентой. Машина имела объем памяти в 5 пятиразрядных десятичных чисел. Вслед за «Моделью II», законченной в 1943 году, были построены еще 2 небольшие релейные машины: «Модель III» и «Модель IV».

«Модель III», известная под названием «баллистической вычислительной машины», имела несколько больший объем памяти, содержала 1300 реле и заменяла 25—40 девушек, вычислявших с помощью настольных счетных машин баллистические таблицы.

«Модель IV» отличалась от своей предшественницы тем, что могла вычислять еще и значения тригонометрических функций.

Успех малых релейных машин привел к созданию в 1944—1946 годах универсальной вычислительной машины «Модель V». Машина содержала около 9000 реле и имела в своем составе все блоки, предусмотренные «классической» (бэббиджевской) структурой. Запоминающее устройство «Модели V» состояла из 44 восьмиразрядных регистров, в качестве устройств ввода использовались читающие (перфорационные) машины, а в качестве устройств вывода — перфораторы и телетайпы. Числа в машине представлялись в форме с плавающей запятой. Время выполнения арифметических операций «Модель V» характеризовалось следующими цифрами: сложения — 0,3 секунды, умножения — 1 секунда, деления — 2,2 секунды. Машина имела также специальные блоки, позволявшие вычислять функции $\sin x$, $\log x$, 10^x и др. «Модель V» по своим возможностям немногим отличалась от предыдущей, хотя была значительно проще и имела более гибкие программные средства.

РВМ-1 Н. И. БЕССОНОВА

Одной из наиболее совершенных чисто релейных вычислительных машин была машина РВМ-1, сконструированная и построенная под руководством советского инженера Н. И. Бессонова в середине 50-х годов (она

была полностью завершена в 1957 году; начало постройки относится к 1954 году).

Николай Иванович Бессонов (1906—1963) начинал свою инженерную деятельность как специалист по счетно-аналитическим машинам, отдельные элементы и принципы работы этих машин были использованы им в РВМ-1. Она работала в двоичной системе и с представлением числа в плавающей форме. Для мантиссы отводилось 27, а для порядка — 6 разрядов.

Благодаря применению каскадного принципа выполнения арифметических операций, изобретенного самим же Бессоновым, ему удалось заметно повысить быстродействие машины: она выполняла до 1250 умножений в минуту, то есть свыше 20 в секунду. Машина содержала 5500 реле. Целый ряд технических усовершенствований настолько улучшил ее надежность и эксплуатационные качества, что она работала до 1965 года, конкурируя с уже действовавшими электронными вычислительными машинами в тех задачах, где объем вычислений составлял $2 \cdot 10^5$ — $2 \cdot 10^6$ арифметических операций на задачу.

В машине широко использованы выборка функции по аргументу из статической памяти и специальные вспомогательные устройства и команды. Это позволило в несколько раз уменьшить число действий при вычислении элементарных функций, переводе чисел из десятичной системы в двоичную и обратную и т. п.

Особенно удобным оказалось использование РВМ-1 в задачах экономического характера, где требовалась обработка очень больших массивов информации (вводившихся с перфокарт) со сравнительно небольшим числом однообразных операций над каждым отдельным числом. Благодаря этому именно на РВМ-1 выполнялись в 1961—1962 годах расчеты цен по новой системе ценообразования.

Дальнейшие работы Н. И. Бессонова были направлены на использование изобретенных им усовершенствований в электронных вычислительных машинах. Здесь он достиг существенных результатов. К сожалению, преждевременная смерть помешала ему полностью осуществить задуманное.

Подводя итог, можно попытаться определить место релейных машин в истории вычислительной техники.

Релейные вычислительные машины имели невысокую скорость выполнения арифметических операций и невысокую надежность. Это объяснялось прежде всего низким быстродействием и малой надежностью электро-механических реле — основных счетных и запоминающих элементов машины; в структурном отношении, а также по способу автоматического управления последовательностью операций эти машины повторяли аналитическую машину Бэббиджа. Им был свойствен и тот же недостаток: отсутствие хранимой в памяти программы.

Тем не менее релейным машинам уготовлено весьма почетное место в истории как первым действовавшим автоматическим, программно-управляемым, универсальным вычислительным машинам.

Наши суммирующие машины никогда не допускают ошибок, подобно тому как наши ткацкие станки никогда не теряют ни единого стежка; машина проворна и энергична, в то время как человек легко утомляется; она имеет «ясную голову», в то время как человек туп и глуп; ей не нужен сон. Разве человек не может стать при таком положении своеобразным паразитом машины? Тлей, нежно щекочущей машину? На это можно ответить, что даже хотя машины никогда не будут так хорошо слышать и говорить так же мудро, как человек, они всегда будут делать то или иное для нашей, а не для собственной пользы; человек будет правящим духовным началом, а машина — слугой ..

С. БАТЛЕР (1835—1902)

ЕЩЕ РАЗ НАЧАЛО

Недолгий век релейных машин еще продолжался, но новое время уже стучалось в дверь: в середине 1943 года началась работа над созданием первой электронной вычислительной машины. Руководили этой работой американские ученые Моучли и Эккерт.

Джон В. Моучли родился в 1907 году. После окончания университета Джона Гопкинса и защиты докторской диссертации по физике он в начале 30-х годов становится сотрудником Института Карнеги, где занимается вопросами статистического анализа геофизических данных. Сталкиваясь в процессе работы с необходимостью большого количества вычислений, Моучли приходит к мысли о возможности создания вычислительного устройства, в котором для счета и запоминания использовались бы электронные лампы.

Электронная лампа — дитя XX столетия. Хотя эффект прохождения электрического тока через вакуум был открыт Эдисоном в 1883 году, первая электронная лампа — вакуумный диод — была построена Флеммингом лишь в 1904 году. Вскоре Ли де Форрест изобретает вакуумный триод — лампу с тремя электродами, затем появляется газонаполненная электронная лампа —

тиратрон, пятиэлектродная вакуумная лампа — пентод и т. д. До 30-х годов электронные вакуумные и газонаполненные лампы использовались главным образом в радиотехнике. Но в 1931 году англичанин Винни-Вильямс построил (для нужд экспериментальной физики) тиратронный счетчик электрических импульсов, открыв тем самым новую область применения электронных ламп. Электронный счетчик состоит из ряда триггеров. Триггер, изобретенный М. А. Бонч-Бруевичем (1918) и — независимо — американцами У. Икклзом и Ф. Джорданом (1919), содержит 2 лампы и в каждый момент может находиться в одном из двух устойчивых состояний; он представляет собой электронное реле. Подобно электромеханическому, оно может быть использовано для хранения одной двоичной цифры.

Несколько удачных моделей простых счетных устройств на газонаполненных лампах, которые Моучли самостоятельно построил в середине 30-х годов, подтвердили его предположение о целесообразности разработки «электронного вычислителя» *.

В 1941 году доктор Моучли переходит на преподавательскую работу в знаменитую Муровскую электротехническую школу Пенсильванского университета, в которой уже был накоплен опыт использования электронных ламп в вычислительных машинах. Правда, это были машины другого типа — аналоговые: под руководством известного инженера Ванневара Буша в Муровской школе был создан крупнейший в мире дифференциальный анализатор — специализированная аналоговая машина для решения дифференциальных уравнений.

Анализатор использовался в основном для составления и корректирования таблиц стрельбы и бомбометания — работа, которую Муровская школа выполняла по контракту с артиллерийским управлением армии США. К этой работе был привлечен ряд преподавателей школы, в том числе и Джон В. Моучли, который смог таким образом вернуться к своим старым идеям по автоматизации вычислений. Учитывая «тихоходность» и невысокую надежность анализатора, он предложил заменить его автоматической электронной цифровой вычислительной машиной.

* Помню Моучли, электронные устройства в 30-е годы строили П. Кроуфорд в США, Ямашита в Японии, Шрейдер в Германии.

В августе 1942 года Моучли подает соответствующую докладную записку, но она остается без ответа. Через год Герман Гольдстейн, бывший доцент математики Мичиганского университета, а в годы войны — офицер, осуществлявший связь между Муровской школой и артиллерийским управлением, узнав о существовании докладной записки, попросил Моучли восстановить ее содержание. Записка была не только восстановлена, но и дополнена техническими подробностями, касающимися использования электронных ламп в вычислительной технике. Автором дополнений был сотрудник Моучли магистр Д. Преспер Эккерт, выпускник Муровской школы, оставленный в ней в 1943 году преподавателем. Молодой ученый, кроме того, занимался разработкой измерительных приборов, в которых использовались электронные лампы.

Докладная записка Моучли — Эккерта была послана в июне 1943 года в Вашингтон, и вскоре артиллерийское управление заключило договор с Пенсильванским университетом на постройку «электронной машины для расчета баллистических таблиц». Руководителем работ был назначен Моучли, главным инженером — Эккерт, а техническим куратором от министерства обороны — капитан Герман Гольдстейн. 10 инженеров, 200 техников и большое число рабочих в течение двух с половиной лет трудились над созданием «Электронного цифрового интегратора и вычислителя» (Electronics Numerical Integrator and Computer, сокращенно ЭНИАК).

Предназначавшийся для военных целей ЭНИАК был закончен через 2 месяца после капитуляции Японии. Это было огромное сооружение, состоящее из 40 панелей, расположенных П-образно и содержащих 18 000 электронных ламп и 1500 реле. Машина потребляла около 150 кВт электроэнергии — мощность, достаточная для небольшого завода.

Использование электронных ламп вместо механических и электромеханических элементов позволило резко увеличить скорость выполнения машинных операций. ЭНИАК тратил на умножение всего 0,0028 секунды, а на сложение и того меньше — 0,0002 секунды. Основными схемами машины были так называемые ячейки «и», действовавшие как переключатели, ячейки «или», предназначенные для объединения на одном выходе импульсов, идущих от разных источников, и, наконец, триггеры.

В ЭНИАКе 10 триггеров соединялись в кольцо, образуя десятичный счетчик, который выполнял роль счетного колеса механической машины. 10 таких колец плюс 2 триггера для представления знака числа образуют запоминающий регистр. Всего в ЭНИАКе 20 таких регистров. Каждый регистр снабжен схемой передачи десятков и мог быть использован также для выполнения операций суммирования и вычитания. Другие арифметические операции выполнялись в специализированных блоках. Помимо памяти, на триггерных ячейках в машине имелся блок механических переключателей, на котором вручную могло быть установлено до 300 чисел.

Числа передавались из одной части машины в другую посредством групп из 11 проводников, по одному для каждого десятичного разряда и знака числа. Значение передаваемой цифры равнялось числу импульсов, прошедших по данному проводнику.

Работой отдельных блоков машины управлял задающий генератор, который определял последовательность тактовых или синхронизирующих импульсов, эти импульсы «открывали» и «закрывали» соответствующие электронные блоки машины.

Ввод чисел в машину производился с помощью перфокарт, а программное управление последовательностью выполнения операций осуществлялось, как в счетно-аналитических машинах, с помощью штеккеров и наборных полей. Хотя такой способ программирования и требовал много времени для подготовки машины, то есть для соединения на наборном поле (коммутационной доске) отдельных блоков машины, он позволял реализовать счетные «способности» ЭНИАКа и тем выгодно отличался от способа программной перфоленты, характерного для релейных машин.

ПРОЕКТ АТАНАСОВА, ИЛИ БЫЛО ЛИ НАЧАЛО НАЧАЛОМ?

Через 30 лет после начала работы над ЭНИАКом федеральный окружной суд в американском городе Миннеаполисе в ходе 135-дневных заседаний установил: «Эккерт и Моучли не изобрели первыми автоматическую электронную цифровую вычислительную машину, а извлекли сущность концепции из изобретения д-ра Джона Винсента Атанасова». Итак, начало началом не было!

Болгарин по происхождению, Атанасов стал американцем во втором поколении. Его дед участвовал в борьбе болгарского народа против турецкого ига и был убит в 1876 году, когда отцу Атанасова было всего 3 месяца. Через 10 лет мальчик был привезен в Америку дядей, торговцем знаменитым болгарским розовым маслом. Вскоре дядя умер, и отец Атанасова остался совершенно один в чужой стране. Каким-то чудом ему удалось не только выжить, но и закончить один из американских университетов, приобретя специальность инженера-электрика.

Джон Винсент Атанасов родился 4 октября 1903 года в Гамильтоне, штат Нью-Йорк. В 22 года он закончил Флоридский университет, а в 1930 году получил степень доктора философии по теоретической физике в Висконсинском университете. В том же году Атанасов получил должность доцента математики, а затем физики в колледже (позднее — университет) города Эймс, штат Айова.

Работу над проблемой автоматизации вычислений Атанасов начал в 1933 году. Он руководил в то время аспирантами, изучавшими вопросы теории упругости, квантовой физики и физики кристаллов. Математическим аппаратом почти всех задач, с которыми сталкивался Атанасов и его ученики, были дифференциальные уравнения в частных производных. Для их решения приходилось использовать приближенные методы, которые в свою очередь требовали решения больших систем алгебраических уравнений. И Атанасов начал размышлять над возможностью применения технических средств для ускорения вычислительного процесса.

Вначале он попытался использовать дифференциальный анализатор Ванневара Буша, но вскоре убедился, что этой аналоговой вычислительной машине не хватает точности. Затем он обратился к табулятору Холлерита, но обнаружил, что при решении больших систем уравнений скорость вычислений на счетно-аналитической машине, построенной из электромеханических элементов, явно недостаточна. И тогда Атанасов решил сконструировать вычислительную машину, основанную на совершенно новых принципах и использующую в качестве элементной базы электронные лампы. Позднее он вспоминал: «В одну очень холодную ночь поздней осени 1937 года я возвратился в свой университетский кабинет,

где работал над проблемой. Попытался настроиться на задачу, продумывая деталь за деталью, но ничего не выходило. Отчаявшись, я сел в автомобиль и промчался по автострате свыше 300 километров со скоростью 100 километров в час. Остановившись около какого-то бара или гостиницы, я вышел в морозную ночь и вскоре почувствовал себя абсолютно спокойным... я как бы ощутил весь свой опыт и все свои знания... Когда брезжил рассвет, я в значительной степени достиг существенно нового подхода к вычислительному процессу...»

Атанасову не удалось заинтересовать своим проектом фирмы, производившие счетные машины, так как в 30-е годы мало кто верил в возможность создания надежного вычислительного устройства на электронных лампах. Финансировать работу согласились экспериментальная агрономическая станция штата Айова и частная нью-йоркская «Рисеч корпорейшн». Осенью 1939 Атанасов приступил к постройке машины вместе со своим аспирантом Клиффордом Берри. Они намеревались изготовить специализированную ЭВМ, предназначенную для решения системы алгебраических уравнений с 30 неизвестными. Впоследствии Г. Гольдстейн писал: «Атанасов проявил глубокое понимание фундаментальной важности больших систем линейных уравнений. Мы с фон Нейманом выбрали этот же предмет для первой современной статьи по численному анализу, так как считали его основополагающим для всей вычислительной математики».

Исходные данные должны были вводиться в машину с помощью стандартных перфокарт в десятичной форме. Затем в самой машине осуществлялось преобразование десятичного кода в двоичный, в котором и проводились все вычисления. Каждое машинное слово состояло из 50 двоичных разрядов.

Атанасов вспоминал: «Я рассматривал возможность применения системы счисления с основанием, отличным от 10. Помню, я проделал некоторый расчет в связи с выбором оптимального основания системы для машинного счета. Результатом было иррациональное число $e = 2,71828...^*$. Конечно, такое основание невозможно, так как им должно быть целое число... Практические со-

* Аналогичный расчет можно найти сейчас во всех учебниках по вычислительной технике.

ображения принудили меня выбрать основание 2. Сначала мне казалось, что моя идея оригинальна, но впоследствии выяснилось, что один француз рекомендовал использовать систему счисления с основанием 2 в механических счетных машинах» *.

Основными арифметическими операциями в машине были сложение и вычитание, а умножение и деление выполнялись через них. Кроме того, была еще операция сдвига числа влево и вправо на один разряд, что при использовании двоичной системы счисления равносильно умножению и делению на 2. Эти операции реализовывались последовательно (поразрядно) с помощью 32 одноразрядных ламповых сумматоров.

Принципиально новым для счетной техники было использование емкостной регенеративной памяти. Запоминающее устройство представляло собой барабан, вращающийся со скоростью один оборот в секунду. На нем было смонтировано 1632 бумажных конденсатора, по 31 штуке на каждой из 32 дорожек. Конденсаторы располагались внутри барабана, на внешней поверхности которого находились медные контакты. При вращении барабана эти контакты коммутировались щетками. Значение двоичного разряда определялось полярностью заряда на конденсаторе, причем при обращении к памяти этот заряд менял знак. Если же обращения не происходило, то с каждым оборотом барабана заряд на конденсаторе регенерировался (с целью предотвращения утечки). В машине было 2 таких запоминающих устройства. Длительность операции сложения (вычитания)

* Автором этой рекомендации был инженер Р. Вальта (1931). Позднее Леон Куффиньял, известный впоследствии кибернетик, развил эту идею в своей докторской диссертации. Независимо от Атанасова и примерно в то же время (1934) использовать двоичную систему в релейных ЭВМ предложил немецкий инженер К. Цузе.

Применение двоичной системы в вычислительных устройствах обусловлено главным образом удобством реализации элементов с двумя устойчивыми состояниями и экономией оборудования. Первым обратился к этой системе Джон Непер, опираясь при этом не на чисто технические, а на арифметические ее преимущества. В приложении к «Рабдологии» он описывает счетную доску, с помощью которой выполняются операции умножения, деления, возведения в квадрат и извлечения квадратного корня в двоичной системе. Вычисления в двоичной системе Непер назвал «местной арифметикой» (*Arithmeticae localis*). По-видимому, это название обосновано тем, что каждому двоичному числу, точнее каждой степени двух, ставится в соответствие определенная клетка счетной доски — определенное место (*locus*).

двух пятидесятиразрядных двоичных чисел определялась временем вращения барабанов, то есть составляла одну секунду.

Атанасов и Берри довольно быстро продвигались к своей цели, и уже 15 января 1941 года газета «Де мойн трибюн» сообщала: «Д-р Джон Атанасов, профессор физики колледжа Айова, строит электрическую вычислительную машину, которая по принципу своей работы ближе человеческому мозгу, чем любая другая машина. По словам д-ра Атанасова, машина будет содержать более 300 вакуумных ламп и будет использована для решения сложных алгебраических уравнений. Для ее размещения потребуется примерно столько же площади, сколько для большого канцелярского стола. Машина целиком выполнена на электрических деталях и будет использована в научных исследованиях. Д-р Атанасов работает над машиной уже несколько лет и закончит работу примерно через год».

И действительно, весной 1942 года работа над машиной была в основном закончена; не было готово только периферийное оборудование на перфокартах. Однако в это время США уже находились в состоянии войны с нацистской Германией, и проблемы военного времени отодвинули на второй план работу над первой ЭВМ. Берри перешел в калифорнийскую корпорацию «Консолидейтед инжипринг», а Атанасов принял предложение работать в акустическом отделении военно-морской лаборатории в Вашингтоне. О проекте забыли, и в 1942 году машину демонтировали.

Но Атанасов нашел достойного продолжателя своего дела. Им был... Джон Моучли! Впервые встретившись с Атанасовым в декабре 1940 года во время конференции Американской ассоциации содействия научному прогрессу в Филадельфии, он проявил столь большой интерес к машине, что Атанасов пригласил его посетить Эймс и ознакомиться с уже созданными узлами. Моучли принял предложение и в 1941 году провел несколько дней в колледже Айовы. «Беседы Моучли с Атанасовым и Берри были свободными и открытыми, и никакая важная информация, касающаяся теории машины, ее проекта, конструкции, применения и работы, не была утаена», — отмечалось в решении миннеаполисского суда.

В письме от 30 сентября 1941 года Моучли спрашивал Атанасова: «Не будете ли Вы возражать, если я

займусь разработкой вычислительного устройства, содержащего некоторые особенности Вашей машины?.. Конечно, возможна и другая постановка вопроса: если Ваш проект нацелен на получение прав на некоторый круг изобретений, то я бы убедил школу Мура поддержать Вас, и мне был бы, таким образом, открыт путь для постройки «калькулятора Атанасова».

Получить патент на машину Атанасову не удалось, но это, видимо, не очень его беспокоило. К работе над ЭВМ он больше не возвращался. Проработав в военноморской лаборатории до 1952 года, он основал собственную фирму «Однэнс инжиниринг», которую в 1957-м продал «Аэроджет дженерал корпорейшн», заняв пост вице-президента последней. В 1963 году Атанасов вышел на пенсию; в том же году умер Берри, его коллега по работе над ЭВМ.

«Проект Атанасова» стал известен широкой публике лишь в конце 60-х годов в связи с судебным разбирательством иска фирмы «Сперри рэнд», приобретшей патентные права Моучли и Эккерта, к фирме «Ханиуэлл». Разбирательство, длившееся почти 7 лет (1), завершилось судом в Миннеаполисе.

В 1970 году Атанасов по приглашению Болгарской Академии наук посетил родину своих предков и решением Президиума Народного собрания был награжден орденом Кирилла и Мефодия I степени «За выдающийся вклад в создание электронных вычислительных машин».

Уточнение обстоятельств рождения первых электронных вычислительных машин отнюдь не умаляет заслуг Моучли и Эккерта. Атанасов одним из первых «нащупал» важные принципы организации автоматического электронного вычислителя (и, в частности, использование двоичной системы счисления) и был близок к созданию специализированной ЭВМ. Моучли же, заимствовав некоторые идеи Атанасова, смог вместе с Эккертом создать универсальную машину, широко применявшуюся в практических целях и наглядно продемонстрировавшую преимущества ЭВМ перед механическими и электромеханическими машинами.

Работа над ЭНИАКом проходила в обстановке чрезвычайной секретности. Не удивительно поэтому, что выдающийся американский математик Джон фон Нейман узнал о ней совершенно случайно. Будучи консультантом крупнейшей в США Абердинской баллистической лаборатории, он летом 1944 года встретил на железнодорожной станции Абердина своего старого знакомого Германа Гольдштейна. В разговоре тот упомянул о работах Моучли — Эккерта. «Когда Джонни увидел, к чему мы пришли, он двумя ногами прыгнул в электронные вычислительные машины», — вспоминал впоследствии Гольдштейн.

Джон фон Нейман родился 28 декабря 1903 года в Будапеште.

Получив диплом химика в Высшей технической школе Цюриха и степень доктора математики в Будапештском университете, Джон занимает в 1927 году должность приват-доцента Берлинского, а затем Гамбургского университетов. В 1930 году, когда политическая обстановка в Европе становится все напряженней, он вместе с матерью и братьями переезжает в США, в Принстон, где в 1931 году назначается профессором местного университета. С 1933 года Джон фон Нейман работает научным сотрудником знаменитого Института перспективных исследований в Принстоне.

Круг научных интересов фон Неймана был необычайно широк. Один из его коллег так шутливо объяснял причину необычайной одаренности ученого: «Видите ли, Джонни вовсе и не человек. Но он так долго жил среди людей, что научился прекрасно их имитировать».

К сожалению, «среди людей» Джон фон Нейман жил не так уж долго — он умер от рака 8 февраля 1957 года.

Вскоре после его смерти американский математик польского происхождения Станислав Улам, в течение четверти века сотрудничавший с фон Нейманом, опубликовал воспоминания о нем. Вот некоторые отрывки из них:

«Друзья Джонни вспоминают его в характерных для него положениях — стоящим около доски или обсуждающим научные проблемы в домашней обстановке. Его жесты, улыбка и выражение глаз всегда каким-то обра-

зом отражали его мысль или характер обсуждаемой проблемы. Он был среднего роста, худощавый в молодости, а затем быстро располневший, двигавшийся маленькими шажками, небыстро, но иногда со значительным и каким-то беспорядочным ускорением. Улыбка вспыхивала на его лице, как только в задаче проявлялись черты логического или математического парадокса...

...Его разговоры по научным вопросам с друзьями могли длиться часами. Здесь никогда не было нехватки в темах, даже если кто-то отклонялся от математических проблем. У Джонни был живой интерес к людям, он наслаждался болтовней. Часто казалось, что он собирал в своей памяти коллекцию человеческих характеров, как будто намеревался провести статистическое исследование... Будучи в среде ученых-коллег, он делал блистательные, часто иронические замечания по поводу исторических и социальных явлений, облакал их в математическую формулировку...

...Я бы сказал, что после науки его больше всего интересовало изучение истории. Его знание древней истории было неправдоподобно детальным...

...Кроме всего прочего, Джонни был превосходным знатоком языков. Он замечательно помнил школьную латынь и греческий. Кроме английского, он бегло говорил по-немецки и французски... немного хуже знал испанский...»

Джон фон Нейман часто бывал в Лос-Аламосе, где создавалась атомная бомба, непосредственно участвовал во многих расчетах и давал большое число консультаций, сотрудничая с Э. Ферми и многими другими физиками-экспериментаторами. Вот что пишет об этом ученик и сотрудник Ферми Эмилио Сегре в книге «Энрико Ферми — физик»:

«Ферми был чем-то вроде оракула, к которому любой физик мог обратиться за помощью... Мне помнится, как с фон Нейманом они обсуждали гидродинамические задачи. (Это было чем-то вроде соревнования у доски в кабинете Ферми — кто первый решит поставленную задачу; первым обычно оказывался фон Нейман, который умел фантастически быстро считать..)»

Другим оракулом лаборатории был фон Нейман. Однажды один известный физик-экспериментатор и я целый день безуспешно ломали голову над задачей, для

решения которой нужно было взять некий интеграл. Поставивший нас в тупик интеграл был написан на доске, когда через приоткрытую дверь нашей комнаты мы увидели идущего по коридору фон Неймана. «Не можете ли вы помочь нам с этим интегралом?» — спросили мы у него. Фон Нейман подошел к двери, глянул на доску и продиктовал ответ. Мы совершенно ошелотились, не понимая, как это ему удалось сделать...

Оба оракула относились друг к другу с дружбой и восхищением, и общий интерес к компьютерам укреплял эту дружбу».

Естественно, что фон Нейман легко мог оценить огромное практическое значение быстродействующих вычислительных машин и включился в работу над ними.

Он присоединился к группе Моучли — Эккерта тогда, когда конструкция ЭНИАКа была выбрана. Однако, как у Бэббиджа в процессе работы над разностной машиной возникла идея аналитической, так и в муровской группе до завершения ЭНИАКа родилась идея принципиально новой ЭВМ!

Трудно назвать автора этой идеи. По-видимому, она возникла в результате дискуссий трех главных идеологов нового направления — Д. фон Неймана, Г. Гольдстайна и А. Беркса — впоследствии декана факультета вычислительной техники Мичиганского университета. Эти ученые изложили основные принципы построения вычислительных машин нового типа в ставшей теперь классической статье: «Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства» (1946). Главные положения этой статьи — обоснование использования двоичной системы для представления чисел и принцип «хранимой программы».

Двоичную систему использовали и создатели релейных машин, но это была не «чистая» двоичная система, а двоично-десятичная или двоично-пятеричная; выполнение же арифметических операций происходило, по существу, в традиционной десятичной системе.

Авторы «Предварительного рассмотрения...» сумели отказаться от традиции — они убедительно продемонстрировали преимущества чисто двоичной системы при выполнении машиной арифметических и логических операций.

Один из наиболее ощутимых недостатков релейных машин и ЭНИАКа заключался в способах программного

управления ходом вычислений. ЭНИАК, например, несколько дней готовили к работе, осуществляя необходимые соединения на коммутационной доске, а собственно решение задачи длилось всего несколько минут.

Для устранения этого недостатка фон Нейман и его коллеги предложили «принцип хранимой программы», в соответствии с которым программа, как и исходные числовые данные, вводилась и хранилась в памяти машины. Из памяти отдельные команды извлекались в устройство управления, где их содержание декодировалось (расшифровывалось) и использовалось для передачи чисел из памяти в арифметическое устройство, выполнения операций над ними и отсылки результата обратно в память. Команды предварительно вводились в последовательные регистры памяти и выполнялись в порядке очередности до тех пор, пока не встречалась команда перехода (условного или безусловного), направлявшая ход вычислительного процесса по одному из нескольких возможных путей. Такой подход позволял интерпретировать команды как числа и, следовательно, давал возможность осуществлять арифметические и логические операции над ними, автоматически (без вмешательства программиста) изменять и модифицировать их в процессе решения задачи.

Наряду с обоснованием использования двоичной системы и «принципа хранимой программы» статья содержала ряд важных рекомендаций по конструированию машин и методике программирования.

Основываясь на «Предварительном рассмотрении...», муровская группа начала в 1945 году работу над «Электронной вычислительной машиной с дискретными переменными», сокращенно ЭДВАК. Однако вскоре группа распалась: фон Нейман и Гольдстейн уехали в Принстон, Беркс — в Мичиган, а Моучли и Эккерт организовали собственную компанию по производству ЭВМ. Поэтому ЭДВАК был закончен лишь в 1950 году — на год позже, чем английская машина ЭДСАК, которая оказалась, таким образом, первой в мире вычислительной машиной с хранимой программой. Эта машина была построена под руководством профессора М. Уилкса в Кембриджском университете — *Alma mater* Чарлза Бэббиджа! Она имела запоминающее устройство на ртутных линиях задержки емкостью в 512 чисел по 34 двоичных разряда в каждом. Числа представля-

лись в памяти последовательностью непрерывно циркулирующих импульсов, что обуславливало последовательный характер выполнения машинных операций. Сложение занимало у ЭДСАКа 0,07 миллисекунды, умножение — 8,5 миллисекунды (1 миллисекунда = 10^{-3} секунды), ввод данных в машину производился с помощью перфокарты, вывод — с помощью пишущей машинки.

Вслед за ЭДСАК и ЭДВАК в первой половине 50-х годов появляется множество других ламповых машин, «хороших и разных».

В США Гарвардская вычислительная лаборатория в марте 1950 года закончила работу над ЭВМ «Марк III». Главной особенностью машины было наличие магнитных барабанов и лент в качестве памяти и устройство ввода*. В «Марк III» использовался принцип «хранимой программы».

Новоявленная фирма «Эккерт—Моучли компьютер корпорейшн», которая, впрочем, была вскоре проглочена другой, более мощной, начала свою деятельность с создания БИНАКа. Это машина наряду с ЭДВАКом была одной из первых американских машин, работавших в двоичной системе счисления. Затем была построена ЮНИВАК (1951) — машина последовательного действия, с «хранимой программой», с магнитной лентой в качестве устройства ввода и ртутными линиями задержки в качестве памяти. ЮНИВАК был первой машиной, способной обрабатывать как чисто числовую, так и алфавитную информацию. Кроме того, это была первая ЭВМ, созданная не по специальному заказу, а для свободной продажи.

В начале 50-х годов к работам над вычислительными машинами приступило Национальное бюро стандартов США. Результатом этих работ явились машины СЕАК, ДИСЕАК, а затем СВАК. Особенность их заключалась в том, что они имели динамические переключаемые элементы.

Пожалуй, наибольшее влияние на развитие вычислительной техники 50-х годов оказала деятельность принстонской группы. Перейдя в Институт перспективных исследований, Джон фон Нейман не утратил интереса к

* Впрочем, здесь Г. Айкен должен, вероятно, уступить пальму первенства англичанам Кэт и Эндрю Бут, использовавшим магнитный барабан в небольшой электронной машине Лондонского университета (1947).

ЭВМ. Под его руководством фирма «Рэнд корпорейшн» построила машину ИАС, в которой в качестве памяти использовалась электронно-лучевая трубка (трубка Вильямса), допускавшая очень быструю запись и считывание двоичной информации. Это, в свою очередь, позволило применить в машине параллельное арифметическое устройство; фон Нейман и Гольдстейн разработали целесообразные приемы программирования для ИАС, в частности предложили использовать блок-схемы программ. Вслед за ИАСом появились другие машины «принстонского типа», в частности ДЖОНИАК, названная в честь фон Неймана, и, наконец, «Вихрь» — наиболее быстродействующая ЭВМ середины 50-х годов. Эта машина выполняла в секунду около 330 тысяч сложений и 60 тысяч умножений. «Вихрь» замечателен еще и тем, что в нем, по предложению Дж. Форрестера, было впервые успешно опробовано (1952) магнитное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках, которое получило впоследствии повсеместное применение в качестве быстродействующего оперативного запоминающего устройства.

ЭЛЕКТРОННЫЙ МОЗГ

Английские инженеры шли вровень со своими американскими коллегами, даже кое в чем и их опережая. Так, электронно-лучевая трубка, в которой двоичная информация запоминалась в виде электростатического заряда на поверхности экрана, была предложена сотрудником Манчестерского университета Уильямсом. Кроме того, в манчестерской ЭВМ, получившей название «MADAM», был впервые применен так называемый индексный регистр, облегчавший преобразование команд в процессе решения задач и ставший обязательным элементом последующих вычислительных машин.

Одним из руководителей проекта «MADAM» был выдающийся английский математик Тьюринг, ранее активно участвовавший в создании машины АКЕ (1950) Национальной физической лаборатории.

Алан Матисон Тьюринг родился 23 июня 1912 года в Лондоне.

В 6 лет он самостоятельно научился читать, писать и считать, в 11 — ставил вполне грамотные химические опыты, пытаясь извлечь йод из водорослей; 15-летним

подростком с карандашом в руках изучал теорию относительности Эйнштейна. «Я думаю, он будет математиком,— писал его школьный учитель.— Такие ученики, как он, встречаются один раз в 200 лет». Алан действительно поступил на математический факультет одного из колледжей Кембриджского университета и вскоре после его окончания, в 1937 году, опубликовал статью «О вычислимых числах», принесшую ему мировую известность.

Доктор Робин Ганди вспоминал: «В течение первых лет своей научной деятельности, он (Тьюринг) занимался рядом вопросов, включавших теорию чисел и квантовую механику, и начал строить машину для вычисления Римановой дзета-функции. Интерес к вычислениям привел его к мысли о целесообразности рассмотрения вопроса — какого рода процессы могут быть выполнены машиной: он описал «универсальную» машину, которая, будучи снабжена соответствующими правилами поведения, может имитировать поведение любой другой машины: он, таким образом, оказался в состоянии дать точное определение «вычислимости» и показать, что есть математические задачи, решение которых «не вычислимо» в этом смысле. Статья, содержащая эти результаты, представляет собой типичный тьюринговский метод: начав с основных принципов и используя конкретные примеры, он развивает абстрактную теорию, имеющую характер всеобщности».

Конечно, общепринятый в наше время термин математической логики «машина Тьюринга», в известном смысле синоним понятия алгоритма,— всего лишь абстрактное понятие. Однако сам факт существования этого термина, такой «всеобщей машины», по словам американского ученого М. Дэвиса, «укрепил уверенность тех, кто работает над созданием цифровых машин, что можно сконструировать... универсальную... машину, для которой может быть запрограммирована.. любая задача, которая могла бы быть запрограммирована для любой мыслимой, но вполне определенной цифровой вычислительной машины».

После занятий математической логикой в аспирантуре Принстонского университета Алан Тьюринг защитил в 1938 году докторскую диссертацию и, отказавшись остаться ассистентом Джона фон Неймана, возвратился в Англию, где стал преподавателем кембриджского Кинг-

колледжа. В памяти близко знавших его людей, Тьюринг остался добрым, чудаковатым человеком, любимцем детей, с которыми он, будучи холостяком, мог возиться часами. Профессор Дж. Джефферсон вспоминал: «Я помню, как пришел ко мне он домой поздним вечером поговорить с профессором Дж. З. Юнгом и со мной. . Я тревожился о нем, так как он был голоден и приехал на своем велосипеде в сильный дождь без фуражки или шляпы. После полуночи он отправился домой, хотя до него было миль пять или около того, и лил все тот же зимний дождь. Физические неудобства заботили его столь мало, что он никак не мог понять, почему мы обеспокоены его состоянием, и отвергал всякую помощь. Казалось, что он жил в другом и слегка отличном от нашего, человеческого, мире...»

Во время войны Тьюринг работал в Британском департаменте связи, выполняя ряд расчетных и теоретических работ военного характера.

Начиная с 1946 года, Тьюринг занимается вопросами построения практических вычислительных машин, не оставляя в стороне и теоретических вопросов науки. Он проводит параллель между работой мозга и действиями вычислительной машины и пишет знаменитую статью «Может ли машина мыслить?», которая вызвала бурные дискуссии*.

8 июня 1954 года Алан Тьюринг был найден мертвым в постели. Врачи установили самоубийство — отравление цианистым калием. Многие друзья ученого, как и его мать, не поверили судебно-медицинскому вердикту, считая, что эта смерть — следствие несчастного случая: «Как может столь энергичный ум быть остановленным смертью?»

ПЕРВЫЕ СОВЕТСКИЕ ЭВМ

В начале 50-х годов появились первые советские электронные вычислительные машины, созданием которых руководили главным образом специалисты в области электротехники и радиоэлектроники. В первую очередь здесь следует назвать малую электронную вычислительную машину МЭСМ, построенную в Киеве под руководством Сергея Алексеевича Лебедева (1902—1974),

* Русский перевод вышел в 1960 году отдельной брошюрой

тогда действительного члена Академии наук Украины. Переехав в Москву, Сергей Алексеевич организовал и возглавил Институт точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР. Здесь же под его руководством была в 1952 году завершена работа над «Быстродействующей Электронной Счетной Машиной Академии наук СССР», коротко БЭСМ. Машина БЭСМ пользовалась наибольшей известностью по сравнению с другими первыми советскими вычислительными машинами. Она имела память в 2048 ячеек и к моменту ввода в эксплуатацию была самой быстродействующей машиной в мире, обладая скоростью 8 тысяч операций в секунду.

В 1953 году Сергей Алексеевич Лебедев был избран академиком. Руководимый им институт разработал целый ряд новых моделей вычислительных машин. Отметим наиболее мощную из советских ламповых вычислительных машин — машину М-20 с весьма удачной системой команд и скоростью около 20 тысяч арифметических операций в секунду (в среднем) и самую мощную из машин второго поколения БЭСМ-6, о которой мы еще упомянем в дальнейшем.

Примерно в одно время с машиной БЭСМ была завершена работа над вычислительной машиной средней мощности М-2, работа над которой начиналась в лаборатории Энергетического института им. Г. М. Кржижановского АН СССР. Созданием этой машины руководили член-корреспондент АН СССР И. С. Брук и М. А. Карцев. Первоначально машина М-2 имела память на электронно-лучевой трубке, которая вскоре была заменена, так что М-2 оказалась первой из советских машин с памятью на ферритовых сердечниках.

Через год после завершения БЭСМ и М-2, в 1953 году, была построена еще одна советская электронная вычислительная машина — «Стрела», главным конструктором которой был Герой Социалистического Труда Ю. Я. Базилевский. В отличие от БЭСМ и М-2 «Стрела» была построена уже в нескольких экземплярах.

В 1954 году под руководством инженера (позже — доктор технических наук) Башира Искандеровича Рамеева была завершена работа над машиной «Урал», которая уже выпускалась серийно.

Машина «Урал-1» — небольшая и медленная машина с оперативной памятью на магнитном барабане; она

вскоре была заменена более мощной «Урал-2» с памятью на ферритовых сердечниках. Затем семейство «Уралов» пополнилось моделями «Урал-3» и «Урал-4» и, наконец, более мощными полупроводниковыми машинами второго поколения «Урал-14» и «Урал-16».

В середине 50-х годов работы над созданием электронных вычислительных машин в Советском Союзе развернулись широким фронтом. Кроме упоминавшихся уже нами центров разработки ЭВМ, были организованы новые институты в Киеве, Минске, Ереване и других городах. В Киеве работы над ЭВМ сосредоточились в созданном в 1957 году Институте кибернетики, который возглавил 34-летний доктор физико-математических наук Виктор Михайлович Глушков, ныне академик, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий. Первая машина молодого института, получившая название «Киев», была закончена в начале 60-х годов. Затем последовал ряд новых разработок, среди которых наибольшее признание получили ЭВМ «Проминь» и «МИР» (машина инженерных расчетов). Они предназначены для широкого использования в КБ и лабораториях, где требуется выполнение технических расчетов методами вычислительной математики. Для ЭВМ «МИР», создание которой было отмечено Государственной премией, учеными Института кибернетики был разработан специальный язык программирования, позволяющий оператору «общаться» с машиной.

В Минске под руководством В. Пржиялковского был создан класс машин, названных именем столицы БССР. «Минск-1» и «Минск-2» были ламповыми ЭВМ, в «Минск-22» и «Минск-32» была применена полупроводниковая электроника. Кроме того, «Минск-32» (по сравнению с другими советскими ЭВМ того же класса) имеет большую память, что позволяет широко использовать ее для решения экономических и информационно-логических задач, в автоматизированных системах управления и т. д. Серийный выпуск белорусских ЭВМ организован на одном из лучших советских «компьютерных» заводов — Минском заводе ЭВМ им. С. Орджоникидзе.

В Ереванском институте математических машин создано два семейства ЭВМ — «Раздан» и «Наири». Машины последнего типа пользуются особой популярностью и применяются для инженерных расчетов, обработ-

ки экспериментальных данных и для управления сложными физическими экспериментами.

Наряду со специализированными институтами активное участие в разработке теоретических и практических принципов построения ЭВМ приняли учебные институты — МГУ, МВТУ, МЭИ, МИФИ и др. Например, в МГУ была создана машина «Сетунь» — единственная в мире ЭВМ, в которой используется троичная система счисления, наиболее экономичная с точки зрения использования аппаратурных средств.

Сейчас в Советском Союзе выпускается большое количество вычислительных машин, принадлежащих уже к третьему поколению, с использованием интегральных схем. Подробнее об этом речь будет идти дальше.

Вслед за США, Англией и СССР началась разработка «национальных машин» в других странах — Голландии, Австралии, Польше, Чехословакии, Швеции и т. д.

ПОКОЛЕНИЯ. ПОКОЛЕНИЯ...

В вычислительной технике существует своеобразная периодизация развития электронных вычислительных машин, в основу которой положен физико-технологический принцип. В соответствии с этим принципом машину относят к тому или иному поколению в зависимости от типа основных используемых в ней физических элементов или от технологии их изготовления. Из сказанного видно, что правильнее говорить не о периодизации, а о классификации: границы поколений в смысле времени сильно «размыты», так как в одно и то же время фактически выпускались машины различных типов; для отдельной же машины вопрос о ее принадлежности к тому или иному поколению решается достаточно просто.

Первое поколение охватывает все первые вычислительные машины, использовавшие ламповые триггеры и прочие ламповые элементы. Развитие машин первого поколения завершилось в основном к середине 50-х годов. Выпускались они, разумеется, значительно дольше и эксплуатировались до самого последнего времени.

Характерными чертами машин первого поколения можно считать не только использование электронных ламп в триггерах и вспомогательных усилительных схе-

мах, но и некоторые другие особенности, которые частично сохранились и в последующих поколениях: параллельное арифметическое устройство; разделение памяти машины на быстродействующую оперативную ограниченного объема, выполненную на электронно-лучевой трубке или (позже) на ферритовых сердечниках, и медленную внешнюю очень большого объема, использовавшую магнитные барабаны и ленты; полупроводниковые диоды и магнитные сердечники в логических элементах машины; перфолента и перфокарта как внешний носитель информации при вводе и выводе данных. Типичное (среднее) быстродействие машин первого поколения измерялось десятками тысяч арифметических операций в секунду.

Начиная с середины 50-х годов на смену ламповым машинам пришли транзисторные машины второго поколения, в которых основными элементами были полупроводниковые триоды — транзисторы.

1 июля 1948 года на одной из страниц «Нью-Йорк таймс», посвященной радио и телевидению, было помещено скромное сообщение о том, что фирма «Белл телефон лабораториз» разработала электронный прибор, способный заменить электронную лампу. Физик-теоретик Джон Бардин и ведущий экспериментатор фирмы Уолтер Браттэйн создали первый действующий транзистор. Это был точечноконтактный прибор, в котором два металлических «усика» контактировали с бруском из полукристаллического германия.

Созданию транзистора предшествовала упорная, почти 10-летняя работа, которую в 1938 или 1939 году начал физик-теоретик Уильям Шокли. Впрочем, если быть точнее, история транзистора началась гораздо раньше. Еще в 1906 году француз Пикар предложил кристаллический детектор, затем в 1922 году советский радиофизик О. В. Лосев показал возможность усиления и генерирования колебаний с помощью таких детекторов. Спустя три года профессор Лейпцигского университета Юлиус Лилиенфельд попытался создать усиленный полупроводниковый прибор. Однако эти эксперименты были забыты. О них вспомнили лишь после того, как транзистор завоевал всемирное признание. Произошло это, кстати, довольно быстро: после нескольких лет поисков технологии изготовления полупроводниковых приборов и изобретения новых конструкций (в част-

ности, плоскостного транзистора, запатентованного У. Шокли в 1951) целый ряд американских фирм приступил к серийному выпуску транзисторов, которые на первых порах использовались в основном в аппаратуре радио и связи. Примерно в 1956 году появляются первые транзисторные ЭВМ.

Транзисторные машины обладали значительно более высокой надежностью, чем их ламповые «родители», меньшим потреблением энергии, более высоким быстродействием, которое достигалось не только за счет повышения скорости переключения счетных и запоминающих элементов, но и за счет изменений в структуре машин. Для наиболее мощных машин второго поколения, таких, как «Стретч» (США), «Атлас» (Англия), БЭСМ-6 (СССР), характерен высокий параллелизм в работе отдельных блоков, начиная от «перекрытия» времени выполнения отдельных команд и кончая параллельным выполнением двух или более последовательных команд из одной программы или из разных программ, что позволило достичь быстродействия в миллион операций в секунду!

Дальнейшее увеличение быстродействия ЭВМ тормозилось конструктивным выполнением электронных схем машин, которые собирались из отдельных элементов — резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов. Препятствием увеличению скорости работы вычислительной машины служит недостаточная скорость распространения электромагнитных сигналов, сравнимая со скоростью света. Как известно, скорость света составляет $3 \cdot 10^{10}$ см/с. Если переключательный элемент будет работать со скоростью 10^9 переключений в секунду, то за время переключения сигнала успеет пройти около 30 сантиметров, тогда как расстояние между элементами может оказаться в 2—3 раза большим. Весь выигрыш в скорости переключения окажется «съеденным» временем передачи сигнала.

Дальнейшая миниатюризация конструктивных элементов затрудняется необходимостью работы с каждым в отдельности: например, к каждому транзистору нужно припаять три вывода. Выходом из этих затруднений явилась интегральная технология, позволившая объединить в одном электронном приборе несколько ячеек «и», «или» или триггеров. Такие малые интегральные схемы (МИС) явились отличительным признаком машин тре-

тьего поколения, временем возникновения которых можно считать годы от 1965 до 1970-го.

Развитие интегральной технологии привело к тому, что в начале 70-х годов научились изготавливать интегральные схемы, содержащие до 50 вентилях, несколько десятков триггеров и т. д. Каждая такая средняя интегральная схема может быть использована как отдельная операционная схема ЭВМ — регистр, счетчик, дешифратор и т. д. Применение средних интегральных схем характеризует четвертое поколение вычислительной техники, которое, вероятно, скоро достигнет расцвета.

Наряду с повышением скорости выполнения арифметических операций и увеличением «памяти» машин шло совершенствование устройств ввода-вывода данных. Разрабатывались принципиально новые средства, связанные с новыми применениями и ростом быстродействия ЭВМ. На смену устройств, основанных на использовании перфорационных карт, электрифицированных машинок и телетайпов, пришли бесконтактные клавиатуры, панели графического ввода, читающие автоматы, дисплей со световым карандашом, плазменные панели, растровые графические системы и т. д.

Конечно, развитие вычислительной техники идет не только по линии изменения элементарно-технологической базы. Возникновение и развитие машин второго и третьего поколений сопровождалось появлением новых идей по структуре вычислительных машин (или компьютеров — этот термин в последнее время приобретает все более широкое распространение), программированию, использованию и эксплуатации вычислительных систем и т. п. Но для того чтобы хотя бы кратко рассказать об этих идеях, потребовалась бы еще одна книга, не меньшего объема, чем эта *. Мы ограничимся поэтому лишь высказыванием крупного голландского специалиста в области программирования и численных методов Дийкстры: «Для появления джентльмена, по убеждению ан-

* Читатель, вероятно, заметил, что по мере приближения к нашему времени, книга все больше и больше «худела». Такое «исхудание» соответствовало целям авторов — мы не стремились рассказать об идеях современной вычислительной техники, а лишь подвести читателя к тому моменту в ее истории, когда эта техника вступила в свои права. Мы надеемся обратиться к этой теме в других своих книгах.

гличан, нужны три благородных поколения; очевидно, это справедливо и для вычислительных машин...»

Что же будет после того, как окончится век «машинджентльменов»?

Пятое поколение — это Большие Интегральные Схемы (БИС), целые вычислительные машины в кубике размером $30 \times 30 \times 30$ миллиметров, быстродействие, близкое к скорости света, компьютеры с искусственным интеллектом, электронный мозг, который...

Стоп! Здесь, наверное, самое время еще раз обратиться к художественной литературе, неоднократно выручавшей нас ранее. Вот что писал по сходному поводу Алексей Николаевич Толстой:

«Честность, стоящая за моим писательским креслом, останавливает разбежавшуюся руку: «Товарищ, здесь ты начинаешь врать, остановись — поживем, увидим. Поставь точку» («Ибикус, или Похождения Невзорова»).

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ, ЗАКЛЮЧАЮЩИЕ КНИГУ

Первая электронная вычислительная машина использовалась в 1945 году для баллистических расчетов, предсказаний погоды и некоторых научно-технических вычислений.

Спустя двадцать лет досужие сотрудники американского журнала «Компьютерс энд аутомейшн» насчитали уже свыше 600 областей применения ЭВМ.

А в июльском номере 1973 года этот же журнал опубликовал перечень 2500 «профессий» компьютеров, в том числе 1300, относящихся к деятельности коммерческих фирм и государственных органов, 900 — в области науки и техники, 200 — на производстве и 100 — в гуманитарных науках.

Удивительно?

Да, удивительно. Но и закономерно.

Удивительно потому, что даже самые смелые футурологи и самые дерзкие писатели-фантасты не смогли предугадать столь бурного развития вычислительной техники, столь неудержимого проникновения компьютеров во все сферы человеческой деятельности.

А закономерно потому, что когда в обществе возникает техническая потребность, то она, по выражению Ф. Энгельса, двигает науку вперед быстрее, чем дюжина университетов.

Потребность человеческого общества в вычислительных машинах — одна из характерных черт современной научно-технической революции.

30—40 тысяч лет назад человек научился добывать и поддерживать огонь, но лишь примерно в середине

XVIII столетия он смог использовать это умение для создания первых паровых машин. Промышленная революция конца XVIII — начала XIX века самым радикальным образом преобразовала производство. Руки и физическую силу человека постепенно заменили механизмы, машины, станки. Научное и промышленное применение электричества, разработка и использование приборов и средств автоматизации позволили уже в наш век не только механизировать, но и автоматизировать многие технологические процессы. По данным академика А. И. Берга, 99 процентов всей полезной работы, выполняемой на земле, осуществляется в настоящее время машинами и лишь один процент — механизированной рабочей силой.

Быстрое нарастание объема информации, связанное с бурным развитием науки, усложнением техники и технологии, ускорением темпов развития производства и общественной жизни, привело к такому же увеличению затрат нервной энергии и умственного труда. В ряде случаев (особенно в сфере управления производством, экономическими и социальными процессами) уже невозможно обходиться без совершенных технических средств, способных взять на себя часть интеллектуальной работы.

Смысл сегодняшней автоматизации и состоит в передаче автоматам значительной доли информационной деятельности человека: восприятие обстановки, понимание знаков, способность рассуждать, сопоставлять, оценивать, ставить цели, принимать решения и находить пути к их достижению.

Таким универсальным «информационным автоматом» и стала ЭВМ. Широкое применение компьютеров прямо или косвенно воздействует на все стороны жизни общества, причем чрезвычайно многообразные последствия этого воздействия можно разделить на две группы. К первой относятся процессы, возникающие из самой сущности науки и техники как средств активизации человеческой деятельности. Вторую образуют процессы, зависящие от социальных условий и, следовательно, различные для капиталистических стран и стран социализма.

Автоматизация в мире капитала — это средство усиления эксплуатации. Она выбрасывает из сферы труда рабочих и служащих, делая их так называемыми техно-

логическими безработными, обрекает массу людей на физическую и интеллектуальную деградацию. Главная цель капиталистического производства — извлечение прибыли, этой цели подчинены темпы и ритмы трудового процесса. Капиталиста не интересует, что происходит с человеком в системе «человек — машина», его интересует только одно: как, каким образом с помощью этой системы добиться интенсификации производства для получения сверхприбыли. Если человек в этой системе становится лишним звеном, тем хуже для него.

Так, в мире капитала «новые, до сих пор неизвестные источники богатства благодаря каким-то странным непонятым чарам превращаются в источники нищеты. Победы техники как бы куплены ценой моральной деградации. Кажется, что по мере того, как человечество подчиняет себе природу, человек становится рабом других людей, либо же рабом своей собственной подлости» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 12, с. 4).

Совершенно иначе обстоит дело в социалистическом обществе.

Здесь автоматизация как физического, так и умственного труда имеет своей целью облегчение его условий, создание такой ситуации, когда в максимальной степени проявляются творческие способности человека, устранение однообразных и утомительных операций и изменение тем самым характера самой производственной деятельности человека. При этом ЭВМ органически входит в основные технические средства создания материально-технической базы коммунизма.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Некоторые замечания, предваряющие книгу	4
Часть I. Первые шаги	
Время выкладывать камешки	6
«Это было началом начал»	6
От абака.. . . .	8
Пастушонок Герберт и папа Сильвестр II	10
Счет на линиях.. . . .	13
Судьба «дошаного счета»	15
Поэзия вычислений	18
Шотландец валлиец и англичане	18
«У поэтов есть такой обычай.»	21
Глубина солода	25
Как появился «бегунок»	27
Линейка становится сложнее	28
Часть II <i>Theatrum arithmeticum</i>	
«Арифметика — царица математики»	31
Два вечера у герцогини д'Эгийон	31
Кто изобрел колесо?	37
Кто же изобрел колесо?	41
«Новый и чрезвычайно полезный инструмент для сложения и вычитания...»	41
Еще одно увлечение господина Клода Перро	42
Машина мятежного профессора	47
Третья сторона медали	48
Первая отечественная	51
«Числительный снаряд» почетного гражданина города Белостока	53
«Подводя итоги...»	59
«О, этих клавиш строй блестящий...»	62
Счетный универсал	69
В поисках <i>lingua generalis</i>	70
Гражданин граф	76
«Гордость Вюртембурга и слава Германии»	81
Идея синьора Полени	85
Механик — это звучит гордо	88
История одной идеи	92
Достославный барон Непер	92
XVII столетие, Кирхер, Шотт и другие	98

Злоключения и машины сэра Сэмюэла	102
Новые действующие лица в старой истории	106

Часть III. Пионеры автоматизации вычисления

«Одиночество бегуна на длинные дистанции»	110
Счастливые годы	110
Разностная машина	113
Хроника «главного дела жизни» Бэббиджа	118
Аналитическая машина	135
Леди Лавлейс — первая программистка	140
«Вклад философа в человеческие знания»	146
Наброски к портрету Чарлза Бэббиджа эсквайра	156
Хроника продолжается	163
«Статистический инженер»	163
Наследник из департамента морского календаря	167

Часть IV. . и, наконец, компьютер

Недолгий век релейных машин	171
Мечта Бэббиджа сбылась	171
«Чисто» релейные машины	175
RBM-1 Н. И. Бессонова	176
...до компьютера!	179
Еще раз начало	179
Проект Атанасова, или Было ли начало началом?	182
От ЭНИАКа до ДЖОНИака	188
Электронный мозг	193
Первые советские ЭВМ	195
Поколения, поколения	198
Некоторые замечания, заключающие книгу	203

ГУТЕР Рафаил Самойлович (1920—1978), кандидат физико-математических наук, доцент, автор многих работ в области теоретической и прикладной математики, а также программирования

ПОЛУНОВ Юрий Леонович, кандидат технических наук, занимается вопросами вычислительной техники и автоматизации. Совместно с Гутером Р. С. им написаны книги: «Чарлз Бэббидж» (1973), «Джироламо Кардано» (1980), «Джон Непер» (1980), а также ряд статей и очерков по истории науки и техники в журналах «Квант», «Химия и жизнь», «Наука и жизнь».

Гутер Р. С., Полунув Ю. Л.

Г97 От абака до компьютера.— 2-е изд., испр. и доп.— М. : Знание, 1981.— 208 с. + 32 с. вкл. (Библиотека «Знание»).

60 к 100 000 экз

В наше время почти все знают слово «компьютер» и очень мало кто слышал слово «абак» — так в древности назывались примитивные инструменты, с помощью которых люди пытались облегчить вычисления, то есть хоть как то механизировать счетные операции. В книге написанной кандидатом физико-математических наук и кандидатом технических наук, специалистами по современной вычислительной технике, воссоздается история этой техники, приводятся краткие описания устройств и машин, подготовивших появление современных компьютеров.

Для широкого круга читателей

Г $\frac{30502-024}{073(02)-81}$ 26—81 2405000000

ББК 22.19
6Ф7

Рафаил Самойлович Гутер
Юрий Леонович Полунув

ОТ АБАКА ДО КОМПЬЮТЕРА

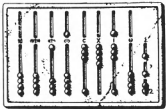
Главный отраслевой редактор В Демьянов. Редактор Н Ясиновский. Мл. редактор М Вержбицкая. Художник А. Сергеев. Худож. редактор Т Егорова. Техн. редактор Л. Солнцева. Корректор В Калинин

ИБ № 3007

Сдано в набор 19.09.80. Подписано к печати 08.04.81. А 04127. Формат бумаги 84×108^{1/32}. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л 10,92 + 1,68 вкл. Усл. кр.-отт 11,13 + 1,68 вкл. Уч.-изд. л 11,53 + 1,58 вкл. Тираж 100 000 экз. Заказ 2405. Цена 60 коп.

Издательство «Знание» 101835, ГСП Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 817715

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, 252057, Киев-57, Довженко, 3.



1



2



3



4

Рис. 1 Раздаточный ящик

Рис. 2 Гербарт из Ораньенс
(ок. 980—1000)

Рис. 3 Суаньянхэ в поробан

Рис. 4 Абакус Гербарта

Рис. 5 Одет на плетиво
(старинный гравюра)

Рис. 6 Последовательность
сплетения на облате

Рис. 7 Плетёнка Гюльсера

Рис. 8 Вязание Острые

5

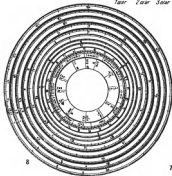


6



1-й 2-й 3-й

8



7



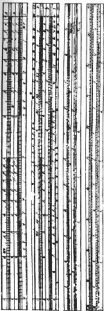


Fig. 9

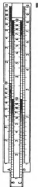
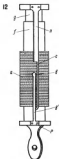


Fig. 10

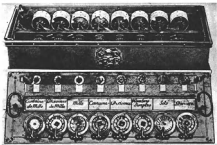
Fig. 11 Musical Notation

Fig. 12 Musical Notation

Fig. 13 Musical Notation



14



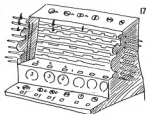
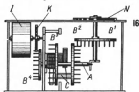
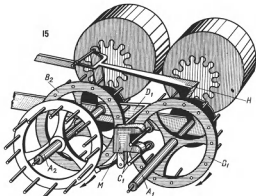


Рис. 12 Вычислитель
Фуллера

Рис. 13 Блез Паскаль
(1623–1662)

Рис. 14 Машина Паскаля

Рис. 15 Механизм передачи
десятков в машине
Паскаля

Рис. 16 Устройство одного
разряда в машине
Паскаля

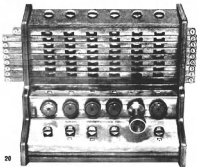
Рис. 17 Эскиз машины
Шенкара



图



图



20

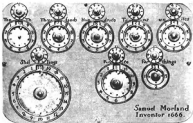
Рис. 18 Вильгельм Шенкельс
(1582—1636)

Рис. 19 Самуэль Морланд
(1625—1686)

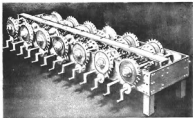
Рис. 20 Модель машины Шенкельса

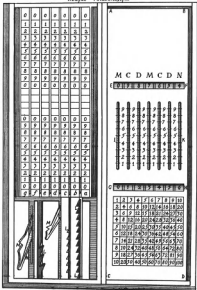
Рис. 21 Машина Морланд

Рис. 22 Модель счетного устройства
Леоначчо да Винчи



22







25



26

Рис. 24 Круги Пелло
(1813—1888)

Рис. 26 Варяжские украшения
младенца
Соловьиного

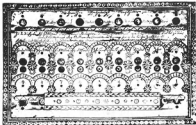
Рис. 25 Орнаментальный
модельер
Соловьиного

Рис. 27 Художник
Павел
(1715—1788)

27

24



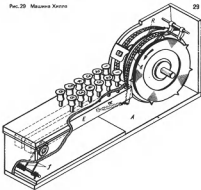


28

Рис. 28 Машина Леоффсона

Рис. 29 Машина Хелла

29





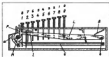
30

Рис. 30 Юлий Бурук
(1857-1898)

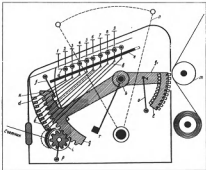
Рис. 31 Принцип действия
комптометра

Рис. 32 Принцип действия
машины Бурука

31



32



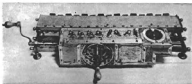
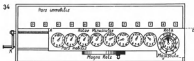
Ред. 32) Готфрид Вильгельм
Лейбниц
(1646—1716)

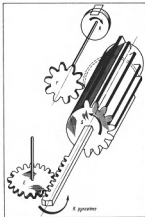


Рис. 24 Пространство для работы
наблюдателя. Методика

[illegible]

Fig. 3b Cryoprotected
Bovine Mammary
Epithelial

[illegible]



35

37



Рис. 38 Чарльз Стэнгоуп
(1753—1816)

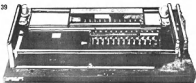
38

Рис. 39 Прямоугольный
крифметр
Стэнгоупа

Рис. 40 Круглый крифметр
Стэнгоупа



39



40

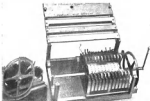




Рис. 41 Астрономический Гань

Рис. 42 Философ Матвей Ган
(1739—1790)



44

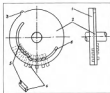
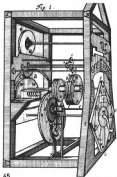


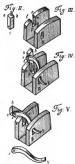
Рис. 43. Астрономический Математический

Рис. 44. Космический Оружие



45

Рис. 45 Общий вид и отдельные части гониометра Полени



46

Рис. 46 Якоб Полени (1674–1727)



Рис. 47 Верхняя крышка гониометра Полени

Рис. 48 Механизм передвижения доски гониометра Полени

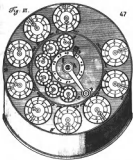
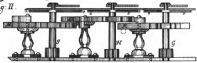
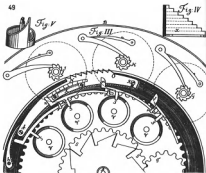


Fig. I.



Fig. II.





50

2	0	8	5	1
4	0	1 6	1 0	2
6	0	2 4	1 3	3
8	0	3 2	2 0	4
1 8	0	4 0	2 3	5
1 2	0	6 8	3 0	6
1 4	0	5 6	3 3	7
1 6	0	6 4	4 0	8
1 8	0	7 2	4 3	9





Рис. 49 Счетный механизм арифмометра Лейбница, пластина переменной высоты и спиральная плоскость



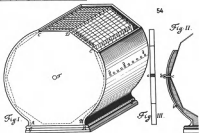
Рис. 50 Указание на планшетах Непера

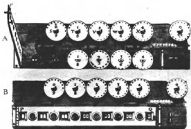
Рис. 51 Джон Непер (1550–1617)

Рис. 52 Математический орган

Рис. 53 Планшеты Жюльен – Лана

Рис. 54 Счетный прибор Лейбница



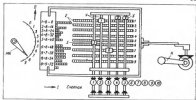


55

Рис. 55 Механическая машина Морзе

Рис. 56 Принцип действия машины Блэка

56



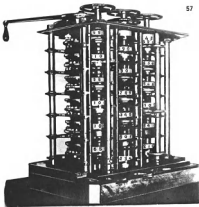


Рис. 58 Непосе Колдсворт
(1792–1871)

Рис. 59 Ада Амарья
Пансик
(1815–1852)

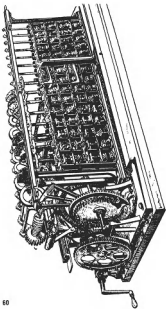
59



58



Рис. 60 Родосская
модель Шотландии



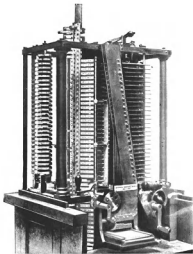


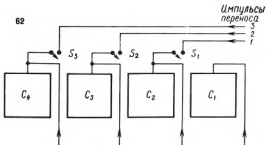
Рис. 61 Аналитическая
машинка Гоббса

62

Рис. 62 Схема
последовательного
переноса

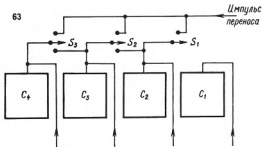
Рис. 63 Схема сквозного
переноса

62



Добавляемое число
 C_1, C_4 -счетные колеса S_1, S_3 -переключатели

63



Добавляемое число

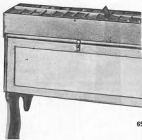


Рис. 95. Мать
содирательской
машины Коннерта

Рис. 96. Герман Коннерт
(1860–1929)



95



96

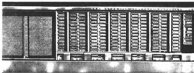
Рис. 67 Готфрид Айкен
(род. в 1880 г.)

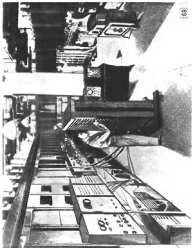


Рис. 68 "Матрица"

67

68





Post. 70 *Copied
American
Refugees
(1940-1974)*

Post. 71 "Master-32"



70

71

