

Лекция 2. История развития электроники и вычислительной техники

1.1. Доэлектронная эра

Во все времена людям нужно было считать. Сначала они считали на пальцах или делали насечки на костях, потом, около 4000 лет назад, были изобретены уже довольно сложные системы счисления, позволявшие проводить торговые сделки, рассчитывать астрономические циклы, выполнять другие вычисления. Попытки облегчить эти вычисления с помощью различных механизмов предпринимались нашими предками с древнейших времен.

Первым сейчас считается механическое устройство, поднятое в 1901 году с древнего судна, затонувшего недалеко от острова Антикитера (*греч. Αντικύθηρα*), обломки которого были обнаружены ныряльщиками на глубине 55 метров за год до этого.

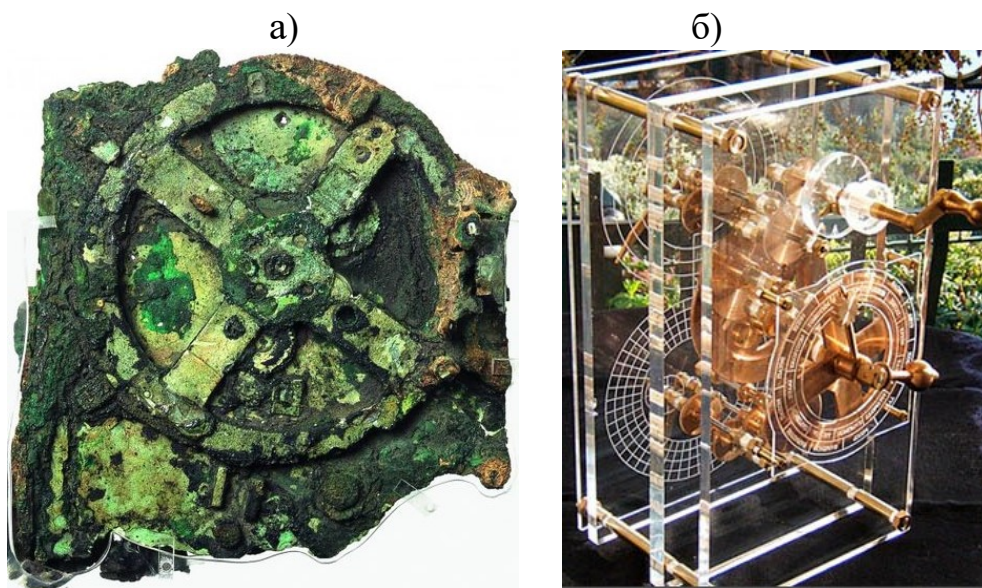


Рис.1.1. Антикитерский механизм, II – III век до н. э.
а) фрагмент находки, б) современная реконструкция.

Оно датируется примерно 100-м годом до н. э., хотя по последним данным, скорее всего, еще на век старше.

Механизм содержит 37 закреплённых в кусках известняка бронзовых шестерён. Все это помещено в деревянный корпус, на котором размещены циферблаты со стрелками, с помощью которых можно определить положение на небе в заданную дату Луны, Солнца, Марса, Венеры, Меркурия, Юпитера и Сатурна (всех известных тогда грекам планет), а также вычислять солнечное и лунное затмения.

До этого при арифметических вычислениях использовался *абáк* (др.-греч. ἄβαξ, ἄβάκιον, лат. abacus – доска, счётная доска), применявшаяся приблизительно с V века до н. э. в Древней Греции, Древнем Риме, Индии и в Китае. Эта доска была разделена линиями на полосы, счёт осуществлялся с помощью перемещения на полосах камней или других подобных предметов. Усовершенствование абака привело к изобретению счетов, сделанному более 1500 лет назад, по-видимому, в странах Средиземноморья. Это нехитрое устройство, состоящее из набора нанизанных на стержни костяшек, сохранилось до наших дней, а вплоть до XVII века счеты как вычислительный инструмент оставались практически вне конкуренции.



Рис.1.2. Простые счеты, XX век

Спустя столетия, в 1617 году, шотландский математик, астролог и богослов барон [Джон Непер](#), изобретатель логарифмов (1614 год), предложил устройство для не логарифмического умножения чисел, для получившее название «палочки Непера». Этот инструмент состоял из брусков с нанесенными на них цифрами от 0 до 9 и кратными им числами. Для умножения на какое-либо число бруски располагали рядом так, чтобы цифры на торцах составляли это число. Ответ можно было увидеть на лицевых сторонах брусков.

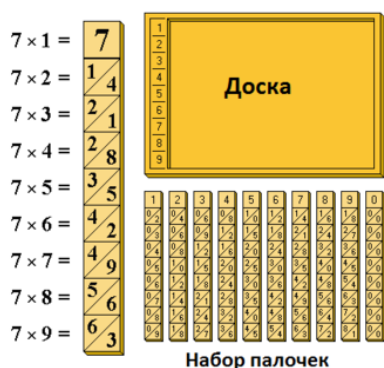


Рис.1.3. Палочки Непера

Полоски с нанесенными на них числами, были еще разделены диагоналями так, что слева (выше) диагонали располагаются десятки, а справа – единицы. Для получения произведений осуществляется суммирование вдоль диагоналей. Помимо умножения, палочки Непера позволяли выполнять деление и извлекать квадратный корень.

Палочки пользовались большим спросом в свое время, однако уже вскоре их вытеснила более удобная логарифмическая линейка, которая, однако, является аналоговым, а не интересующим нас цифровым устройством.

Через несколько лет, 25 февраля 1624 года, знакомый с



Рис.1.4. Копия вычислительной машины Шиккарда

«антикитерским механизмом» профессор университета в Тюбингене [Вильгельм Шиккард](#) в письме Иоганну Кеплеру, ссылаясь на чертёж, описывал изобретённую им счётную машину «Считающие часы». Она содержала шестиразрядное суммирующее и множительное устройство из соединений зубчатых передач, а также механизм для записи

промежуточных результатов.

Справедливости ради, необходимо отметить, что и машина Шиккарда была не первой. Это обнаружилось в 1967 году, когда в Национальной библиотеке Мадрида были найдены два тома неопубликованных рукописей Леонардо да Винчи. Среди чертежей первого тома имелся эскиз 13-разрядного суммирующего устройства с 10 зубчатыми колесами. Построенная в наше время по найденному эскизу машина оказалась работоспособной.

Вторым реально работающим вычислительным устройством стала машина [Блеза Паскаля](#) («Паскалина»), который в 1642 году (в возрасте 19 лет) построил в помощь своему отцу простейшую суммирующую машину для вычисления налогов. Она представляла собой механическое устройство в виде ящичка с многочисленными связанными одна с другой шестерёнками.

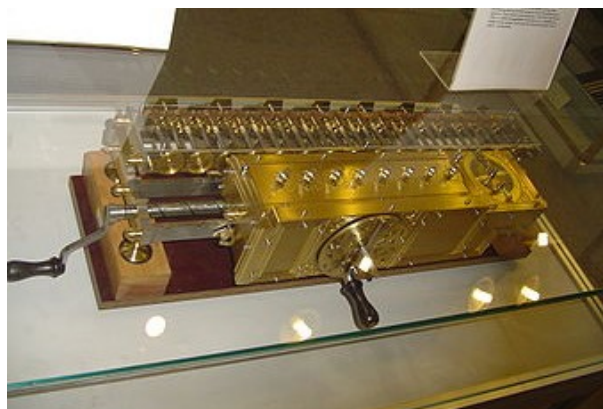
Первые варианты «Паскалины» имели пять зубчатых колёс, позднее их число увеличилось до шести или даже восьми, что позволяло работать с большими числами. За следующие 10 лет он создал около 50 таких машин. Кстати, почти 300 лет безоговорочно считалось, что именно Паскаль



Рис.1.5 «Паскалина», 1642 год

был самым первым изобретателем механического вычислительного устройства.

В 1673 году выдающийся немецкий математик и философ Готфрид Вильгельм Лейбниц изобрел арифметическую машину для десятичной системы которая, по его словам, «бесконечно отличается от машины Паскаля, так как позволяет совершать умножение и



деление над огромными числами мгновенно, притом не прибегая к последовательному сложению и вычитанию». В машину была добавлена рукоятка, число оборотов которой соответствовало значению соответствующего разряда (единицы, десятки, сотни и пр.) множителя.

Для перехода из разряда в разряд использовалась подвижная каретка, управляемая еще одной рукояткой. Основным элементом машины был ступенчатый валик, который вращался основной рукояткой.

Машина была показана во Французской академии наук и Лондонском королевском обществе, Были построены два прототипа, один из них сохранился и находится в Национальной библиотеке Нижней Саксонии. Практического распространения этот арифмометр не получил, так как был слишком сложен и дорог для своего времени. Однако основной элемент этого арифмометра – «шагающий цилиндр» или «колесо Лейбница» – использовался во многих вычислительных машинах на протяжении 300 лет, до 1970-х годов. В частности, в течение следующего века были созданы многочисленные единичные экземпляры различных арифмометров такого типа, но они не нашли практического применения. Только в 1818 году талантливый инженер и предприниматель из небольшого городка Кольмар в Эльзасе Шарль [Ксавье Томас](#) впервые в мире организовал серийное производство счетных машин, взяв за основу идеи Лейбница. Кстати, именно Томас предложил название «арифмометр» (от *греч.* ἀριθμός – «число», «счёт» и

цилиндр, вдоль оси которого на боковую поверхность наносились зубья различной длины

греч. μέτρον – «мера», «измеритель»)), которое с тех пор закрепилось за машинами такого типа.

Арифмометр Томаса, как и у Лейбница, содержал подвижную вычислительную каретку со ступенчатыми валиками, вращаемыми рукояткой. Однако установочный механизм для набора чисел был впервые перенесен на неподвижный корпус, что позволило в дальнейшем заменить рычаги на более удобную клавиатуру.

В 1821 году в мастерских Томаса было изготовлено 15 арифмометров, затем их выпуск был доведен до 100 штук в год. До конца века предприятием Томаса было выпущено около двух тысяч арифмометров. Первоначальный вариант машины был довольно громоздким, тяжелым (вес 15 кг), не очень удобным в использовании и достаточно дорогим. Поэтому многие конструкторы и ученые занимались тогда его усовершенствованием и в дальнейшем все арифмометры, работающие на основе ступенчатых валиков, стали называться «Томас-машинами».



Рис.1.7 Одна из Томас-машин с клавиатурой (начало XX века)

Несмотря на использование арифмометров Томаса, ощущалась необходимость в создании достаточно простой, дешевой и удобной в работе машины, приспособленной к возросшим требованиям вычислительной практики, и в повышении ее быстродействия.

В России первая десятичная Томас-машина была создана в 1873 году математиком и механиком [Пафнутием Львовичем Чебышёвым](#), который внес в нее два важных изменения. Прежде всего, это непрерывная передача данных из нижнего разряда в следующий с помощью планетарной передачи, которая смещает верхнее колесо на 1 деление, когда нижнее колесо совершает полный оборот. Во всех механических устройствах тогда

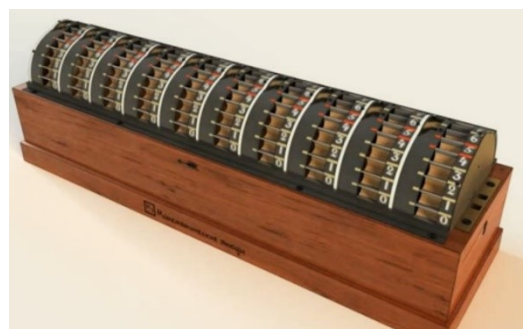


Рис.1.8. Арифмометр Чебышёва

использовалась исключительно дискретная передача, при которой колесо высшего разряда сразу продвигается на одно деление, в то время как колесо низшего разряда возвращается с 9 на 0. Важную роль для ускорения и упрощения вычислений сыграло и другое новшество – автоматический перевод каретки из разряда в разряд при умножении путем вращении рукоятки в ходе вычислений. Арифмометр Чебышева был изготовлен в одном экземпляре и не получил широкой известности, поскольку ученый имел в виду продемонстрировать принцип работы, а не создать удобный прибор. Только через 17 лет французский ученый Эдуард Люка, один из изобретателей множительных палочек, установил модели различных механизмов, изобретенных Чебышёвым, в том числе и арифмометра, в специальной витрине Парижского музея искусств и ремесел и прочитал о них несколько публичных лекций.

Примерно в то же время в Россию (в Санкт-Петербург) приехал совсем еще молодой шведский инженер-механик [Вильгофт Теофил Однер](#). В 1869 году он устроился инженером-технологом на машиностроительном и чугунно-меднолитейном заводе его земляка Эммануила Нобеля. По воспоминаниям самого Однера, «он имел случай исправить счетную машину Томаса и при этом пришел к убеждению, что есть возможность более простым и целесообразным способом решить задачу механического исчисления». К 1873 году он собственными силами построил действующую модель устройства и показал ее Нобелю, который разрешил доработать ее на своем заводе. Основой аппарата были так называемые колеса Однера, два вращающихся диска, соединенных друг с другом. Один из дисков прикреплен к оси рукоятки, а другой диск поворачивается с помощью специального стержня. С 1877 года этот завод начал серийный выпуск арифмометра, который автор непрерывно совершенствовал. Так началось российское счетное машиностроение.

Начиная с первой половины XIX века, наряду с необходимостью совершенствовать устройства для выполнения четырех арифметических действий, все острее вставала проблема создания машин для вычисления логарифмов и тригонометрических функций. Одно из наиболее удачных решений было предложено в 1822 году английским математиком [Чарльзом Бэббиджем](#), который предложил механический аппарат для

автоматизации вычислений путём аппроксимации функций многочленами и вычисления конечных разностей. Метод конечных разностей был известен еще со времен Эйлера, однако его применение было тогда весьма ограничено из-за огромного объема ручных вычислений, связанных с размерностью получаемых систем алгебраических уравнений, на решение которых требовались годы.

В 1822 году он стал проектировать машину, которая так и называлась – разностная, и должна была уметь вычислять значения многочленов до шестой степени с точностью до 18-го знака. Ему удалось построить модель разностной машины, состоящую из валиков



и шестерней, вращаемых вручную при помощи специального рычага. Получив финансирование, Бэббидж не только не уложился в обещанные три года, но и спустя девять лет вынужден был приостановить свою работу. Однако часть машины все же начала функционировать и производила вычисления даже с большей точностью, чем ожидалось.

Рис.1.9 Часть разностной машины Чарльза Бэббиджа, собранная после смерти учёного его сыном из деталей, найденных в лаборатории.

Между 1847 и 1849 годами он всё-таки вернулся к разработке. Улучшенный проект название «Разностная машина № 2» (*Difference Engine No. 2*). Эта машина должна была состоять из 25 000 деталей и весить почти 14 тонн. Кроме того, впервые машина должна была быть оснащена печатным устройством – по-нашему, принтером. Бэббиджу так и не удалось собрать это устройство по технологическим причинам – тогда не умели обрабатывать металл с высокой степенью точности и с высокой производительностью, а для реализации проекта требовались тысячи одних только зубчатых колес.

В 1991 году, к двухсотлетию со дня рождения ученого, сотрудники лондонского Музея науки воссоздали по его чертежам 2,6-тонную «разностную машину № 2», а в 2000 году – еще и 3,5-тонный принтер Бэббиджа. Оба устройства, изготовлены по технологиям середины XIX века и превосходно работают: расчётах Бэббиджа было найдено всего две ошибки.

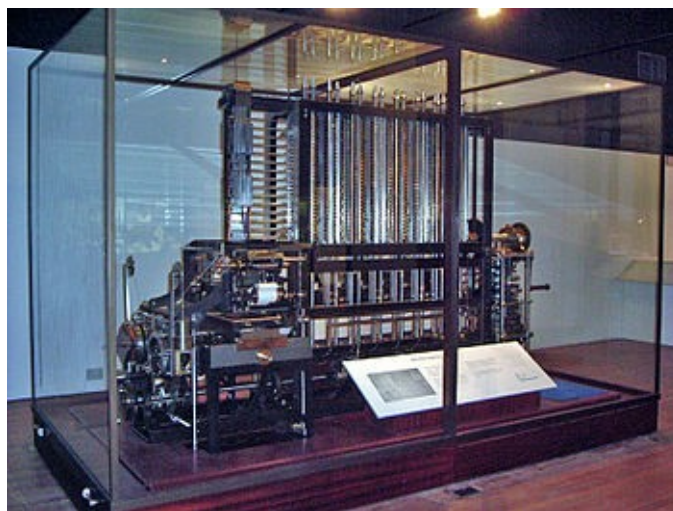


Рис.1.10 Копия разностной машины №2 в лондонском Музее науки (вес 2,5 т.)

Основной же вклад ученого в развитие современной компьютерной техники состоит в разработке проекта универсальной программируемой аналитической машины (*Analytical Engine*) – первой машины, управляемой внешней программой. Эта машина Бэббиджа, в отличие от своей предшественницы, должна была не просто решать математические задачи одного определенного типа, а выполнять разнообразные вычислительные операции в соответствии с инструкциями, задаваемыми оператором. По замыслу это была «машина самого универсального характера» – в действительности не что иное, как первый универсальный программируемый компьютер.

Аналитическая машина должна была иметь такие компоненты, как «мельница» (*mill*) и «склад» (*store*), по современной терминологии – арифметическое устройство и память, состоящие из механических рычажков и шестеренок. Память машины вмещала до 100 сорокаразрядных чисел и теоретически могла быть расширена до тысячи 50-разрядных. Эти числа должны были храниться в памяти, пока до них не дойдет очередь в арифметическом устройстве. Результаты операции либо отправлялись в память, чтобы ждать своей очереди, либо распечатывались. Инструкции и команды вводились в машину автоматически с помощью перфокарт, предложенных еще в 1801 году для быстрого перехода с узора на узор в ткацких станках.

Для сравнения укажем, что ЗУ одной из первых ЭВМ «Эниак» в 1945 году сохраняло всего 20 десятиразрядных чисел. Кстати, авторы этой разработки называли ее «осуществлённой мечтой Бэббиджа».

По сложности конструкции и количеству прецизионных деталей Аналитическая машина намного превосходила свою предшественницу. В своем окончательном виде машина должна была быть не меньше железнодорожного локомотива. Внутренняя конструкция представляла собой нагромождение множества стальных, медных и деревянных деталей, часовых механизмов, приводимых в действие паровым двигателем. Ее просто невозможно было построить и запустить в работу ни в то время, ни даже сейчас. Только с появлением электронных ламп удалось реализовать эту идею в работающем устройстве.

Тем не менее через 19 лет после смерти Бэббиджа один из принципов, лежащих в основе идеи его Аналитической машины, — использование перфокарт — нашел воплощение в действующем устройстве. Это был статистический электрический табулятор, который построил в 1890 году американец [Герман Холлерит](#) из Бюро по переписи населения (*U.S. Census Bureau*) с целью ускорить обработку результатов переписи населения, которая проводилась в США в этом году. Агенты, проводившие перепись, записывали ответы опрашиваемых в специальные формуляры и отправляли их в Вашингтон. Там информацию переносили путем перфорирувания на карты, каждая из которых содержала 240 перфорируемых позиций для ввода данных, включенных в вопросник переписи. В специальных устройствах, соединенных с табулятором, где они нанизывались на ряды тонких игл, по одной игле на каждую из 240 позиций. Когда игла попадала в отверстие, она замыкала соответствующий контакт в электрической цепи и один из вращающихся цилиндров счетчика сдвигался на одну позицию вперед.

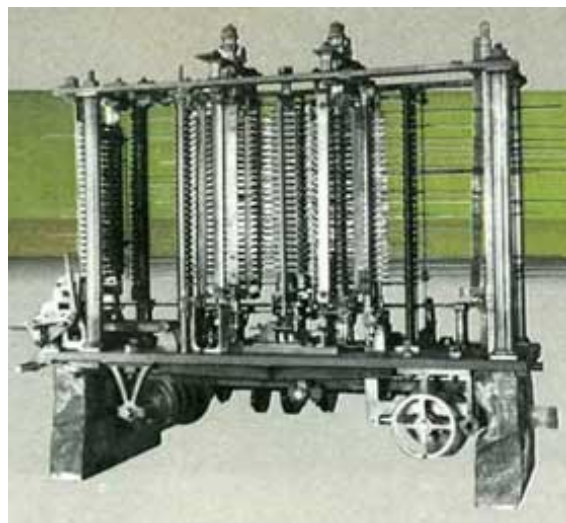


Рис.1.11. Табулятор Холлерита предназначен для статистической обработки перфокарт, 1890 год

В переписи населения США 1890 г. Холлерита ждал полный успех: предварительный подсчет результатов был проведен в течении 6 недель после проведения переписи. Данные переписи были полностью обработаны за два с небольшим года, почти в 4 раза быстрее, чем на прошлой переписи 1880 года. Сама же система Холлерита стала еще одним этапом в истории развития компьютеров.

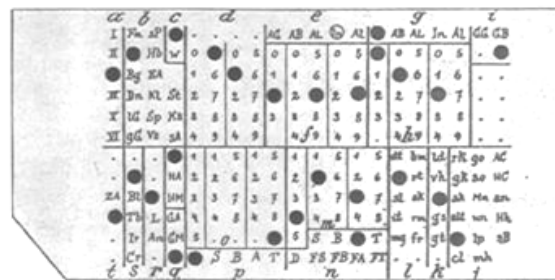


Рис.1.12. Заполненная перфокарта с переписи в США, 1890 год

Конструирование первой удачной вычислительной машины, выполняющей длинную последовательность операций, было начато в 1939 году фирмой IBM совместно с Гарвардским университетом и закончено в 1944 году. Эта машина, по своей природе электромеханическая, известна в истории вычислительной техники как “Гарвард Марк I”.

Принципиальным в развитии вычислительной техники стало использование электронных компонентов — сначала радиоламп, затем транзисторов, а потом и интегральных микросхем.

1.2. Изобретение электронной лампы

В 1879 году, во время испытания первых опытных партий вакуумных электрических ламп накаливания с угольной нитью, их изобретатель [Т. А. Эдисон](#) обратил внимание на почернение внутренней поверхности стеклянной колбы. Он предположил, что почернение представляет собой налет мельчайших частиц угля, которые оторвались от нагретой нити накала и имеют отрицательный заряд. Эдисон предположил, что если в стеклянную колбу ввести дополнительный электрод, соединенный с плюсом батареи, он начнет притягивать отрицательно заряженные частицы. Уже 13 февраля 1880 года по эскизам Эдисона, был изготовлен, по сути, прототип будущего электронного прибора — двухэлектродной лампы. Изобретатель подробно описал результаты опыта, но не нашел тогда должного объяснения своему открытию. Продолжая эксперименты, он обнаружил, что электрический ток через лампу протекает только тогда, когда на второй электрод подано положительное напряжение, причем этот ток тем больше, чем сильнее

разогрета нить катода. Открытие этого явления, названного «эффектом Эдисона», произошло в первой половине 1883 года.

Бывший консультант эдисоновской компании в Лондоне — Edison Electric Light Company — [Джон Флеминг](#) решил провести тщательное исследование эффекта Эдисона и на основе полученных результатов ему удалось в ноябре 1904 года создать «вентиль Флеминга» — такое название имела двухэлектродная электронная лампа, разработанная ученым в начале XX века. Эта электронная лампа открыла новую эру в радиоэлектронике.

Диоды Флеминга использовались в радиоприемниках и радарах в течение многих лет, и только через 50 с лишним лет они были заменены твердотельными приборами. В 1906 году американец [Ли де Форест](#) добавил в электронную лампу управляющую «сетку» и применил ее в первом электронном усилителе, а сама лампа была названа триодом. Триод имел очень важное значение в деле создания дальней телефонной и радиосвязи, радаров и первых электронных цифровых вычислительных машин.