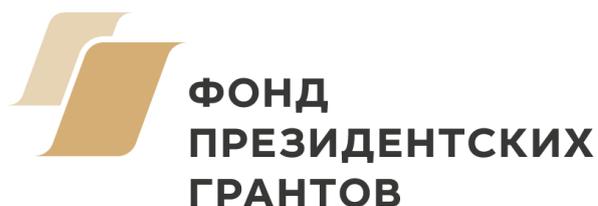


Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники  
Российского Союза научных и инженерных общественных объединений»



**И. В. Ковалев**

Учебно-методическое пособие

**«Краткая история изобретений и  
изобретателей вычислительной техники»**

Красноярск  
2019

Ковалев Игорь Владимирович «Краткая история изобретений и изобретателей вычислительной техники»: учебно-методическое пособие для школьников и студентов. Красноярск: ОУ «ККДНиТ», 2019. – 93 с.

В пособии представлены: краткая история развития вычислительной техники и информационных технологий в мире, методология, идеи, имевшие мировое значение, в области построения компьютеров, вычислительных систем, программирования, интеллектуальных систем.

Пособие предназначено для студентов технических вузов, а также может быть полезно для всех лиц, желающих познакомиться с историей вычислительной техники. Может использоваться учителями на уроках технологии, на дополнительных занятиях по изобретательской деятельности.

Пособие разработано в рамках проекта «Креативный краеведческий коворкинг «Мини-музей изобретений», реализуемого в 2018-2019 годах общественным учреждением «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений» с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов.

<https://doi.org/10.47813/dnit/18-2-000411-2>

## Оглавление

Предисловие.....	4
Период до первых ЭВМ.....	4
Первые зарубежные ЭВМ.....	6
Компьютеры, разрабатывавшиеся в компании IBM.....	9
Персональные компьютеры.....	12
Клайв Синклер – история создания «Спектрума» .....	14
Архитектуры ЭВМ .....	17
Зарубежные суперкомпьютеры.....	18
Отечественные ЭВМ, созданные под руководством С. А. Лебедева в ИТМиВТ.....	21
ЭВМ, созданные под руководством И.С.Брука и его учеников .....	24
В.М. Глушков и ЭВМ, созданные под его руководством .....	25
Машины, созданные в московском СКБ-245 и в других организациях СССР.....	27
ЕС и СМ ЭВМ.....	30
Отечественные суперкомпьютеры.....	34
Квантовые компьютеры.....	37
<i>Значение открытия.....</i>	38
<i>Квантовая информация .....</i>	39
<i>Квантовые алгоритмы.....</i>	40
<i>Построение квантового компьютера.....</i>	40
<i>Альтернатива .....</i>	41
Основные вехи в истории телекоммуникаций и сетей.....	41
Элементная база компьютеров.....	46
История программирования и алгоритмических языков .....	49
Интеллектуальные системы .....	52
Нейрокомпьютеры.....	58
<i>Краткий исторический обзор .....</i>	59
<i>Как устроен Нейрокомпьютер .....</i>	60
<i>Практическое использование нейрокомпьютеров.....</i>	64
Автоматизация проектирования вычислительных машин.....	65
САПР в электронике .....	68
САПР в машиностроении .....	69
История ИПИ-технологий .....	74
Заключение.....	76
Хронологическая таблица.....	77
Библиографический список.....	93

## Предисловие

В данном пособии собраны сведения из различных источников, причем не только из источников по аппаратным средствам, и представлены в краткой форме.

Эти сведения могут быть интересны всем, кто интересуется вопросами информационных технологий, в том числе школьникам и студентам, тем более, что вопросы истории информационных технологий включены в учебные программы школьников в рамках уроков технологии, а также студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника».

### Период до первых ЭВМ

В истории механических вычислителей заметными датами оказались 1617 г., когда шотландец Д.Непер описал устройство для сложения и умножения, напоминающее счеты; 1642 г. – год изобретения французом Б.Паскалем суммирующей машины; 1694 г. – немец Г. Лейбниц создал машину, умеющую и складывать, и умножать; 1874 г. – год появления арифмометра, сконструированного петербуржцем В.Однером. Следует отметить также работающую модель 6-ти разрядного механического вычислительного устройства, которое могло складывать и вычитать числа, созданную немцем Вильгельмом Шиккардом (Schickard)<sup>1</sup> (1592-1635). Но наиболее заметный след в истории механических вычислителей оставил Ч. Бэббедж.

---

<sup>1</sup> (Вильгельм Schickard) — немецкий математик и ориенталист (1592—1635). Известен своими многочисленными работами по различным областям математики, физики и астрономии. Из них следует указать: "Anemographia seu discursus philosophicus de ventis" (Тюбинген, 1631) и "Tractatus de Mercurio sub sole et aliis novitatibus uranicis" (ib., 1634). Последнее сочинение включает в себе первое наблюдение прохождения Меркурия через диск Солнца. Для облегчения изучения созвездий Ш. изобрел особый прибор, описанный им в его "Astroscopium pro facillima stellarum cognitione excogitatum et commentariolo illustratum" (ib., 1623; новое изд., Штутгарт и Лейпциг, 1698). Важное значение имел также для развития картографии его труд "Kurze Anweisung, wie künstliche Landtafeln aus rechtem Grund zu machen, und die bisher begangene Irrthum zu verbessern" (Тюбинген, 1669). Стараясь выполнить с наибольшей точностью порученное ему измерение герцогства Вюртемберг, Ш. решил, как показывает его переписка с Кеплером, совершенно независимо от Снеллия, известную задачу, носящую незаслуженно имя Потенота. Другие его работы касаются преломления лучей в атмосфере, разных вопросов оптики, наблюдений над метеорами и т. д. Как гебраист, Ш. приобрел известность следующими трудами: "Methodus linguae sanctae, breviter complectens universa quae ad solidam eius cognitionem ducunt" (Тюбинген, 1614); "Bechinat Happeruschim, liber interpretationum hebraicarum in Genesin" (ib., 1621); "Bechinat Happeruschim, prodromus examinis commentationum in rabbinicarum in Mosen" (1624); "Biur Haophan, declaratio rotae, pro conjugationibus hebraicis noviter excogitatae" (1621); "Dissertatio de nummis Hebraeorum" (1622); "Disputatio de nomine tetragrammato solius Dei proprio" (1622); "Deus orbis Saracenorum e pseudo-prophetae Mohammedis Alcorano projectus" (1622); "Horologium hebraeum" (1623); "Jus regium Hebraeorum e tenebris rabbinicis erutum" (1625); "Paradisus

Чарльз Бэббедж (1791-1871) - английский изобретатель, автор первой в мире аналитической счетной машины, являющейся прообразом современных вычислительных машин с программным управлением.



Бэббедж окончил университет в Кэмбридже. В 1820 г. он увлекся разработкой разностной счетной машины для составления таблиц многочленов. Работа машины основана на том, что  $n$ -я разность многочлена  $n$ -й степени является постоянной. Поэтому, зная несколько начальных значений функции для равноотстоящих значений аргумента, можно рассчитать конечные разности вплоть до постоянной  $n$ -й и выполнить обратный ход - по разностям вычислить новое значение функции. Циклически повторяя расчет, можно получить таблицу функции с любым числом строк (значений аргумента). В машине Бэббеджа эти вычисления выполнялись автоматически с помощью совокупности вращающихся колес.

В 1834 г. Бэббедж разрабатывает основные принципы построения универсальной машины, названной им аналитической. Именно этот проект стал описанием первой в мире универсальной вычислительной машины. Оба проекта Бэббеджу не удалось довести до завершения из-за трудностей финансового характера.

Электрорелейные компьютеры предшествовали появлению ЭВМ и создавались в первой половине 40-х годов прошлого века. Наиболее известны электрорелейные машины К.Цузе (Германия) и Г.Айкена (США).

В проекте вычислителя Z-3, созданного в 1941 г. в Германии Конрадом Цузе (1910-1995), использованы двоичное представление информации и преобразование десятичных кодов в двоичные, выполнялось 8 команд, в число которых входили 4 арифметических действия и извлечение квадратного корня. Операции выполнялись с плавающей запятой. Время сложения составляло 0,3 с, умножения - 4 с, емкость памяти (на релейных схемах) состояла из 64 22-разрядных чисел, 7 разрядов отводились для порядка и один разряд - для знака числа. Программа хранилась на перфоленте. Машина применялась главным образом для проверочных расчетов в области аэродинамики.

Одна из модификаций модели "Z-3" с фиксированным алгоритмом в течение двух лет функционировала в контуре системы автоматического управления технологическим процессом на линии сборки летающих снарядов. Для этого применялось устройство считывания данных с объекта и преобразования их в цифровую форму. Этим было положено начало использованию ЦВМ в качестве управляющих вычислительных машин.

Большую известность в силу субъективных причин получила машина Марк-1 (1944 г.), созданная Говардом Айкеном (Aiken Howard) (1900-1973) на механических и электрорелейных элементах наподобие машины

---

сарацино-юдаика e geminibus auctoribus breviter descripta" (1625); "Series regum Persiae" (1628); "Bacchanalia Judaeorum" (1634).

Ч.Бэббеджа. Сложение и вычитание в Марк-1 осуществлялись на 72 механических счетчиках по 24 цифровых колеса каждый.



К.Цузе<sup>2</sup>



Г. Айкен

## Первые зарубежные ЭВМ

Принято различать поколения ЭВМ: 1-е поколение - ламповые ЭВМ, 2-е поколение - полупроводниковые ЭВМ, 3-е поколение - ЭВМ с элементной базой на интегральных схемах, 4-е поколение - ЭВМ с элементной базой на БИС и СБИС.

Американский ученый Дж. фон Нейман – автор ряда основополагающих идей в области вычислительной техники. Именно с его именем связывают основные архитектурные принципы ЭВМ первых поколений.

Джон фон Нейман родился 28 декабря 1903 г. в Будапеште. После окончания высшей школы Нейман в течение двух лет изучал химию в Берлинском университете, а затем также в течение двух лет в Цюрихе. В 1927 г. стал приват-доцентом Берлинского университета. С 1929 г. фон Нейман живет в Принстоне (США). В 1933 г. он приглашен работать в математический отдел Института высших исследований.



<sup>2</sup> Конрад Цузе (Konrad Zuse) родился 22 июня 1910 года в Берлине. Цузе с детства любил изобретать и строить. Еще школьником он сконструировал действующую модель машины для размена монет. В 1935 г. окончил Берлинский политехнический институт. В 1936 году он устроил на квартире родителей "мастерскую", в которой через два года завершил постройку машины, занимавшую площадь 4 кв.м., названную Z1. Это была полностью механическая программируемая цифровая машина. Интересно, что первоначально изобретение Цузе должно было называться V1 («Фау-1»). Но, узнав о том, что «оружие возмездия» Вернера фон Брауна носит такое же название, конструктор переименовал свое детище. Естественно, это произошло уже в 40-е годы XX века. Биографы Цузе утверждают, что созданием вычислительных машин он занялся от безысходности: одно время молодой инженер работал на немецкую авиапромышленную компанию Henshel, где рутинные расчеты отнимали большую часть рабочего времени. А тратить свою жизнь на однообразные математические операции Конраду не хотелось. Вероятно, именно в этой связи расчеты действительно значительно ускорились. В пользу данной точки зрения говорит и тот факт, что Конрадом заинтересовались в ведомстве Геринга, отвечавшего за авиацию Третьего Рейха.

Вскоре молодой инженер получил поддержку руководства Института аэродинамических исследований и начал работу над следующим вычислителем, получившим название Z2. В качестве материальной базы для нового устройства Конрад выбрал электромагнитные телефонные реле.

Затем Цузе вместе с несколькими друзьями в 1941 г. построил первый в мире электронный программируемый калькулятор, основанный на двоичной системе счисления — Z3. Машина Z3 была значительно меньше машины Марк-1 Эйкена и гораздо дешевле в производстве. Z3 хранила в оперативной памяти целых 64 машинных слова по 22 бита каждое. А также прообраз современных CAD и язык Plankalkul, компилятор которого планируется создать в память о гениальном изобретателе, и многое-многое другое.

Деятельность фон Неймана была чрезвычайно многообразной. Основная сфера его деятельности - математика, в которой ему принадлежит ряд крупных достижений. Но заметны результаты, полученные им и в физике. Широкую известность получил взрывной метод инициирования атомного взрыва, предложенный Фон Нейманом независимо от других. Фон Нейман был тесно связан с работами по использованию ядерной энергии, отдавал много времени, энергии и сил укреплению военной мощи своей новой родины. Последние годы его жизни были полностью посвящены работе в правительственных учреждениях. Он умер от саркомы 8 февраля 1957 г.

Безупречная логика была наиболее характерной чертой его мышления. Высказывание одного из его коллег: "Слушая фон Неймана, начинаешь понимать, как должен работать человеческий мозг". Другой отличительной чертой его ума была замечательная память.

В 1936 г. в Принстон приехал на два года заниматься математической логикой англичанин Алан Тьюринг<sup>3</sup> (1912-1954). Здесь он опубликовал свою знаменитую работу об универсальных вычислительных машинах, после



которой в учебники по языкам и алгоритмам вошел термин «машина Тьюринга», показывающая принципиальную возможность решения любых задач с помощью элементарных арифметических действий. Фон Нейман предложил Тьюрингу место ассистента для совместной работы. Но Тьюринг вернулся в Англию, где в годы войны стал искусным дешифровальщиком немецких сообщений.

Интерес фон Неймана к компьютерам непосредственно связан с его участием в Манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы, который разрабатывался в ряде мест США, в том числе и в Лос-Аламосе.

В 1953 г. фон Нейман присоединился к группе Д.Моучли и Д.Эккерта, разрабатывавших машину ЭНИАК. А через год им подготовлен отчет, в котором обобщены планы работы по созданию компьютера EDVAC с архитектурой, получившей название фоннеймановской (хотя идея хранения программы в памяти машины уже была использована Моучли и Эккертом и высказывалась Тьюрингом).

Основные принципы фоннеймановской архитектуры:

- естественный (последовательный) порядок выполнения команд;
- хранение в памяти как чисел, так и команд;
- команды содержат адреса операндов.

Первой электронной вычислительной машиной обычно называют ЭНИАК (Electronical Numerical Integrator and Calculator), разработка которой велась

---

<sup>3</sup> Тьюринг (Turing) Алан Матисон родился 23 июня 1912 года в одной из лондонских гостиниц. Сегодня на ней висит мемориальная доска: «Здесь родился Алан Тьюринг, пионер кибернетики и взломщик кодов». Спустя год после родов мать Тьюринга вернулась в Индию, оставив Алана на попечение друга семьи, отставного полковника. Позже мальчика отдали в частный интернат. С раннего детства он увлекался наукой (в основном, химией, физикой и математикой). В 1935 году, будучи студентом Кембриджского королевского колледжа, Алан Тьюринг начинает вплотную заниматься созданием «мыслящей машины» – теоретического прообраза современного компьютера. Главную роль в развитии кибернетики и теории ЭВМ обычно отводят американскому профессору Норберту Винеру (Wiener). Значение же вклада Алана Тьюринга несправедливо занижается.

под руководством Д.Моучли (John Mauchly) (1907-1980) и Д.Эккерта (John Eckert) (1919-1995) и закончилась в 1946 г., хотя приоритет Моучли и Эккерта оспорен Д.Атанасовым. Машина ЭНИАК была установлена в Пенсильванском университете. Она состояла из 18000 электронных ламп и 1500 реле и потребляла около 150 кВт электроэнергии. Программное управление последовательностью выполнения операций осуществлялось как в счетно-аналитических машинах с помощью штекеров и наборных полей. Настроить ENIAC на какую-нибудь задачу означало вручную изменить подключение 6000 проводов. Все эти провода приходилось вновь переключать, когда нужно было решать другую задачу.

Однако приоритет создания первой ЭВМ был решением суда в 1973 г. отдан американскому ученому болгарского происхождения Джону Атанасову.



Д.Моучли и Д.Эккерт

В конце 30-х годов Джон Атанасов (1903-1995), профессор колледжа штата Айова, после попыток создания аналоговых устройств для производства сложных вычислений начал работать над созданием цифрового компьютера с использованием двоичной системы счисления. Машина строилась на

электромеханических и электронных компонентах. Атанасов изобрел, в частности, регенеративную память на конденсаторах. При помощи аспиранта К.Берри он построил опытный образец машины для решения дифференциальных уравнений. Машина получила название Эй-Би-Си. В 1941 г. молодой Д.Моучли побывал в Пенсильванском университете, где познакомился с машиной Атанасова и изучил документацию к ней.

Атанасов готовил заявку на получение патента на созданную им с Берри машину. Но вскоре он был направлен на работу в одну из лабораторий военно-морских сил США, и заявка так и не была подана. В 1946 г. рассекретили ЭНИАК. И уже Моучли и Эккерт подали ряд патентных заявок, связанных с ЭНИАКом.

Атанасов стал отстаивать свой приоритет лишь тогда, когда случайно из газет узнал по фотографии давнего визитера в его лабораторию. В 1973 г. коллегия Миннеаполисского окружного суда постановила, что Моучли использовал идеи, составившие основу поданных патентов и ставшие ему известными благодаря давнему визиту к Атанасову. Первым электронным компьютером суд признал не ЭНИАК, а Эй-Би-Си. Нужно заметить, что специализированное устройство Эй-Би-Си было экспериментальным компьютером, а ЭНИАК активно использовался до 1955 г.



Дж. Атанасов<sup>4</sup>

В 1951 году Эккерт и Моучли разрабатывают UNIVAC I (Universal Automatic Computer), предназначенный для решения разнообразных задач бизнеса. Затем было создано несколько разных моделей UNIVAC, которые нашли применение в различных сферах деятельности. Таким образом, UNIVAC стал первым серийным компьютером. Можно сказать, что UNIVAC положил начало компьютерному буму.

Еще одной машиной-предшественником ENIAC, кроме машины Атанасова, является британский компьютер Colossus («Колосс»), введенный в эксплуатацию в 1943 г. Главный конструктор машины Томми Флауэрс (Tommy Flowers). Этот компьютер мало известен из-за сверхсекретности его применения.

Среди других значительных разработок британских инженеров выделяется созданный в 1963 г. под руководством Килбурна в компании, позднее получившей название ICL (International Computers Limited), компьютер ATLAS.

## **Компьютеры, разрабатывавшиеся в компании IBM**

В развитии вычислительной техники в США главные роли играли такие компании, как IBM, Hewlett-Packard (HP), CDC, Intel и ряд других

Компания IBM - мировой лидер в области создания средств вычислительной техники - основана в 1896 г. под названием Tabulating Machine Company изобретателем бумажных перфокарт и табуляторов Г. Холлеритом (1860-1929). В 1914 г. генеральным менеджером компании стал Томас Дж. Уотсон-старший, с именем которого связаны основные достижения компании в 20-40-х годах. С 1924 г. компания носит имя International Business Machines (IBM).

В начале 40-х годов прошлого века в лабораториях IBM совместно с учеными Гарвардского университета (во главе с Г.Айкеном) была начата и закончена в 1944 г. разработка одной из первых электромеханических вычислительных машин "Марк-1".

Инициатором создания этой машины, названной Defence Calculator, что подчеркивало ее оборонное назначение, был Томас Дж. Уотсон-младший (президент IBM с 1952 г.).

---

<sup>4</sup> Джон Винсент Атанасов (John Vincent Atanasoff, 1903-1995).

Джон Атанасов по происхождению - болгарин. Его отцу и дяде пришлось эмигрировать в Америку еще в 1886 году, спасаясь от преследований турок, так как дед Атанасова был борцом против турецкого ига и погиб в 1876 году. В 22 года Джон закончил Флоридский университет, в 27 - получил степень доктора по части теоретической физики и стал работать преподавателем в колледже города Эймс, штат Айова.



Г.Холлерит<sup>5</sup>

Именно ему принадлежит инициатива перехода IBM к производству компьютеров, хотя перспективы рынка были тогда весьма туманными: считалось, что спрос на них составит в стране всего несколько штук. Разработку IBM 701 выполнило подразделение прикладных исследований IBM, которым руководил Гутберт Херд. В совершенствовании IBM 701 и 702 участвовали такие ведущие специалисты, как Джин Амдал и Джон Бэкус, впоследствии активно занимавшиеся разработкой компьютера IBM 705.

В 1953 г. американский инженер и эксперт по менеджменту Джей Форрестер (Jay Forrester) изобрел запоминающее устройство на ферритовых сердечниках, которое стало использоваться в качестве оперативной памяти вместо потенциалоскопов.

В 1955 г. появилась ЭВМ IBM 705, главным конструктором которой был Джин Амдал. Он же разработал операционную систему для этой машины.

Появление параллелизма можно отнести к 1958 г., когда Д.Слотник предложил проект SOLOMON - первой машины типа SIMD.

В 1959 г. IBM выпускает ЭВМ второго поколения IBM 1401, а затем создает свой первый мэйнфрейм IBM 7090 с быстродействием 229 тыс. оп./с.

В 1964 г. IBM выпускает первые модели System/360 (иначе IBM-360), назвав эту серию компьютерами третьего поколения, первые машины были на гибридных микросхемах. В разработке участвовали Д. Амдал, Г. Блау, Ф. П. Брукс-младший. Ряд System/360 был грандиозным проектом (стоимость 30 млрд. долл., было задействовано около 100 тыс. сотрудников IBM), но его эффективность имела неоднозначную оценку.

Джин Амдал, подобно С.Крею, является легендарной личностью в истории компьютерной индустрии. После успешной разработки System/360 в 1970 г. Амдал решил создать свою собственную фирму, в которой, начиная с 1974 г., он проектирует ряд мощных IBM-совместимых мэйнфреймов. Мэйнфреймы Amdahl 470v/6, Amdahl 5860, серверы Millennium и др. успешно конкурировали с популярными мэйнфреймами IBM. Первое применение матричных БИС относится к 1976 г., это сделал Д.Амдал в машине Amdahl 470v/6. Как правило, компьютеры Amdahl обладали более высокой производительностью, чем аналогичные машины IBM, при сравнимой, а то и более низкой цене.

---

<sup>5</sup> Герман Холлерит (1860-1929). Родители Германа Холлерита иммигрировали из Германии в Соединенные Штаты в 1848 г., после политических беспорядков в родной стране. Учеба тяжело давалась Герману, несмотря на факт, что он был умен. Холлерит поступил в Городской Колледж Нью-Йорка в 1875 г., и стал техническим дипломированным специалистом Школы Колумбии в 1879. Его успехи были выдающимися, и один из его преподавателей, профессор Трубридж, был так поражен, что предложил Холлериту стать его помощником. Он присоединился к бюро переписи США как статистик профессора Трубриджа, который был назначен главным Специальным Агентом Бюро Переписи. Но работа затруднялась огромным количеством данных, которое требовалось обработать. Поэтому Холлерит начал искать пути обработки данных механически.



Модель 50 System/360

С 1971 г. IBM предлагает модели семейства System/370 на монолитных интегральных схемах. Запуском в производство новых моделей семейства 370 руководил Т. В. Лерсон, сменивший в 1974 г. Т. Дж. Уотсона-младшего на посту президента IBM.

В 1980 г. в исследовательском центре им. Томаса Дж. Уотсона был создан IBM 801 Minicomputer - первый компьютер, оснащенный прототипом RISC-процессора. Руководитель проекта IBM 801 Джон Кок был одним из авторов концепции RISC-архитектуры. В IBM 801 была реализована суперскалярная архитектура на серийных КМОП-микросхемах, позволяющая выполнять параллельно несколько команд на независимых функциональных устройствах.

В 1981 г. корпорация IBM выпустила на рынок свой первый персональный компьютер IBM PC. Разработку IBM PC выполнила группа из 12 инженеров IBM под руководством Вильяма Си Лоува. При этом были использованы разработки других фирм: микропроцессор i8088 корпорации Intel, операционная система DOS корпорации Microsoft.

В 1988 г. появилось семейство компьютеров IBM AS/400, применяемое преимущественно в качестве серверов баз данных, серверов банковских транзакций и т. п. Конфигурации серверов на базе AS/400 могут быть многопроцессорными, причем AS/400 относится к числу наиболее производительных SMP-систем.

В 1990 г. были выпущены мэйнфреймы семейства 390, которые, как и все предыдущие модели семейств System/360 и System/370, поддерживали совместимость приложений "снизу-вверх".

Развитие суперскалярной архитектуры получило развитие в 1990 г. в компьютерах RISC System/6000 (IBM RS/6000). Это архитектура POWER (Performance Optimization with Enhanced RISC). Тогда же была представлена версия операционной системы Unix, названная AIX Version 3.

Во второй половине 90-х годов началось вытеснение ЭСЛ-схемотехники КМОП элементной базой. Впервые КМОП-схемы в мейнфреймах стал применять Д.Амдал.

В 2000 г. в IBM разработано уже шестое поколение мейнфреймов серии 390 - S/390 G6.

## Персональные компьютеры

Предшественниками персональных компьютеров были электронные калькуляторы. Один из них Altair (1974 г.), разработанный Эдвардом Робертсом (Roberts) в компании MITS, иногда называют первым персональным компьютером, хотя это преувеличение, поскольку ввод информации в Altair осуществлялся в двоичном виде с помощью тумблеров, а при выключении компьютера вся информация терялась.

Идея персонального компьютера (точнее, ноутбука) зародилась в Исследовательском центре фирмы Херох. Ее автором является Алан Кей, работавший в этом Центре с 1972 г. Здесь А.Кей стал заниматься проблемами безбумажных технологий и интерактивных режимов работы с компьютером. В 1977 г. им опубликовано описание портативного интерактивного устройства с плоскочпанельным сенсорным экраном, беспроводной системой коммуникации и мультимедийными возможностями. Кей назвал это устройство Dynabook. К сожалению, проект Dynabook не был завершен. В дальнейшем Кей работал в компании Apple, основанной С.Джобсом и в которой были созданы персональные компьютеры Macintosh.



А.Кей<sup>6</sup>

В 1976 г. Стивом Джобсом и Стефаном Возняком была основана компания Apple Computer. Молодые люди, не имевшие законченного высшего образования, решили собрать первый персональный компьютер (ПК) и поскольку руководство фирм, в которых они работали, изобретением не заинтересовалось, решили основать собственную компанию. Преодолев финансовые трудности, вдвоем в помещении отцовского гаража С.Джобс с коллегой собрали первые ПК Apple I. Видные специалисты (например, Р.Нойс, Б.Хьюллет) не сумели правильно оценить перспективы ПК.

---

<sup>6</sup> Алан Кей родился в начале сороковых годов. Его мать была профессиональной певицей, поэтому в воспитании доминировало гуманитарное начало и значительное место уделялось музыке. В 1961 г. за участие в протесте против введения процентной квоты для студентов-евреев он был исключен из колледжа, стал джазовым музыкантом и преподавателем музыки по классу гитары. Но другой талант, принесший ему гораздо большую известность, неожиданно обнаружился у Кея тогда, когда, поступив добровольно в армию, он прошел тест на способность к программированию, был высоко оценен и направлен в ВВС США для работы на компьютере IBM 1401. После службы в армии была учеба в университете штата Колорадо по специальности “математика и молекулярная биология” и в 1966 г. — переход в университет штата Юта, где произошло знакомство с работами Айвэна Сазерленда, одного из создателей виртуальной реальности. Осенью 1968 г. у Кея произошла еще одна знаменательная встреча, которая во многом повлияла на его будущее. Он познакомился с Сеймуром Пайпертом (Seymour Papert) и некоторое время проработал вместе с ним в лабораториях искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом и Стэнфордском университетах. Пайперта называют отцом языка программирования Logo.

Несмотря на это, Apple I имел большой успех. Еще больший успех пришелся на долю следующего ПК Apple II (1977 г.) с цветным экраном. Джобс стал весьма популярен в США, ошеломляющий успех, фотогеничность, мастерство оратора привлекали к молодому руководителю Apple Computer все большее внимание со стороны общественности. Но в 1985 г. Джобс (из-за разногласий с руководителем компании Скэлли, которого пригласил в Apple сам Джобс) покинул Apple и основал компанию NextStep. Однако ни Apple, ни NextStep не смогли соперничать с тандемом IBM – Microsoft и компьютеры Apple Макинтоши отошли в тень. Позднее для спасения Apple Computer С.Джобс вернулся в компанию, и ситуация несколько стабилизировалась.

Однако непосредственным разработчиком Apple I и Apple II был не С.Джобс, а С. Возняк. Именно он спроектировал эти машины, а С.Джобс больше выполнял функции менеджера. В феврале 1981 года С.Возняк попал в авиакатастрофу. Чудом уцелев, он серьезно повредил лицо. Выйдя из больницы, он сразу же уволился из Apple, затем женился и поступил в университет Беркли, чтобы продолжить незаконченное образование. Далее он пытался создавать собственные компании, но малоуспешно. В последнее время занимается преподаванием и благотворительностью.



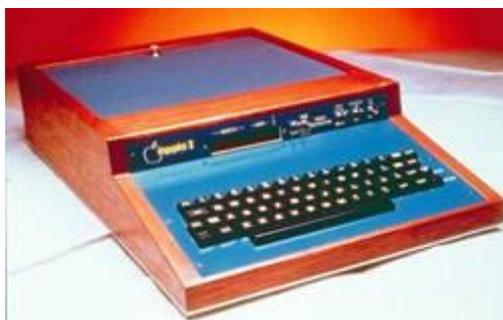
С.Возняк<sup>7</sup> и С.Джобс<sup>8</sup> с начинкой Apple I

---

<sup>7</sup> Стефан Возняк родился в 1950 году. Возняк вынужден был после третьего курса прервать учебу в университете штата Беркли из-за острых денежных трудностей. В 1975 году жизненные пути Джобса и Возняка пересеклись в одном из городков Кремниевой долины. Так называется в США густонаселенный компьютерными и другими наукоемкими фирмами район штата Калифорния, где сосредоточено около 40% научно-технического потенциала страны Америки в области передовой технологии. Возняк работал в Hewlett-Packard, Стив Джобс - на фирме Atari, занимавшей лидирующие позиции в производстве электронных игр.

<sup>8</sup> Дата рождения: 1946. Должность: главный управляющий Apple Computer. Местожительство: Купертино, шт. Калифорния. США Не закончив обучение в колледже, Джобс вместе с тезкой Стивом Возняком основал в 1976 г. Apple Computer, располагавшуюся в начале в одном из гаражей на окраине города. Продав почти все оставшееся у него имущество, Джобс собрал деньги на оборудование для производства первых компьютеров Apple I стоимостью 700 долл., у которых не было даже защитного кожуха, клавиатуры и мыши. Они появились, так же как и цветные графические адаптеры, только через год. Несколько крупных заказов и интерес инвесторов помогли компании "раскрутиться", а еще через пару лет Джобс и Возняк стали миллионерами.

На звание первого персонального компьютера в истории претендуют такие машины как MITS Altair, PET Commodore, TRS-80, но только Apple II раньше остальных стал поставляться в пластиковом корпусе вместе с цветным дисплеем и алфавитно-цифровой клавиатурой.



Серийный Apple I

В 1980 г. компания Hewlett-Packard: выпускает свой первый персональный компьютер HP-85.

В 1981 г. появляется первый персональный компьютер IBM PC компании IBM.

Первым карманным персональным компьютером стал Pilot, созданный Джефом Хокинсом (Jeff Hawkins) в 90-е годы.

### **Клайв Синклер – история создания «Спектрума»**

Несколько слов об истории создания "Спектрума". Для тех наших читателей будет, вероятно, небезынтересно узнать о взлётах и падениях, пережитых её создателем, сэром Клайвом Синклером, и, уж во всяком случае, здесь вы найдёте ответ на вопрос, почему ZX-Spectrum стал самым популярным домашним компьютером в мире и не сдаёт завоёванных позиций, хотя столько фирм выпускают гораздо более мощные машины.

Клайв Марлз Синклер родился 30 июля 1940 года. Ещё школьником он начал печатать неплохие статьи в журнале "Практическое радио". Окончив школу, он не стал поступать в университет, а был принят в этот журнал в качестве помощника заместителя редактора, затем работал в издательстве, а в 1961 году зарегистрировал свою первую компанию "Синклер Радионикс". Первое изделие – микроусилитель – он выпустил в 1963 году и во всех дальнейших разработках ставил перед собой две сверхзадачи: минимальные габариты и минимальная цена. Успех Синклера всегда основывался на том, что он со своим товаром всегда был первым, причём часто ориентировался на рынок, который ещё не существовал.

В 1979 году фирма "Коммодор" выпустила свой первый бытовой компьютер "Пет" ценой 700 фунтов. Газета "Файненшл Таймс" тогда предсказывала, что цены на персональные компьютеры опустятся ниже 100 фунтов стерлингов не ранее, чем через 5 лет, а Синклер уже через полгода выпустил ZX-80 ценой 99 фунтов.

Резкому снижению цены содействовала идея использования телевизора в качестве дисплея, а бытового магнитофона – в качестве внешней памяти.

ZX-80 сломил расхожее мнение об ЭВМ, как о чём-то, доступном лишь для избранных. В первые 8 месяцев было продано 20 тысяч компьютеров, а в марте 1981 года была выпущена новая модель ZX-81 ценой 69 фунтов. А ещё через несколько месяцев – и принтер к нему. В эти дни американская фирма "Таймекс" купила право на производство всех разработок Синклера, как сделанных, так и тех, которые появятся впредь. Фирма "Митцуми" купила исключительное право на распространение ZX-81 в Японии. Решительным рывком вперед стал договор с британской книготорговой сетью о реализации компьютеров по их торговым каналам. За один год товарооборот фирмы вырос с 4,6 млн. фунтов стерлингов до 30 млн. фунтов стерлингов, а Синклер уже готовил новую модель "Спектрум" (март 1982 г.). Были разработаны 2 версии – 16К и 48К. Эта машина сильно отличалась от своих предшественников, и её популярность превзошла все ожидания. "Спектры" продавались по 15 тысяч штук в неделю.

Задумывался этот компьютер как учебный для изучения программирования, но фирмы, выпускающие программное обеспечение, быстро поняли, что программирование на уровне команд процессора позволяет получить неплохую динамичную графику, и для этого компьютера стали выпускаться увлекательные видеоигры. Получилась своего рода положительная обратная связь. Чем больше "Спектрумов" покупалось населением, тем активнее выпускались для него программы, а чем больше на рынке высококачественных программ для компьютера, тем активнее он покупается. Такой же процесс переживали и фирмы "третьего рынка", выпускающие периферийные устройства и аксессуары для компьютеров. К 1984 году, когда фирмы "Атари", "Коммодор" и "Амстрад" выпустили компьютеры, превосходящие "Спектрум 48", рынок был уже смещён в пользу Синклера, что продолжает чувствоваться и по сей день, а сам "Спектрум" уже выпускался более чем в 30 странах мира.

В 1984 году Синклер выпустил модель "Спектрум+", отличавшуюся усовершенствованной клавиатурой, а в конце 1985 – "Спектрум+ 128" ("Дерби"), имеющий 128К оперативной памяти и 32К ПЗУ. Кроме того, новая модель имела звуковой процессор.

В 1986 году компания Sinclair Research Limited была вынуждена под давлением финансовых и организационных трудностей продать все права на производство Спектрум-совместимых моделей французской фирме "Амстрад". Проблемы были связаны с неоправдавшей себя 32-разрядной моделью "Sinclair-QL". Она задумывалась как дешёвая альтернатива американским IBM PC, но в её концепцию был заложен ряд просчётов (например, использование в качестве внешней памяти микродрайвов вместо дисководов). Получилось так, что бытовым компьютером эта машина не стала по цене, а профессиональным – по своему аппаратному обеспечению. К тому же фирмы, выпускавшие программы, не поддержали эту, в общем-то,

замечательную модель, опередившую идеи "Амиги-500" и "Атари-520 СТ" как минимум на три года.

Положение компании усугублялось и недостаточной практической хваткой К. Синклера. Замечательный инженер, он так и не сумел стать бизнесменом. В самые напряжённые дни весь штат его фирмы не превышал 12 человек (в том числе и представительство в Бостоне), а доход от продажи 1 компьютера не превышал 1 фунта стерлинга.

Продав все права на производство и реализацию своих изделий, Синклер оставил себе исследовательскую лабораторию в Кембридже.

Последующие модели "ZX-Spectrum+ 2" (1986) – со встроенным магнитофоном и "ZX-Spectrum+ 3" (1987) – со встроенным дисководом, выпускались уже фирмой "Амстрад". Поэтому они так похожи по внешнему виду на компьютер "Амстрад-6128". Основным их преимуществом является полноценная клавиатура, в то время как встроенные магнитофон и дисковод воспринимаются скорее, как "нагрузка", непропорционально увеличивающая цену, особенно, если принять во внимание нестандартный диаметр дискет (3,0 дюйма), малую их ёмкость (180К) и практическую сложность переноса имеющихся кассетных версий программ на диск, граничащую с нецелесообразностью.

С 1986 года фирма "Таймекс" на своих заводах в Португалии начала выпускать для Европы компьютер "Таймекс-2048", практически полностью совместимый со "Спектрумом", но имеющий ряд преимуществ: улучшенную клавиатуру, встроенный порт манипулятора "джойстик", светоиндикатор и выключатель питания, две экранные области памяти и режим расширенной цветной графики. Для продажи в США эта фирма выпустила компьютер "Таймекс-2068" со сменными картриджами. При подключении одного из них компьютер становится Спектрум-совместимым, а при подключении другого – CP/M-совместимым (американцы не представляют себе 8-разрядный компьютер без системы CP/M так же, как и 16-разрядный – без MS DOS).

В заключение упомянем только о перспективной модели, планировавшейся к выпуску в 1987 году. В основу "Суперспектрума" ("Локки") был положен процессор Z-80H, который может работать с частотой 7 МГц. При такой скорости удастся организовать и обслужить два банка памяти по 64К и экран ёмкостью более 51К. Он имел бы разрешающую способность 192\*256 с возможностью одновременного воспроизведения 64-х цветов для каждой точки. Эта машина была задумана программно совместимой со "Спектрумом", стоила бы менее 200 фунтов и была бы серьёзным конкурентом для "Амиги". Но фирма "Амстрад", пользуясь своими правами, опасаясь конкуренции для своих машин, отказала в разрешении на её производство.

## Архитектуры ЭВМ

В 1966 г. М.Флинн (Michael Flynn) предложил классифицировать вычислительные системы по соотношению потоков команд и данных. Этот подход используется до наших дней.

Основоположником архитектуры ЭВМ, называемой компьютер с полным набором команд (Complete Instruction Set Computer - CISC), считают компанию IBM с ее базовой архитектурой IBM-360, ядро которой используется с 1964 года. К классическим CISC-архитектурам можно отнести архитектуру VAX. Микропроцессоры компании Intel (архитектурный ряд x86 и Pentium) достаточно близки к данной архитектуре.

Для CISC-процессоров характерно:

- сравнительно небольшое число регистров общего назначения;
- большое количество машинных команд, некоторые из которых функционально аналогичны операторам высокоуровневых языков программирования и выполняются за несколько тактов;
- большое количество методов адресации;
- большое количество поддерживаемых форматов команд различной разрядности;
- преобладание двухадресного формата команд.

Архитектура, называемая компьютер с сокращенным набором команд (Reduced Instruction Set Computer - RISC), появилась благодаря тому, что еще в середине 70-х годов некоторые разработчики компьютерных архитектур заметили, что даже у компьютеров сложной архитектуры большая часть времени уходит на выполнение простых команд. Это наблюдение легло в основу работ по созданию IBM 801 - первой RISC-машины, разработка которой была завершена в 1979 г.

Само понятие RISC было введено Дэвидом Паттерсоном (David Patterson), преподавателем университета Беркли, в 1980 году.

Основными чертами концепции RISC-архитектуры являются:

- одинаковая длина команд;
- единый формат команд, или, по крайней мере, использование не более двух-трех форматов;
- операндами всех арифметических и логических команд могут быть только регистры;
- команды выполняют только простые действия;
- выполнение любой команды производится не дольше, чем за один такт;
- большой регистровый файл;
- только простая адресация.

В системах программирования для RISC-архитектуры практически всегда присутствуют оптимизирующие компиляторы.

Архитектура с длинным командным словом (Very Long Instruction Word - VLIW) - это статическая суперскалярная архитектура. Несколько простых команд упаковывается компилятором в длинное слово. Слово соответствует

набору функциональных устройств. Распараллеливание кода производится на этапе компиляции, и в машинном коде уже присутствует явный параллелизм.

Примером реализации VLIW-архитектуры является суперкомпьютер Эльбрус-3. Собственно длинное командное слово занимает в нем 256 бит в упакованном виде и до 500 бит в распакованном представлении. Микрораспараллеливание на уровне операций обеспечивается как для скалярных, так и для векторных вычислений. В каждой команде в максимальном варианте может запускаться одновременно до 7 арифметико-логических операций. В качестве аргументов они могут использовать результаты ранее выполненных операций, поступающие непосредственно с выхода арифметико-логических устройств, либо из быстрой регистровой памяти (буферы стека емкостью 1024 слова или буферы считанных элементов массивов емкостью 512 слов). Предусмотрено одновременное параллельное обращение по 8 каналам в локальную и (или) глобальную память.

Развитием данной архитектуры являются вычисления с явным параллелизмом команд (Explicitly Parallel Instruction Computing - EPIC). Концепция EPIC разработана совместно компаниями Intel и Hewlett-Packard. Она обладает достоинствами VLIW, но лишена ее недостатков (например, использует специальные механизмы для исключения неэффективности кодов традиционных VLIW-архитектур, требовавших применения излишних команд для заполнения пустых машинных тактов). Данная архитектура имеет следующие основные особенности:

- масштабируемость архитектуры до большого количества функциональных устройств;
- явный параллелизм в машинном коде;
- предикатное выполнение команд, исключая переходы. Команды из разных частей условного ветвления снабжаются предикатными полями и запускаются параллельно.

## **Зарубежные суперкомпьютеры**

Первый транзисторный суперкомпьютер CDC 1604 создан Сеймуром Креем (Seymour Cray) в 1958 г. в компании Control Data Corporation (CDC). В этой компании С.Крей принимал участие также в разработке машин серии Cyber.

В дальнейшем развитие суперкомпьютеров связано с реализацией идей параллелизма. О параллельной обработке данных в свое время высказывался Ч.Биббидж. Первые проекты многопроцессорных ЭВМ были описаны в статьях Д.Холланда (1959 г.), Д.Слотника (1962 г.) и др.

Наибольшую известность на стыке 60 и 70-х годов получил ILLIAC IV (закончен к 1972 г.) - система с 16 процессорами, разработанная в корпорации Burroughs. Это первый компьютер, в котором использовалась быстрая память на микросхемах. Быстродействие такого компьютера достигало 150-200 Мфлопс. По производительности ILLIAC IV существенно

превосходил БЭСМ-6, но столь же существенно уступал советской машине по соотношению цена/производительность. Демонтирован ILLIAC IV был только в 1983 году.

В 1976 году началось производство первых в мире векторно-конвейерных суперкомпьютеров Cray-1. Эта машина была создана небольшим коллективом под руководством Сеймура Крея, который после того, как CDC решила прекратить работу над суперкомпьютерами, основал (1972 г.) свою компанию Cray Research для создания таких машин.

С.Крей (1925-1996) - американский специалист, признаваемый в мире, как первый разработчик суперкомпьютеров.

С.Крей - участник второй мировой войны. После демобилизации он получает степени бакалавра по электрике и магистра по математике. Работая в компании ERA, позднее превратившейся в Remington Rend, Крей участвует в разработках, положивших начало компьютерам ILLIAC. Но сверх основных обязанностей, выполняемых им в компании, он начинает конструировать свой компьютер. При этом С.Крей принимает ряд удачных решений. В частности, он использует принципы RISC-технологии еще до того, как эта технология была признана.



С.Крей

В результате сокращения финансирования Remington Rend вскоре переориентировалась на коммерческие компьютеры. Чтобы продолжить работу над линией ЭВМ для научных целей, С.Крей решил присоединиться к Б.Норису, создававшему в то время компанию CDC (Control Data Corporation).

Под руководством С.Крея в CDC ведется разработка и сборка больших машин, предназначенных для научно-исследовательских задач. Первый компьютер Крея - CDC 1604 был собран на транзисторной базе. Тем самым Крей доказал, что транзисторы, могут с успехом использоваться для построения вычислительных машин. Следующими двумя компьютерами Крея были большие ЭВМ CDC 6600 и CDC 7600, широко использовавшимися для решения научных задач.

В 1972 г. С.Крей решил основать собственную фирму Cray Research Inc. и приступить к проектированию ЭВМ Cray-1, построенной на интегральных схемах ЭСЛ типа. Объем памяти этой машины 8 Мбайт, поделенных на 16 блоков емкостью 64К 48-разрядных слов каждый, с суммарным временем доступа 12,5 нс. Имелась и внешняя память на магнитных дисках емкостью около 450 Мбайт, расширявшаяся до 8 Гбайт. Для машины был создан оптимизирующий транслятор с Фортрана, макроассемблер и специальная многозадачная ОС. На некоторых классах задач производительность доходила до 160 Мфлопс. Следует отметить, что Cray-1 был заметно дешевле, чем военные системы типа ILLIAC IV. Первый Cray-1 имел оригинальную конструкцию, в которой минимизировались длины проводников. Cray-1 стоил 8,8 млн долларов и был установлен в Национальной лаборатории в Лос-Аламосе.



Cray-1

Далее последовали разработки Cray-2 и Cray-3. Суперкомпьютеры Cray-2 (1985 г. быстродействие 2 млрд. оп./с) и Cray-3 (1989 г., 5 млрд. оп./с) были самыми производительными суперкомпьютерами мира в то время.

Тактовая частота Cray-3 опять рекордная - 500 МГц, что достигнуто благодаря использованию арсенид-галлиевых микросхем. Но к этому моменту столь мощные компьютеры еще не были востребованы и Cray-3, как и Cray 4 с частотой в 1 ГГц, так и не были проданы.

С.Крей погиб в автомобильной катастрофе в 1996 г.

К концу 80-х годов холодная война закончилась и финансирование военных проектов, неразрывно связанных с суперкомпьютерами, в США временно сократилось. Лидерство на мировом рынке сразу же захватили энергичные японские фирмы — Fujitsu, Hitachi и NEC. Предложенная ими коммерческая концепция распределенных вычислений в среде из множества дешевых микропроцессоров (в настоящее время признанная в Японии стратегической) быстро себя оправдала.

Летом 1995 г. два токийских университета продемонстрировали специализированный (предназначенный для моделирования задач астрофизики) суперкомпьютер GRAPE-4, собранный из 1692 микропроцессоров и обошедшийся всего в 2 млн. долл. Он первым в мире преодолел порог в 1 трлн. оп./с с результатом 1,08 Тфлопс. Через 15 месяцев компания Cray Research сообщила, что модель Cray T3E-900, насчитывавшая 2048 процессоров, побила рекорд японцев и достигла 1,8 Тфлопс. К тому времени результат NEC SX-4 составлял 1 Тфлопс, Hitachi SR2201 — 0,6 Тфлопс, а Fujitsu Siemens VPP700 — 0,5 Тфлопс.

В 1997 г. появились сообщения о проекте моделирования ядерного взрыва (ASCI) в Лос-Аламосской лаборатории, финансируемом министерством энергетики США. Созданный в соответствии с этим проектом комплекс ASCI Red на 9632 процессорах Pentium Pro компании Intel показал производительность сначала 1,8 Тфлопс, а затем 3,2 Тфлопс.

В 2002 г. в рамках ASCI временами удавалось добиться скорости обработки информации 10,2 Тфлопс. Был предложен проект поиска внеземных цивилизаций, объединяющий сотни тысяч пользователей ПК, предоставляющих ресурсы своих компьютеров для системы распределенных вычислений grid, в котором достигнута уникальная пиковая производительность 92 Тфлопс.

Мировыми лидером по производительности среди суперкомпьютеров стали в 2002 г. суперкомпьютер ASCI White компании IBM с 8192 процессорами и с производительностью 7,3 Tflops, в ноябре 2003 г. - компьютер Earth-Simulator японской компании NEC с производительностью в 35,9 Tflops, установленный в Японии в 2002 г. и включающий 5120 процессоров, а в ноябре 2004 г. - компьютер IBM BlueGene/L с 70,7 Tflops .



ASCI White

В 2004 г. порог в 10 Tflops преодолел китайский суперкомпьютер "Шугуан-4000А", установленный в Шанхае.

### **Отечественные ЭВМ, созданные под руководством С. А. Лебедева в ИТМиВТ**

Основные универсальные ЭВМ первого и второго поколений разрабатывались в СССР по оригинальным проектам отечественных специалистов. Основные работы велись в ИТМиВТ, Киевском институте кибернетики, ИНЭУМ, СКБ-245.

Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) создан в 1948 г. Его директорами назначались видные ученые: 1948 г. Н.Г.Бруевич, 1950 г. М.А.Лаврентьев, 1953 г. С.А.Лебедев, 1974 г. В.С.Бурцев, 1986 г. Г.Г.Рябов.

В 1950 г. М.А.Лаврентьев пригласил С.А.Лебедева возглавить (по совместительству с работой Лебедева в Киеве) основную лабораторию института по разработке вычислительных машин. Именно в этой лаборатории были созданы проекты таких ЭВМ, как БЭСМ, БЭСМ-2, М-20, БЭСМ-6. В ней начали свой творческий путь видные ученые и разработчики вычислительных машин В.С.Бурцев, В.А.Мельников, Г.Г.Рябов, Б.А.Бабаян и др. После кончины С.А.Лебедева работы по созданию отечественных ЭВМ серии Эльбрус продолжали его ученики. Однако принятые на правительственном уровне решения о главном направлении развития вычислительной техники в стране на базе ЕС ЭВМ (по аналогии с серией американских машин IBM-360) сократило возможности продолжения оригинальных отечественных линий БЭСМ-6 и Эльбрус.

Сергей Алексеевич Лебедев (1902 - 1974) - основоположник отечественной вычислительной техники.



С.А.Лебедев

Родился в Нижнем Новгороде. Окончил МВТУ им. Н.Э.Баумана. Работал в МВТУ и во Всесоюзном электротехническом институте.

В 1946 г. С.А.Лебедев был приглашен на работу в Киевский институт электротехники и теплоэнергетики, где под его руководством в период 1948-1951 г.г. создавалась первая отечественная вычислительная машина МЭСМ.

МЭСМ - малая электронная счетная машина первого поколения (1951 г.) Быстродействие 100 операций в с, представление чисел - с фиксированной запятой 16-ю двоичными разрядами, система команд - трехадресная. Имеются устройства арифметическое, управляющее, ввода/вывода, запоминающее на триггерах (емкость 31 число и 63 команды) и на магнитном барабане. Ввод с перфокарт или с штекерного устройства. Следовательно, архитектура и принципы построения МЭСМ были аналогичными тем, которые ранее уже использовались в ЭНИАКе, но которые, по-видимому, Лебедеву не были известны (в открытой печати сведения о фон-неймановской архитектуре появились позже). Машина включала 6000 электронных ламп и занимала отдельное крыло здания площадью 60 м<sup>2</sup>. Потребляемая мощность 25 кВт.

Коллектив разработчиков насчитывал всего 12 специалистов и 15 техников. МЭСМ задумывалась лишь как макет будущей ЭВМ, но практически стала реально используемой машиной, поэтому первая буква М в аббревиатуре МЭСМ вместо "модель" электронной счетной машины стала интерпретироваться как «малая».

Параллельно с работой в Киеве С.А.Лебедев руководит разработкой большой электронной счетной машины БЭСМ в ИТМиВТ. С 1953 г. С.А.Лебедев возглавляет этот институт. Первой созданной здесь ЭВМ стала машина БЭСМ - большая электронная счетная машина первого поколения, разрабатывавшаяся в течение 1950-1953 гг. Производительность - 8-10 тыс. операций в с. Представление чисел - с плавающей запятой, 39 двоичных разрядов. Первая модель БЭСМ имела сниженное быстродействие около 2000 операций в с из-за отсутствия потенциалоскопов для спроектированной памяти, которые были заменены ртутными линиями задержки. В 1956 г. начались поставки потенциалоскопов, но уже в 1958 г. от них отказались, так как были разработаны магнитные накопители на ферритовых сердечниках. Новая модель получила наименование БЭСМ-2. Было создано 7 экземпляров БЭСМ-2 на Казанском заводе счетно-аналитических машин.

БЭСМ-4 - вариант БЭСМ на полупроводниковой элементной базе (главный конструктор О.П.Васильев, научный руководитель С.А.Лебедев). Быстродействие - 20 тыс операций/с, емкость оперативной памяти - 16384 48-разрядных слова. К 1962-1963 гг. относится создание прототипа, к 1964 г. - начало серийного выпуска.

М-20 (главный конструктор С.А.Лебедев) - одна из лучших машин первого поколения (1958 г.) Быстродействие - 20 тыс операций/с,

разрядность 45 бит, внешняя память на магнитных барабанах и лентах. В этой машине применена первая операционная система ИС-2.

М-40 - компьютер (1960 г), считающийся первым Эльбрусом (на вакуумных лампах). быстродействие 40 тыс. оп/с. Главный конструктор С.А.Лебедев, его заместитель В.С.Бурцев. В 1961 г. зенитная ракета, управляемая компьютером М-40, на испытаниях успешно сбивает межконтинентальную баллистическую ракету, способную нести ядерное оружие.

Вершиной научных и инженерных достижений С.А.Лебедева стала БЭСМ-6, первый образец машины был создан в 1967 г. В ней реализованы такие новые принципы и решения, как параллельная обработка нескольких команд, сверхбыстрая регистровая память, расслоение и динамическое распределение оперативной памяти, многопрограммный режим работы, развитая система прерываний. БЭСМ-6 - суперЭВМ второго поколения. Быстродействие - 1 млн операций/с, емкость оперативной памяти - 64-128К 50-разрядных слов. В аппаратуре БЭСМ-6 использовано около 60000 транзисторов и 180000 полупроводниковых диодов. Эта ЭВМ стала основной вычислительной системой для многих предприятий в оборонных отраслях промышленности и оставалась таковой в течение более полутора десятков лет. Всего в базовом варианте было выпущено около 350 компьютеров БЭСМ-6. В 1975 г. управление полетом по программе «Союз-Аполлон» обеспечивал вычислительный комплекс на основе БЭСМ-6.

В создании программного обеспечения для машин М-40, М-50 и БЭСМ-6 активное участие принимал Лев Николаевич Королев. Под его руководством был разработан комплекс управляющих программ для системы противоракетной обороны страны на базе ЭВМ М-40 и М-50, а в 1967 г - первая операционная система для БЭСМ-6, названная позднее "Диспетчер-68".

Необходимо также отметить малоизвестный (из-за соображений секретности) компьютер 5Э926 на дискретных транзисторах, созданный С.А.Лебедевым и В.С.Бурцевым в 1964 г. Его быстродействие 0,5 млн оп/с, емкость оперативной памяти 32 тыс. 48-разрядных слов. Использовался в первой советской противоракетной системе обороны Москвы.



БЭСМ-6

## ЭВМ, созданные под руководством И.С.Брука и его учеников



И.С.Брук

Исаак Семенович Брук (1902-1974) - один из пионеров отечественной вычислительной техники.

И.С.Брук закончил МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1925 г. (в одной группе с ним учился С.А.Лебедев). По окончании учебы работал во Всесоюзном электротехническом институте, на заводе в Харькове, с 1935 г. - в Энергетическом институте АН СССР (в 1958 г. переименован в ИНЭУМ - Институт электронных управляющих машин). Занимался разработкой механических и электронных аналоговых интеграторов. В 1948 г. вместе с Б.И.Рамеевым разработал проект цифровой ЭВМ, который так и не был реализован. К созданию электронных цифровых вычислительных машин И.С.Брук вернулся в 1950 г. после принятия на работу талантливых выпускников МЭИ, среди которых были будущие крупные ученые и разработчики ЭВМ Н.Я.Матюхин и М.А.Карцев. Первой ЭВМ, созданной под руководством И.С.Брука в единственном экземпляре, стала машина М-1 (главный конструктор Н.Я.Матюхин). ЭВМ М-1 сдана в эксплуатацию в начале 1952 г. и стала второй ЭВМ после МЭСМ в стране и первой в Москве. На ней решались важные научные и инженерные задачи. Время сложения в этой машине 20 мс, умножения 2 с. Емкость оперативной памяти - 512 25-разрядных слов. В машине насчитывается 730 электронных ламп.

Николай Яковлевич Матюхин (1927-1984) - один из видных создателей вычислительной техники в СССР, один из первых разработчиков САПР вычислительных систем и устройств.

Н.Я.Матюхин в 1950 г. окончил МЭИ и был направлен на работу в Энергетический институт АН СССР в лабораторию И.С.Брука, где молодой специалист сразу же стал фактическим главным конструктором ЭВМ М-1, а после ее пуска в эксплуатацию переключился на разработку новой машины М-3.



Н.Я.Матюхин

В 1957 г. Н.Я.Матюхин перешел в НИИ автоматической аппаратуры, где в качестве главного конструктора участвовал в разработке ряда специализированных вычислительных комплексов для управления в системах ПВО. Это ЭВМ "Тетива" (1962 г.), 5Э63 (1965 г.), 5Э76 (1973 г.) и вычислительный комплекс 65с180 (1976 г.) и др. Некоторые из этих комплексов выпускались вплоть до 1992 г., например, машин 5Э63-1 было выпущено 330 шт.

Заслугой Н.Я.Матюхина является создание первой в СССР системы автоматизированного проектирования средств вычислительной техники АСП-1 (1968 г.). В частности, в этой системе для логического моделирования цифровых устройств был предложен язык МОДИС.

На базе лаборатории И.С.Брука в 1958 г. создан Институт электронных управляющих машин, Брук стал его первым директором. После М-1 в лаборатории И.С.Брука создаются ЭВМ М-2 и М-3.

М-2 - универсальная вычислительная машина, созданная под руководством И.С.Брука и М.А.Карцева. Быстродействие - 2 тыс операций/с.

Михаил Александрович Карцев (1923-1983) - один из создателей отечественной вычислительной техники в XX веке.



М.А.Карцев

М.А.Карцев - участник Великой отечественной войны. После войны окончил МЭИ. Работал в лаборатории И.С.Брука над созданием машины М-1. Главный конструктор ЭВМ М-2 и М-4 (1962 г.). Машина М-4 имела ряд модификаций.

В 1967 г. для реализации идей М.А.Карцева по созданию многомашинных вычислительных систем был создан НИИ вычислительных комплексов, который возглавил Михаил Александрович. В 1973 г. был сдан в эксплуатацию первый из нескольких десятков комплексов М-10. Это была машина третьего поколения с быстродействием 5 млн операций/с, с емкостью оперативной памяти 0,5 Мбайт. Комплекс малоизвестен, поскольку на его основе была создана система слежения за объектами в космосе с целью предупреждения о возможном ракетном нападении.

Следующий комплекс М-13 дорабатывался уже после смерти М.А.Карцева.

Машина М-3 - универсальная вычислительная машина, созданная в 1956 г. под руководством И.С.Брука и Н.Я Матюхина. Ее быстродействие - 1,5 тыс операций/с (с накопителем на ферритовых сердечниках). Документация на М-3 была передана в Ереван и Минск, где на основе М-3 спроектированы ЭВМ "Арагац", "Раздан" и Минск-1.

## **В.М. Глушков и ЭВМ, созданные под его руководством**

Виктор Михайлович Глушков (1923-1982) - выдающийся ученый в области кибернетики.

После четырех курсов Новочеркасского индустриального института В.М.Глушков перешел на пятый курс Ростовского (на Дону) университета. По окончании университета (1948 г.) молодой специалист-математик был направлен на Урал. Работал ассистентом в Свердловском лесотехническом институте. В 1950 г. защитил кандидатскую диссертацию. В 1956 г. по приглашению академика Б.В.Гнеденко переехал в Киев, став заведующим лабораторией вычислительной техники в институте математики АН УССР, т.е. возглавил ту лабораторию, которой до этого руководил уехавший в Москву С.А.Лебедев.



В.М.Глушков

В Киеве Виктор Михайлович занимается разработкой теории проектирования ЭВМ. Начиная с 1958 г., ведутся разработки управляющей ЭВМ "Днепр" (главный конструктор Б.Н.Малиновский, научный руководитель В.М.Глушков), а с 1961 г. началось внедрение этих машин на заводах страны. Эти машины появились одновременно с управляющими машинами в США и выпускались целое десятилетие (обычно срок морального старения ЭВМ составляет пять-шесть лет).

В 1962 г. по инициативе В.М.Глушкова создается институт кибернетики АН УССР, а в 1963 г. - СКБ вычислительных машин. Создаваемые в этих организациях проекты ЭВМ воплощались на Киевском и Северодонецком заводах управляющих машин.

После "Днепра" главное направление работ коллектива под руководством Глушкова - создание интеллектуальных ЭВМ. Началось с машин, упрощающих инженерные расчеты. Это миниатюрные (по тем временам) Проминь (1962 г.) и Мир-1 (1965 г.). Вслед за ними появились более совершенные машина инженерных расчетов Мир-2 и машина Мир-3 с входным языком Аналитик, близким к обычному математическому языку. «Миры» успешно выполняли аналитические преобразования. Разработками Института кибернетики заинтересовались в США. Единственный случай покупки американцами советской ЭВМ относится именно к машине Мир-1.

Важным направлением работ Института кибернетики была автоматизация управления предприятиями. Конечной целью этих работ было создание ОГАС - общегосударственной автоматизированной системы управления экономикой.

Сложность управления экономикой растет сверхлинейно, и Глушков предвидел, что без АСУ на государственном уровне экономику страны в ближайшие годы ждет кризис. Еще в 1964 г. им разработаны основные предложения по созданию ОГАС. Частью ОГАС было развертывание единой сети вычислительных центров (в США проект подобной сети ARPANET появился позже). Требовались значительные усилия и средства для реализации грандиозной задачи. Однако в должной мере эти предложения не были реализованы по ряду причин. Во-первых, руководство страны не вполне понимало, что может дать широкая компьютеризация экономики и каким образом ее надо осуществить. А мнения ученых по этим вопросам не были однозначными. Прежде всего против выступали многие представители экономической науки, также не понимавшие сути компьютеризации. В отличие от них наши стратегические противники в США поняли, что с помощью современных математических методов и информационных технологий плановая социалистическая экономика может иметь преимущества перед капиталистической, что приведет к поражению США в "холодной" войне. За рубежом были осуществлены контрмеры: подготовлены и опубликованы статьи, дискредитирующие как идеи ОГАС, так и самого Глушкова. Несмотря на это, А.Н.Косыгин поддерживал

Глушкова, однако после смерти Председателя Совмина СССР должной поддержки в Политбюро КПСС ОГАС не нашла.

## **Машины, созданные в московском СКБ-245 и в других организациях СССР**

Специальное конструкторское бюро № 245 (СКБ-245) создано в 1948 г., его основной задачей являлась разработка средств вычислительной техники в Советском Союзе. Начальником СКБ-245 был назначен М. А. Лесечко. Позднее М. А. Лесечко стал министром приборостроения и средств связи.

Одна из первых (наравне с БЭСМ) отечественных ЭВМ «Стрела» разрабатывалась в СКБ-245 министерства машиностроения и приборостроения СССР в 1950-1953 г.г. под руководством Ю.Я.Базилевского и Б.И.Рамеева. Быстродействие - 2000 операций/с, оперативная память 2048 43-разрядных слов. Машина трехадресная.

В группу разработчиков «Стрелы» входили Б.В.Анисимов, Д.А.Жучков, Н.В.Трубников, имена которых связаны с подготовкой инженерных кадров в МВТУ им. Н.Э.Баумана, Так, Б.В.Анисимов в 1952 г. основал и до конца жизни (1976 г.) руководил кафедрой «Математические машины».



Юрий Яковлевич Базилевский (1912-1983) был главным конструктором ЭВМ "Стрела", семь машин "Стрела" было изготовлено на Московском заводе САМ. В дальнейшем Ю.А.Базилевский руководил разработкой специализированных вычислительных комплексов М-111 и 5Э61 для оборонных систем, будучи главным инженером СКБ-245. В 1970–80-х годы работал в Минприборе заместителем министра

Башир Искандарович Рамеев (1918-1994) - талантливый конструктор электронных вычислительных машин, главный конструктор семейства (ряда) ЭВМ "Урал".



Б.И.Рамеев

Б.И.Рамеев работал в ЦНИИ связи, служил связистом в армии. В 1947 г. узнав о разработке американцами машины ЭНИАК, по совету А.И.Берга перешел на работу в лабораторию И.С.Брука, вместе с которым в 1948 г. впервые в СССР разработал проект цифровой электронной вычислительной машины (проект не был реализован). В 1949 г. направлен для разработки ЭВМ начальником отдела в СКБ-245, где был одним из ведущих разработчиков ЭВМ «Стрела». «Стрела» была сдана комиссии в 1953 г. и отмечена Сталинской премией. С 1955 г. Б.И.Рамеев - главный конструктор машин "Урал" в Пензенском НИИ математических машин.

В 1962 г. Б.И.Рамеев без защиты диссертации стал доктором технических наук.

Машина Урал-1 - первая из серии ЭВМ «Урал», созданная в 1957 г. под руководством Б.И.Рамеева в СКБ-245. Эта малая машина отличалась дешевизной и потому получила сравнительно широкое распространение в конце 50-х годов. Быстродействие - 100 операций/с, оперативная память (1024 слова) - на магнитном барабане. Вслед за Уралом-1 последовали Урал-2 с быстродействием 5000 операций/с с оперативной памятью на ферритовых сердечниках (1959 г.), Урал-11, Урал-14, Урал-16 - серия (ряд) аппаратно и программно совместимых ЭВМ второго поколения разной производительности. Эти машины создавались под руководством Б.И.Рамеева в 1962-64 гг. уже в Пензенском НИИ математических машин. Эта серия превзошла решения IBM-360, принятые в дальнейшем для разработки ЕС ЭВМ в странах СЭВ.

В 1967 г. Рамеев переходит работать начальником отдела в Научно-исследовательский институт электронных математических машин (НИЭМ), созданный в 1958 г. на базе СКБ-245.

За период 1958-1968 гг. в НИЭМ был разработан ряд ЭВМ как универсальных, так и специализированных для министерства обороны СССР. Заметной вехой в деятельности НИЭМ была разработка в период 1967-69 годов полупроводниковой ЭВМ М-222 коллективом под руководством Вениамина Степановича Антонова вместе с СКБ Казанского завода электронных вычислительных машин.

В.С.Антонов (1925-2004) - участник Великой отечественной войны, по окончании которой защитил диплом инженера в МАТИ. С 1950 г. работал в СКБ-245. После образования НИЦЭВТ В.С.Антонов активно участвовал в разработке ЕС ЭВМ. В 1973 г. под руководством главного конструктора В. С. Антонова была создана ЭВМ ЕС-1050, в 1977 г - ЕС-1060, при его участии обрабатывались ЭВМ ЕС-1066, двухмашинный комплекс ЕС-1068, операционные системы ОС-6 и ОС-7.



В.С.Антонов

Одним из главных конструкторов ЭВМ в НИЭМ был директор института Сергей Аркадьевич Крутовских (1928-1981). В 1964 г. в НИЭМ впервые в СССР были развернуты работы по проектированию и производству бортовых ЭВМ, получивших название "Аргон". Первые образцы ЭВМ "Аргон" появились в 1968 г. В частности, ЦВМ «Аргон-11С» работала на борту космического аппарата «Зонд», облетевшего Луну и сфотографировавших ее обратную сторону.

В 1968 г. НИЭМ входит в Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ), созданный для проектирования ЕС ЭВМ. Директором НИЦЭВТ становится С.А.Крутовских, его заместителем - В.К.Левин, разрабатывавший аван-проект ЕС ЭВМ.



С.А.Крутовских

Дискуссии о концепции и прототипах ЕС ЭВМ ведутся на протяжении 1967-69 годов и в конце концов побеждают сторонники (С.А.Крутовских, В.К.Левин, В.В.Пржиялковский, М.Р.Шура-Бура) построения ЕС ЭВМ на базе IBM-360. Против такого варианта активно выступали В.М.Глушков, С.А.Лебедев, Б.И.Рамеев. М.К.Сулим, но безуспешно.

Дискуссии о правильности принятых в то время решений продолжаются до сих пор. Противники ориентации на IBM-360 эти решения считают роковыми, затормозившими развитие отечественной вычислительной техники на многие годы. Б.И.Рамеев в знак протеста покинул НИЦЭВТ и в дальнейшем работал в ГКНТ.

В СКБ-245 и далее в НИИсчетмаш, руководимом М.К.Сулимом, совместно с ИТМиВТ разрабатывается машина М-20, а затем ее вариант на транзисторной элементной базе М-222.

Михаил Кириллович Сулим - один из видных разработчиков и организатор производства вычислительной техники в СССР.

Участник Великой отечественной войны М.К.Сулим окончил Киевский политехнический институт в 1951 г. Работал в СКБ-245, в НИИсчетмаш. Участвовал в создании М-20. После М-20 разрабатывались М-220 и М-222, главным конструктором этих машин был М.К.Сулим.

С 1959 г. Михаил Кириллович занимается руководящей работой в Госкомитете по радиоэлектронике, и далее в Министерстве радиопромышленности, где он дошел до должности заместителя министра. Курировал работу НИИ, КБ и заводов, проектировавших и выпускавших вычислительную технику.

После принятия решения о создании ЕС ЭВМ на базе IBM-360 в знак протеста М.К.Сулим покинул пост заместителя министра и вернулся на работу в НИИсчетмаш в качестве директора.



Я.А.Хетагуров

Дискуссии о концепции и прототипах ЕС ЭВМ Нельзя не упомянуть специализированные ЭВМ, разработанные в ЦНИИ «Агат» под руководством Я.А.Хетагурова. Ярослав Афанасьевич родился в 1926 г., окончил МВТУ им. Н.Э.Баумана. В 1962 г. появляется первая отечественная подвижная (в автоприцепе) полупроводниковая машина "Курс-1", предназначенная для работы в системе противовоздушной обороны страны. Эта машина

серийно изготавливалась на заводах Минрадиопрома вплоть до 1987 г. В интересах Военно-морского флота страны в «Агат» был создан ряд корабельных цифровых вычислительных систем, в том числе обеспечивавших стрельбу стратегического ракетного комплекса с подводной лодки.

Среди оригинальных разработок, выполненных в 60-е годы, следует назвать машины в остаточных классах Т-340А (1963 г.) и К-340А (1966 г.), созданные в НИИ-37 под руководством Д.И.Юдицкого и И.Я.Акушского.

Одним из крупных центров компьютерной промышленности в СССР, начиная с 60-х годов был Минск, где созданы завод ЭВМ и СКБ завода, позднее ставшее НИИ ЭВМ. Возглавил СКБ в 1964 г. Георгий Павлович Лопато (1924-2003). Его детищем является серия ЭВМ "Минск" (первая из машин серии «Минск-1» создана в 1960 г.). Под его руководством по заказу Минобороны разработан ряд мобильных вычислительных машин, совместимых с машинами ЕС ЭВМ.



Г.П.Лопато

В 1961 г. в Ленинграде на базе лаборатории, в которой работали приехавшие из-за рубежа Филипп Георгиевич Старос и Иозеф Вениаминович Берг, было создано конструкторское бюро КБ-2. В 1962 г. в КБ-2 была закончена разработка управляющей ЭВМ УМ1-НХ, нашедшей широкое применение в народном хозяйстве, а в 1964 г. - микроминиатюрная ЭВМ УМ-2, ориентированная на применение в аэрокосмических объектах. Но наиболее значительным результатом деятельности Ф.Г.Староса является его вклад в создание Научного центра микроэлектроники в Зеленограде, где некоторое время он работал главным инженером Центра и где использовались результаты разработки интегральных схем, полученные в КБ-2.

## ЕС и СМ ЭВМ

Начиная с 1969 г., радиоэлектронная промышленность СССР переключилась на производство преимущественно машин ЕС и СМ ЭВМ.

Уже после появления первых ЭВМ стала очевидной целесообразность перехода к построению единого ряда машин разной производительности (ЕС ЭВМ), но согласованных по системе команд, операционным системам и требованиям к определенным характеристикам внешних устройств. С этой целью в 1967 г. в Москве был создан Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ).

В СССР дискуссии относительно проекта ЕС ЭВМ велись во второй половине 60-х годов прошлого века. Обсуждались две альтернативы построения единого ряда: 1) на основе развития отечественного и западноевропейского опыта; 2) на основе американской серии машин IBM-360.

Первый вариант позволял продолжить развитие отечественного научного и инженерного потенциала с шансами сохранения конкурентоспособности отечественных ЭВМ, поскольку к этому времени мы имели одну из лучших машин в мире БЭСМ-6 и серию машин "Урал". При этом предполагалось взаимовыгодное сотрудничество с английскими и немецкими фирмами,

разрабатывавшими ЭВМ, поскольку эти фирмы тоже стремились к сотрудничеству с советскими специалистами.

Положительной стороной второго варианта была возможность использования программного обеспечения, уже созданного для IBM-360.

Ведь IBM начала выпуск серии компьютеров IBM-360 еще в 1964 г. Для английских и немецких ЭВМ столь объемных наработок не было. Сторонники с вариантом базирования на IBM-360 справедливо считали, что необходимо существенно расширить применение ЭВМ в народном хозяйстве, а этого без богатого программного обеспечения не сделаешь. Причем имелось в виду наличие программного обеспечения не только на данный момент, но и в перспективе, а у нас в стране в то время (по данным академика А.А.Дородницына) было приблизительно 1500 квалифицированных программистов по сравнению с 50000 в США. Кроме того, из ориентации на IBM-360 вытекало лишь требование совместимости с системой команд IBM-360 и еще не означало слепого копирования чужих решений.

Было принято решение в пользу второго варианта, и НИЦЭВТ становится головной организацией по программе ЕС ЭВМ.

Аван-проект ЕС ЭВМ разрабатывало Конструкторское бюро промышленной автоматики (КБПА) во главе с В.К.Левиным, а головной организацией по вопросам математического обеспечения стал Институт прикладной математики, где эти работы возглавляли М. Р. Шура-Бура и В. С. Штаркман.

Михаил Романович Шура-Бура родился в 1918 г., известен как крупнейший специалист в области вычислительной техники и программирования.



М.Р.Шура-Бура

В 1971 г. прошла совместные испытания первая машина Единой системы ЕС-1020, разработанная Минским НИИ ЭВМ (гл. конструктор В. В. Пржиялковский). В 1972 г. Ереванским НИИММ сдана ЕС-1030 (гл. конструктор М. А. Семерджян). В 1973 г. в ГДР под руководством гл. конструктора М. Гюнтера создана ЕС-1040. В НИЦЭВТ закончена разработка старших моделей: в 1973 г. ЕС-1050, в 1977 г. – ЕС-1060 (гл. конструктор обеих моделей В.С.Антонов), в 1984 г – ЕС-1066 (гл. конструктор Ю.С.Ломов). Генеральными конструкторами ЕС ЭВМ в этот период были С.А.Крутовских, (1968-1970 гг.), А.М.Ларионов (1970-1977 гг.), В.В.Пржиялковский (1977-1990 гг.), одновременно являвшиеся директорами НИЦЭВТ.

Для производства машин ЕС ЭВМ были задействованы заводы в Минске, Ереване, Казани, Пензе, Вильнюсе и в странах СЭВ.

К 1979 г. доля ЕС ЭВМ в парке ЭВМ страны составляла 72%. В серии ЕС ЭВМ наиболее массовыми были машины ЕС-1022 (к 1989 г. было выпущено около 3400 машин), ЕС-1033 (1405), ЕС-1035 (1872), ЕС-1045 (1069). Высокопроизводительных машин ЕС-1055, ЕС-1060 и ЕС-1061 было

произведено по несколько сотен. Всего за 20 лет промышленностью были поставлены для народного хозяйства и обороны страны более 16 тыс. вычислительных комплексов ЕС ЭВМ. Однако по своему техническому уровню эти машины значительно отстают от американских машин того же времени.



В.В.Пржиялковский

В начале 1974 г. в СССР было принято решение о создании семейств не только больших, но и малых ЭВМ с ориентацией на архитектуру машин PDP-11 американской компании DEC. Семейство малых машин получило название СМ ЭВМ. В развитии СМ ЭВМ значительную роль сыграл Институт электронных управляющих машин под руководством Б.Н.Наумова.



Б.Н.Наумов

Борис Николаевич Наумов (1927-1988) в 1950 г. окончил МЭИ по специальности "Автоматическое управление". В 1950-1967 гг. Б.Н.Наумов работал в Институте автоматики и телемеханики (ИАТ). В 1958—1959 г. был в командировке в Массачусетском технологическом институте (США), где встречался с Н.Винером. В 1967 г. возглавил ИНЭУМ (институт электронных управляющих машин) и стал главным конструктором АСВТ-М (Агрегатная система средств вычислительной техники на микроэлектронной базе). Уже в 1970 г. были созданы первые в стране управляющие вычислительные комплексы третьего поколения. При этом начали использоваться методы совмещенного (параллельного) проектирования.

В период 1974-1984 гг. Б. Н. Наумов руководил разработкой системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ) в качестве Генерального конструктора.

Одной машиной из серии СМ ЭВМ был компьютер СМ-1420, предназначенный для работы в составе АСУТП, систем сбора, подготовки и обработки данных, систем автоматизации научных экспериментов и т.п. Среднее быстродействие этой машины 0,30 Mips или 0,23 Mflops. Оперативная память 248 К.

Б. Н. Наумов был одним из инициаторов организации в составе АН СССР Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации, созданного в 1983 г. Б.Н.Наумов возглавил Институт проблем информатики АН СССР (ИПИАН), организованный по его инициативе.



СМ-1420

Для СМ ЭВМ были приняты стандарты «де-факто» архитектур малых ЭВМ, наиболее распространенных в мире, предложены интерфейсы, обеспечивающие использование общей для всех моделей номенклатуры периферийных устройств и устройств связи с объектом. Разработанные под руководством Б.Н.Наумова принципы и стандарты СМ ЭВМ, охватывающие в комплексе все аспекты унификации элементов, узлов и устройств, конструкций, рядов моделей ЭВМ, средств программирования, учитывали технологию и производственные возможности отечественной промышленности и обеспечили возможность организации крупносерийного производства.

На базе СМ ЭВМ был реализован ряд специализированных комплексов. Например, комплекс СМ-4 вместе с Фурье-процессором использовался для обработки радиолокационных изображений поверхности Венеры, что позволило справиться с уникальной по сложности задачей с помощью мини-ЭВМ вместо суперЭВМ.

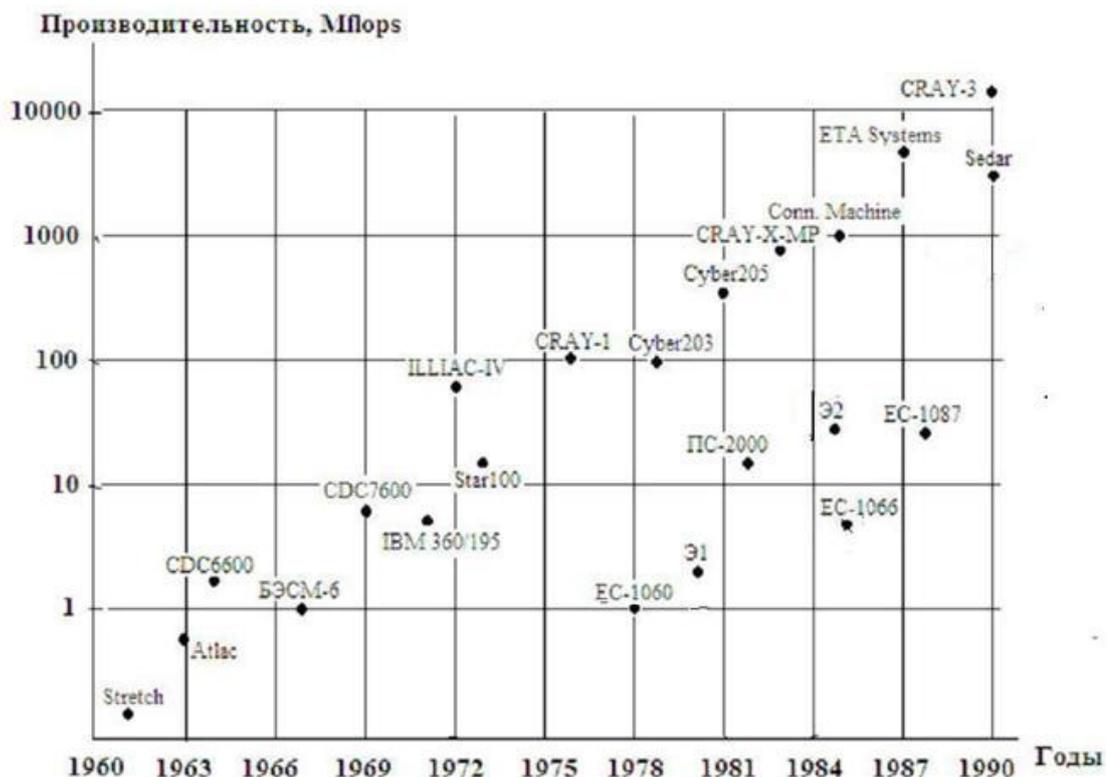


Рис. 1. Рост производительности ЭВМ в 60-80-е годы

К сожалению, именно с конца 60-х – начала 70-х годов, когда принято решение о построении ЕС ЭВМ на базе IBM-360, начинается отставание отечественной вычислительной техники от зарубежной. Среди причин можно назвать трудности становления НИЦЭВТа, как слаженно работающего коллектива, так как он собран из групп разработчиков нескольких организаций. Возможно, наличие прототипа IBM-360 так или иначе сковывало творческий потенциал разработчиков, направляя его на выяснение чужих решений. Во всяком случае, из рис. 1, на котором показано, как в 60-80-е годы изменялось быстродействие вычислительных систем, видно, что рост производительности ЭВМ в мире в целом подчинялся закону Г.Мура, а в отношении отечественных ЭВМ он был нарушен. Если БЭСМ-6 находилась в общем потоке роста производительности, практически не уступая лучшим зарубежным ЭВМ, то равноценную по производительности ЕС-1060 удалось получить только через 11 лет, когда американские разработчики ЭВМ ушли далеко вперед.

Но является ли решение о построении ЕС ЭВМ именно на базе IBM-360 причиной нашего отставания? Начиная с середины 70-х годов, когда в мире произошел переход к ЭВМ четвертого поколения, основным фактором нашего отставания следует все-таки считать отсутствие элементной базы, сопоставимой с зарубежными БИС и СБИС. Об этом свидетельствует тот факт, что линия Эльбрусов (машины Э1 и Э2) на рис. 1 также находится ниже общемировой тенденции роста производительности суперкомпьютеров.

А экономическая разруха 90-х годов усугубила ситуацию, отбросив Россию в число стран, отстающих не только от США, но также от многих стран Европы, Азии и даже Африки.

Производство ЕС ЭВМ в России окончательно прекратилось в 1995 г.

В последние годы в НИЦЭВТ, потерявшем значительную часть своего потенциала, разрабатываются вычислительные кластеры и серверы на базе современных коммерчески доступных компонентов.

Беда нашей вычислительной техники - не только значительное отставание само по себе. Как сказал в конце 80-х академик А.П.Ершов: "Мы не отстаем – мы идем не туда".

## **Отечественные суперкомпьютеры**

Исследования по многопроцессорным вычислительным системам в СССР были начаты в начале 60-х. Возможность построения суперкомпьютеров на принципах параллельного выполнения операций в однородных вычислительных средах была показана Э. В. Евреиновым и Ю. Г. Косаревым в Новосибирске в 1962 г. Работы, проводимые в Таганрогском радиотехническом институте под руководством А.В.Каляева (1922-2004), впоследствии ставшего академиком РАН, привели к созданию ряда многопроцессорных специализированных ЭВМ, первой из них в 1964 г. была создана цифровая интегрирующая машина Метеор-3.

Работы по использованию параллелизма в универсальных ЭВМ после принятия решения о построении ЕС ЭВМ на базе IBM-360 были продолжены в Москве. Над созданием суперЭВМ трудились ученики С.А.Лебедева – В.А.Мельников, В.С.Бурцев, Б.А.Бабаян.

Владимир Андреевич Мельников (1928-1993), выпускник МЭИ, участвовал в разработке БЭСМ, БЭСМ-2, БЭСМ-6, АС-6. В 80-е годы В. А. Мельников создает Институт проблем кибернетики АН СССР и становится его директором. Здесь он руководит разработкой векторно-конвейерной суперЭВМ «Электроника ССБИС», близкой по своей архитектуре к американской суперЭВМ Cray-1. Изготовление этой ЭВМ происходит на Калининградском заводе вычислительных машин.



В.А.Мельников и С.А.Лебедев

Техники АН СССР, в дальнейшем был директором ВЦКП РАН и Института Высокопроизводительных Вычислительных Систем. В 1992 г. стал действительным членом РАН.

В.С.Бурцев продолжает линию Эльбрусов в ИТМиВТ.

Всеволод Сергеевич Бурцев родился в 1927 г. Окончил Московский Энергетический Институт в 1951 г., в 1973-1984 годах возглавлял Институт Точной Механики и Вычислительной



В.С.Бурцев

Техники АН СССР, в дальнейшем был директором ВЦКП РАН и Института Высокопроизводительных Вычислительных Систем. В 1992 г. стал действительным членом РАН.

В 1979 г. появляется Эльбрус-1 - компьютер на основе суперскалярного RISC-процессора, разработанный в ИТМиВТ, генеральный конструктор В.С.Бурцев. В 1984 гг. под его руководством создан 10-процессорный суперкомпьютер Эльбрус-2, который использовался в Российской противоракетной системе, ЦУПе, Арзамасе-16 и Челябинске-70. .

Проект 16-процессорного компьютера Эльбрус-3 производительностью 125 млн операций в секунду с большой локальной оперативной памятью для каждого процессора (16 Мбайт) и глобальной общей для всех процессоров памятью (2 Гбайт) появился в 1985 г. Ключевой фигурой в его создании был Борис Арташесович Бабаян, окончивший Московский физико-технический институт (в 1957 г.). Параллельно с развитием Эльбрусов в 80-е годы разрабатывались матричные процессоры ПС-2000 и ПС-3000. Однако громоздкие Эльбрусы, несмотря на использование в них ряда интересных архитектурных решений, проигрывали зарубежным суперкомпьютерам из-за несовершенной элементной базы.

В 1986 году вышло постановление правительства СССР о создании вычислительного комплекса «Эльбрус-90 микро». Обязательным условием было использование в новой разработке только отечественных решений,

элементной базы и программного обеспечения. К 1990 году микропроцессор для «Эльбрус-90 микро» был спроектирован, началась подготовка к его изготовлению в Зеленограде. Но в стране начались политические и экономические преобразования, обрушившие электронную промышленность. Большинство разработчиков из ИТМиВТ ушло, часть из них оказалась в компании МЦСТ, созданной Б.А.Бабаяном. Именно в МЦСТ (научный руководитель Б.А.Бабаян, генеральный директор Александр Ким), входящей в группу компаний Эльбрус, были продолжены работы над компьютерами семейства Эльбрус.

В конце 1997 года были завершены заводские, а в 1998-м - государственные испытания «Эльбруса-90 микро», утверждена документация для серийного производства, изготовлена опытная партия. «Эльбрус-90 микро» отличается от предыдущих Эльбрусов несравненно меньшими габаритами и большей надежностью.



Б.А.Бабаян

Дальнейшие разработки МЦСТ - микропроцессор E2k, создаваемый по архитектуре EPIC (командные слова по 512 бит) и 0,13 мкм технологии стандартных блоков, и суперЭВМ Эльбрус-3М с производительностью 8 млрд операций/с на один процессор. Эти решения полностью отечественные, хотя заказы на производство микропроцессоров E2k размещаются в Израиле и на Тайване.

В 2004 г. коллектив разработчиков Эльбрусов во главе с Б.А.Бабаяном перешел на работу в компанию Intel.

Современные отечественные суперЭВМ строятся на зарубежной элементной базе.

В 2002 г. в список 500 наиболее производительных компьютеров мира (Top500) впервые вошел российский суперкомпьютер, заняв 74-е место.

Это суперкомпьютер МВС1000М, установленный в Межведомственном суперкомпьютерном центре (создан в 1996 году совместным решением Российской академии наук, Министерством науки и технологии, Министерством образования и Российским фондом фундаментальных исследований) и имеющий производительность 735 Gflops. Его разработка велась под руководством В.К.Левина.



В.К. Левин

Владимир Константинович Левин родился в 1929 г., окончил Московский энергетический институт в 1950 г. Далее работал в Конструкторском бюро промышленной автоматики (КБПА) Министерства радиопромышленности. Был в 1958–1965 гг. заместителем главного конструктора первой отечественной полупроводниковой высокопроизводительной вычислительной машины

общего назначения «Весна». С 1968 по 1976 гг. работал главным инженером НИЦЭВТ, затем вернулся в КБПА, переименованное в НИИ «Квант», для разработки высокоскоростных вычислителей. Под его руководством созданы

многопроцессорные вычислительные системы (МВС), упоминаемые в списках Top500.

В состав МВС1000М входят 5 вычислительных узлов, один управляющий узел, коммутирующая сеть Myrinet. Суперкомпьютер построен на процессорах Alpha, число процессоров 768. Объем оперативной памяти системы - 768 Гбайт. Система работает под управлением операционной системы Red Hat Linux 6.2, поддерживающей многопроцессорные системы.



МВС-1000М

В списке Top500 2004 года на 210 месте значится новый российский компьютер МВС5000БМ производительностью 1,4 Tflops, выполненный как BladeServer на 336 микропроцессорах PowerPC 1,6 ГГц, коммутирующая система Myrinet.

Отрадно, что в этом списке на 98-м месте появился установленный в Белоруссии компьютер СКИФ К-1000 с производительностью в 2 Tflops, в создании которого участвовали около 20 российских и белорусских предприятий, включая Институт программных систем РАН. Он выполнен на микропроцессорах Opteron 2,2 ГГц, коммутирующая система построена на основе технологии Infiniband.

## **Квантовые компьютеры**

Еще в начале 80-х г. нашего столетия лауреат Нобелевской премии по физике Ричард Фейман (82) заметил, что определенные квантово-механические операции нельзя в точности переносить на классический компьютер. Это наблюдение натолкнуло на мысль, о том, что вычисления будут более продуктивными, если они будут производиться при помощи квантовых операций.

Например, ученые, занимающиеся квантовыми исследованиями пришли к выводу, что практически невозможно напрямую рассчитать состояние эволюционирующей системы, состоящей всего лишь из нескольких десятков взаимодействующих частиц, например молекулы метана ( $\text{CH}_4$ ). Объясняется это тем, что для полного описания сложной системы необходимо держать в памяти компьютера экспоненциально большое (по числу частиц) количество переменных. Возникла парадоксальная ситуация: зная уравнение эволюции, зная с достаточной точностью все потенциалы взаимодействия частиц друг с

другом и начальное состояние системы, практически невозможно вычислить ее будущее, даже если система состоит лишь из 30 электронов в потенциальной яме, а в распоряжении имеется суперкомпьютер с оперативной памятью, число битов которой равно числу атомов в видимой области Вселенной(!). И в то же время, для исследования динамики такой системы можно просто поставить эксперимент с 30 электронами, поместив их в заданные потенциал и начальное состояние.

На это, в частности, обратил внимание русский математик Ю. И. Манин, указавший в 1980 году на необходимость разработки теории квантовых вычислительных устройств. В 1980-е годы эту же проблему изучали американский физик П. Бенев, явно показавший, что квантовая система может производить вычисления, а также английский ученый Д. Дойч, теоретически разработавший универсальный квантовый компьютер, превосходящий классический аналог.

Однако создание квантовых компьютеров и машин, в которых используются квантовые операции, оказалось очень сложным, поэтому это направление развивалось крайне медленно. Но так продолжалось только до 1994 года – когда Питер Шор, удивив мир, описал квантовый алгоритм разложения целых чисел на множителя за полиномиальное время.

### ***Значение открытия***

Всем известно, что скромный продукт фирмы RSA Data Security, Inc., названный так в честь его авторов – американских математиков Ривеста, Шамира и Адельмана, встроен в большинство продаваемых операционных систем, а также во множество других приложений, используемых в различных устройствах – от смарткарт до сотовых телефонов.

Алгоритм RSA – самый распространенный метод шифрования с открытым ключом. Причем для создания пары открытого и закрытого ключей используется следующая важная гипотеза. Если имеется два больших (требующих более сотни десятичных цифр для своей записи) *простых* числа  $M$  и  $K$ , то найти их произведение  $N=MK$  не составит большого труда (для этого даже не обязательно иметь компьютер: достаточно аккуратный и терпеливый человек сможет перемножить такие числа с помощью ручки и бумаги). А вот решить обратную задачу, то есть, зная большое число  $N$ , разложить его на простые множители  $M$  и  $K$  (так называемая *задача факторизации*) – практически невозможно!

Для проверки справедливости гипотезы о практической сложности разложения на множители больших чисел проводились и до сих пор еще проводятся специальные конкурсы. Рекордом считается разложение всего лишь 155-значного (512-битного) числа. Вычисления велись параллельно на многих компьютерах в течение семи месяцев 1999 года. Если бы эта задача выполнялась на одном современном персональном компьютере, потребовалось бы примерно 35 лет машинного времени! Расчеты показывают, что с использованием даже тысячи современных рабочих станций и лучшего из известных на сегодня вычислительных алгоритмов

одно 250-значное число может быть разложено на множители примерно за 800 тысяч лет, а 1000-значное - за  $10^{25}$ (!) лет. (Для сравнения возраст Вселенной равен  $\sim 10^{10}$  лет.)

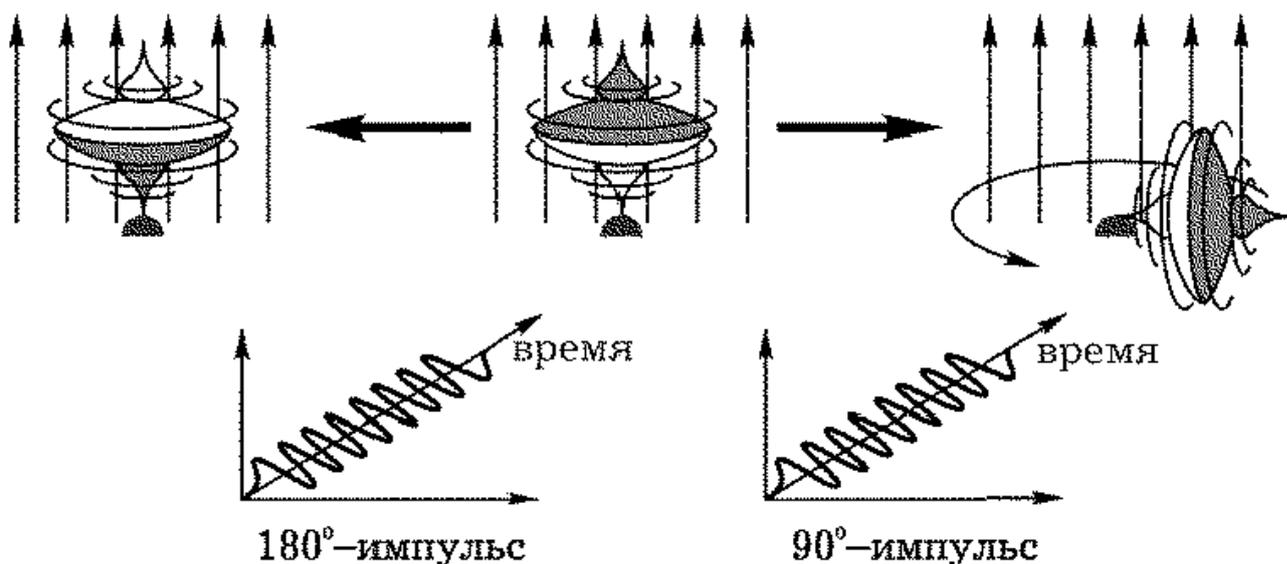
Поэтому криптографические алгоритмы, подобные RSA, оперирующие достаточно длинными ключами, считались абсолютно надежными и использовались во многих приложениях.

Оказывается, используя законы квантовой механики, можно построить такие компьютеры, для которых задача факторизации (и многие другие!) не составит большого труда. Согласно оценкам, квантовый компьютер с памятью объемом всего лишь около 10 тысяч квантовых битов способен разложить 1000-значное число на простые множители в течение всего нескольких часов

В это время теория квантовых компьютеров и квантовых вычислений утвердилась в качестве новой области науки.

### *Квантовая информация*

Основная ячейка квантового компьютера – квантовый бит, q-бит. Это квантовая частица, имеющая два базовых состояния, которые обозначаются  $|0\rangle$  и  $|1\rangle$ . Двум значениям q-бита могут соответствовать, например,



направления вверх и вниз спина атомного ядра.

В отличие от классического бита, q-бит может находиться в состоянии суперпозиции, то есть одновременно в состоянии 1 и 0. Обычное классическое толкование этой ситуации – это изображение оси спинов частиц под углом  $90^\circ$  к постоянному магнитному полю.

Если один q-бит находится в суперпозиции двух состояний 0 и 1, то 2 q-бита могут находиться в суперпозиции четырех состояний: 00, 01, 10, 11.

Если имеется классический и квантовый регистры, импульс, который можно рассматривать как вычислительную операцию для классического регистра, изменит  $m$  переменных. Если же это квантовый регистр, то тот же импульс может одновременно преобразовать  $2^m$  переменных. Таким образом,

квантовый регистр, в принципе, способен обрабатывать информацию в  $2^m$  / m раз быстрее по сравнению со своим классическим аналогом.

Этим и объясняется экспоненциальное увеличение скорости вычислений по сравнению с классическими компьютерами.

Состояния суперпозиции называют запутанными состояниями, для которых существует парадокс ЭПР. Заключается в том, что с помощью ЭПР пары можно распространять сигналы быстрее скорости света.

### ***Квантовые алгоритмы***

В 1996 году коллега Шора по работе в Lucent Technologies Лов Гровер предложил квантовый алгоритм быстрого поиска в неупорядоченной базе данных. Если для обнаружения произвольной записи среди  $N$  записей с вероятностью успеха 50% классическим методом требуется в среднем  $N/2$  обращений, то квантовому методу Гровера для достижения той же вероятности достаточно числа обращений, пропорционального квадратному корню из  $N$ . Например, если вы ищете имя в неотсортированном списке из 100 млн. разных имен, то классическому алгоритму, чтобы найти его с вероятностью 50/50, придется проверить 50 млн. имен. Квантовому компьютеру, исполняющему алгоритм Гровера, для той же цели потребуется всего 10 тыс. обращений к базе данных. 5000-кратное ускорение.

### ***Построение квантового компьютера***

Ученые проводят эксперименты для построения КК с использованием ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

ЯМР оперирует с квантовыми частицами в ядрах внутри молекул жидкости. Частицы со спином действуют как крошечные магнетики и будут выстраиваться вдоль приложенного внешнего магнитного поля. Две противоположные ориентации соответствуют двум квантовым состояниям с различными энергиями, которые составляют  $q$ -бит. Можно сказать, что параллельный спин соответствует числу 1 и антипараллельный – 0.

В дополнение к этому ЯМР использует переменные электромагнитные поля. Прикладывая переменное поле на правильной частоте, определенные спины можно заставить перевернуться в другое состояние. Это особенность позволяет переориентировать ядерные спины по желанию. Например, протоны (ядра водорода), помещенные в магнитное поле с напряженностью 10 тесла, можно заставить изменить направление спина, прикладывая магнитное поле, осциллирующее с частотой 400 МГц – то есть на радиочастотах.

Группа исследователей из Гарвардского и Массачусетского университетов в качестве эксперимента использовали хлороформ  $\text{CHCl}_3$ .

Прототипы квантовых компьютеров существуют уже сегодня. Правда, пока что экспериментально удается собирать лишь небольшие регистры, состоящие всего из нескольких квантовых битов. Группа, возглавляемая американским физиком И. Чангом (IBM), объявила о сборке 5-битового квантового компьютера. Несомненно, это большой успех. Квантовые

системы еще не способны обеспечить надежные вычисления, так как они либо недостаточно управляемы, либо очень подвержены влиянию шумов.

### ***Альтернатива***

Предлагается собирать квантовые регистры из миниатюрных сверхпроводниковых колец. Каждое кольцо выполняет роль q-бита, а состояниям 0 и 1 соответствуют направления электрического тока в кольце - по часовой стрелке и против нее. Переключать такие q-биты можно магнитным полем.

Два варианта размещения q-битов в полупроводниковых структурах. В первом случае роль q-бита выполняет электрон в системе из двух потенциальных ям, создаваемых напряжением, приложенным к мини-электродам на поверхности полупроводника. Состояния 0 и 1 - положения электрона в одной из этих ям. Переключается q-бит изменением напряжения на одном из электродов. В другом варианте q-битом является ядро атома фосфора, внедренного в определенную точку полупроводника. Состояния 0 и 1 - направления спина ядра вдоль либо против внешнего магнитного поля. Управление ведется с помощью совместного действия магнитных импульсов резонансной частоты и импульсов напряжения.

## **Основные вехи в истории телекоммуникаций и сетей**

Еще до появления первых компьютерных сетей были созданы теоретические основы телекоммуникаций и электросвязи.

В 1948 г. Клод Шеннон (Claude Shannon) опубликовал работу «Математическая теория связи», заложившую фундамент современной теории связи. В ней он представил свою унифицированную теорию передачи и обработки информации, предложил оценку количества информации.

Теория кодирования ведет свою историю с работы Ричарда Хэмминга (1950 г.), в которой им предложен блочный код, корректирующий одиночные ошибки, возникающие при передаче сообщений.

В 1961 г. Леонард Клейнрок (Leonard Kleinrock) опубликовал работу, в которой он предложил выполнять передачу данных с помощью коммутации пакетов. Смысл технологии коммутации пакетов заключается в разделении сообщения на части (пакеты), передаче пакетов по сети и сборке сообщения в узле назначения. Работая в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, Л.Клейнрок внес значительный вклад в создание первой сети ARPANET.

В 1962 г. концепцию компьютерной сети предлагает также Джон Ликлайдер (J.C.R.Licklider) из Массачусетского технологического института (MIT). В своей работе "Galactic Network" он говорит о возможности существования в будущем глобальной компьютерной связи между людьми, имеющими мгновенный доступ к программам и базам данных из любой точки земного шара, т.е. предсказывает появление сети Internet.

В 1965 г Лоренс Робертс и Томас Мерилл впервые соединили два удаленных компьютера с помощью низкоскоростных телефонных коммутируемых линий, экспериментально доказав возможность построения территориальных сетей. А сеть ARPANET, являющаяся прообразом Интернет, создана в 1969 г., благодаря совместным усилиям Калифорнийского университета и специалистов из агентства ARPA, которое возглавил Д.Ликлайдер.

Агентство ARPA (Агентство передовых исследовательских проектов или Advanced Research Projects Agency) было создано для поддержки науки и образования в США сразу после запуска в СССР первого искусственного спутника Земли. Перед ARPA поставлена задача - ликвидировать отставание США в космических исследованиях. Агентство располагало несколькими миллиардами долларов, которые оно распределяло между университетами и компаниями, ведущими разработки компьютерных сетей. Под руководством Д.Ликлайдера в ARPA велись работы, которые и привели к созданию ARPANET путем создания связи между компьютерами Агентства и Стенфордского университета. Первая попытка передачи данных между четырьмя удаленными компьютерами была предпринята в 1969 г., а в начале 70-х годов ARPANET работала с пиковой скоростью 0,25 Мбит/с, обслуживая около 200 пользователей.

Но еще раньше (1967 г.) первую в мире локальную вычислительную сеть (ЛВС) создает Дональд Дэвис (Donald Davies) в Национальной физической лаборатории Великобритании (British National Physics Laboratory). Д.Дэвис в дальнейшем занимается проблемами защиты информации.

В 1968 г. в Швеции Олаф Содерблум из компании IBM разработал локальную сеть Token Ring. В том же году Министерство обороны США выпускает первый в мире стандарт на сетевые технологии MIL-STD-1553, посвященный локальным вычислительным сетям. В.Чу (W. W. Chu) ввел термин “Asynchronous Time Division Multiplexing” — так зарождается идея технологии АТМ.

Очевидно, что для взаимодействия сетей они должны обладать свойством открытости. Открытость обеспечивается прежде всего стандартизацией протоколов. Важную роль в развитии стандартизации в области сетевых технологий играет Институт инженеров по электротехнике и электронике (ИЭЕЕ). История ИЭЕЕ начинается с появления в 1884 г. Американского института инженеров по электротехнике. В 1912 г. создается Институт радиоинженеров (The Institute of Radio Engineers), в нем организуется комитет стандартов. В 1963 г. эти институты объединились, породив ИЭЕЕ.

В 1970 г. на Гавайских островах Норман Абрамсон (Norman Abramson) создал сеть Aloha — прообраз Ethernet и RadioEthernet. Это была первая в мире пакетная радиосеть, использовавшая случайный метод доступа к среде передачи данных - пакеты передавались в эфир, когда в этом возникала необходимость. Если через какое-то время возвращалось посланное таким же простым методом подтверждение получения, то сообщение считалось

доставленным. Если подтверждение не приходило, следовала повторная попытка передачи.

В 1972 г. Рэй Томлисон (Ray Tomlison) из компании VBN (США) разработал систему электронной почты. С тех пор более чем на десять лет электронная почта была крупнейшим сетевым приложением и остается важнейшим сервисом после Web.

1973 г. отмечен появлением мобильной телефонной связи.

Этот год можно считать датой начала работ над Ethernet - Роберт Меткалф (фирма Херох) подает записку с предложением создать Ethernet – одну из первых в мире локальных вычислительных сетей. Слово Ethernet происходит от "ether" - эфир, оно использовано, поскольку одним из предшественников Ethernet была радиосеть PRNET. Проект Ethernet реализован Р.Меткалфом в 1976 г.



Р.Меткалф

Роберт Меткалф родился в 1946 г. Учился в Массачусетском технологическом институте. Участвовал в разработке сети ARPANET. Сеть Ethernet он создал, выполняя задание фирмы по перекачке данных с компьютера на лазерный принтер со скоростью, существенно более высокой чем допускает RS-232. Впоследствии Меткалф основал известную телекоммуникационную

компанию 3Com.

В 1974 г. группа Internet Network Working Group (INWG), руководимая Винтоном Серфом, представила проект универсального протокола передачи данных и объединения сетей - TCP/IP. Далее проект дорабатывался специалистами ARPA и в 1979 г. стек протоколов TCP/IP был сформирован.

В 1975 г. фирмой DEC создается сеть Decnet, развивавшаяся вплоть до 1990 г.

В 1977 г. достигнуто объединение компьютеров в сеть на общей платформе. Тем самым ARPANET преобразуется в Internet.

В 1978 г. Международная организация стандартизации разработала семиуровневую модель открытой сетевой архитектуры.

В 1979 г. три ведущие фирмы — Херох, DEC и Intel — объединили свои усилия, чтобы стандартизовать Ethernet. Произошло это при посредничестве Р.Меткалфа, который считает это объединение даже более важной своей заслугой, чем изобретение самой Ethernet.

В том же году Американский национальный институт стандартов (ANSI) сформировал группу специалистов для разработки высокоскоростного канала обмена данными. Результатом разработки стала высокоскоростная (по тем временам) локальная вычислительная сеть FDDI.

В 1981 г. создана аналоговая система сотовой связи NMT-450.

В 1981 г. начинает функционировать глобальная сеть Bitnet (Because It's Time Network), объединяющая преимущественно университеты и научные центры.

В 1982 г. Европейская конференция администраций почт и электросвязи (CEPT), объединяющая администрации связи 26 стран, создала специальную группу Groupe Special Mobile (GSM). Аббревиатура наименования группы и дала название новому стандарту. Тем не менее, позднее в связи с широким распространением этого стандарта во всем мире, GSM стали расшифровывать как «Global System for Mobile Communications».

В 1983 г. происходит перевод Internet (точнее, ARPANET) на стек протоколов TCP/IP, состоявшийся 1 января. Переход тщательно планировался всеми заинтересованными сторонами в течение нескольких предшествующих лет и прошел на удивление гладко (аналогично переходу в третье тысячелетие - решению проблемы 2000 г.) В том же году введена доменная система имен DNS.

В 1986 г. на основе технологии ARPANET была создана NSFNET (the National Science Foundation NETwork - сеть национального научного фонда США), в создании которой приняли непосредственное участие NASA и Министерство энергетики США. Задачей этой сети было предоставление научной общественности США доступа к суперкомпьютерам, а также создание основной опорной межрегиональной магистрали (Backbone) с базовой скоростью 56 Кбит/с. Предложенная магистральная сеть имела иерархическую структуру - локальные подсети соединялись через один из своих узлов с суперкомпьютерным центром, центры были связаны друг с другом.

Существовавшие магистральные сети нуждались в повышении пропускной способности и в унификации протоколов для совместимости разных сетей. Ответом на эти потребности было создание в 1987 г. канала T-1 со скоростью 1536 Кбит/с. В 1990 г. появляется магистраль T-3 с пропускной способностью 45 Мбит/с.

Известно, что термин «гипертекст» был впервые предложен Тедом Нельсоном (Theodor Nelson) в 1965 г., а первые работающие гипертекстовые системы создали в 1967 г. Энди Ван Дам (Andy van Dam) и в 1968 г. - изобретатель «мыши» Дуг Энгельбарт (Douglas Englebart). Иногда их называют отцами гипертекста.

Однако первые признаки гипертекста можно найти еще в работах Ванневары Буша. Именно он в 1945 г. в проекте машины Memex предложил механизм перекрестных ссылок, аналогичный используемому в современном гипертексте. Ссылки предлагалось реализовать с помощью вспомогательных полей в теле документов. Этот механизм направлен на создание из отдельных документов виртуальных книг в соответствии с потребностями пользователей.

История языков разметки началась в 60-е годы, когда сотрудники IBM Ч.Гольтфарб, Э.Мошер и Р.Лори разработали язык GML (General Markup Language) для переноса документов между разными вычислительными устройствами. Уже в 80-е годы этот язык получил название SGML в стандарте ISO 8879. Язык SGML по-прежнему рассматривается как основной

язык разметки в современных интерактивных технических руководствах по эксплуатации сложной техники.



В.Буш

История языков разметки началась в 60-е годы, когда сотрудники IBM Ч.Гольтфарб, Э.Мошер и Р.Лори разработали язык GML (General Markup Language) для переноса документов между разными вычислительными устройствами. Уже в 80-е годы этот язык получил название SGML в стандарте ISO 8879. Язык SGML по-прежнему рассматривается как

основной язык разметки в современных интерактивных технических руководствах по эксплуатации сложной техники.

В 1990 г. британец Тим Бернерс-Ли вместе с Робертом Киллиау (R.Cailliau) в Европейской физической лаборатории (CERN) разработал язык гипертекстовой разметки HTML, предложил протокол World Wide Web (WWW) для специальной сети, объединяющей физиков мира, и разработал первый Web-браузер. Бернерсу-Ли принадлежит приоритет в трех важнейших компонентах Web: определение спецификаций URL (Universal Resource Locator), протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol) и собственно язык разметки HTML (HyperText Markup Language).



Т.Бернерс Ли

Среди предшественников Т.Бернерса-Ли заметное место занимает Тед Нельсон. Ему принадлежит грандиозный, но так и не осуществленный проект глобальной гипертекстовой базы письменных документов Xanadu (1981 г.).

В 1993 г. Марк Андреесен (M.Andreessen), работавший в Университете штата Иллинойс (США), написал программу первого графического сетевого браузера Мозаик, а в 1994 г. создана поисковая система "Yahoo!". Именно с момента выпуска Мозаик началось триумфальное шествие WWW по планете. В дальнейшем М.Андреесен создал и возглавил компанию Netscape Communications.

В 1994 г. образовался консорциум W3C (W3 Consortium), который стал заниматься вопросами стандартизации в мире Интернета. Прежде всего была разработана спецификация HTML 2.0. Далее была добавлена система CSS (Cascading Style Sheets). В 1996 г. на базе SGML и HTML создан язык XML, который вместе с HTML составляет основу для разработки баз гипертекстовых документов в Internet.

День 10 февраля 2004 г. принято считать днем рождения семантической сети (Semantic Web), в этот день консорциум W3C, возглавляемый Т.Бернерс Ли, утвердил спецификацию языка сетевых онтологий OWL (Web Ontology Language).

В 90-е годы получили развитие высокоскоростные локальные сети. В 1993 г. была предпринята попытка объединить технологии Ethernet и Token Ring, в результате появилась сеть 100VG-AnyLAN с информационной скоростью в

100 Мбит/с. Но более значимыми были результаты развития собственно Ethernet: в 1995 г. принят стандарт IEEE 802.3u на сеть Fast Ethernet, в том же году начаты работы над Gigabit Ethernet, а в 2002 г. стандартизована технология 10GE 10-гигабитной Ethernet.

В области подвижной радиосвязи общего пользования одним из важных событий было появление в 1995 г. стандарта IS-95 - первого стандарта сотовой связи, посвященного технологии кодового разделения каналов CDMA.

В СССР одной из первых ЛВС стала ЛВС в ФИАН им. П. Н. Лебедева (Москва), разработанная в 1975 г.

История российского Интернета не слишком богата событиями. В Советский Союз Интернет пришел в 1990 г. - 1 августа компания Релком (компьютерная сеть того же названия была создана на базе Курчатовского института атомной энергии) объединила несколько своих сетей на территории СССР. Вскоре сеть Релком была подсоединена к европейской сети EUNET. В 1993 г. сеть EUnet/Relcom была официально подключена к Интернету и был зарегистрирован домен RU, что и следует считать началом присутствия России в Интернете.

В 90-е годы создан ряд других российских территориальных сетей Runnet, Роспак и др., используются как волоконно-оптические, так и спутниковые магистральные каналы передачи данных.

## **Элементная база компьютеров**

Основными вехами развития электронной промышленности в мире стало создание транзистора (1948), интегральных схем (1958) и микропроцессора (1971), ознаменовавшими второе, третье и четвертое поколения компьютеров.

Изобретателем транзистора является американский физик. Уильям Шокли (Shockley) (1910-1989), В 1947 г. ему вместе с Дж. Бардином и У. Браттейном удалось получить точечный транзистор, а в 1951 г. первый плоскостной германиевый транзистор. В 1954 г. Гордон Тил разработал первый кремниевый биполярный транзистор.

Изобретателями первых интегральных схем (в виде системы взаимосвязанных транзисторов на единой кремниевой пластине) были Роберт Нойс (Robert Noyce) (1927-1990) из компании Fairchild Semiconductor и независимо от него Джек Килби (Kilby) из компании Texas Instruments. Более удачными были признаны схемы Нойса.

В 1968 г. Р.Нойс и Г.Мур основали компанию Intel (сокращение от Integrated Electronics), а в следующем году - Дж. Сандерс создает компанию AMD (Advanced Micro Devices). Этим компаниям суждено на протяжении многих лет конкурировать на рынке микропроцессоров.

Первый микропроцессор 4004 разработан и изготовлен в 1971 г в компании Intel с помощью инженера из Стэнфорда Т. Хоффа. В дальнейшем наблюдается неуклонное повышение тактовой частоты микропроцессоров,

характеризующей их быстродействие, в соответствии с законом, сформулированным Г.Муром. Увеличение частоты основано на технологических достижениях, которые непосредственно выражаются в уменьшении проектных норм и, следовательно, в увеличении степени интеграции, а также в росте размеров кремниевой пластины, в которой формируются микропроцессорные СБИС.

Микросхема 4004, изготовленная в 1971 г., была четырехразрядной и включала немногим более двух тысяч транзисторов. Первый персональный компьютер был создан компанией IBM на основе восьмиразрядного микропроцессора 8088. Первый 16-разрядный микропроцессор, открывший серию 80X86, появился на рынке в 1978 г. Он был изготовлен по технологии с проектными нормами в 3 мкм, включал 29 тыс. транзисторов, работал на частоте 5 МГц. Переход к 32-разрядным процессорам произошел в 1985 г., начиная с моделей серии 80386, а эпоха 64-разрядных процессоров с CISC-архитектурой началась в 2000 г. с создания процессора Itanium.

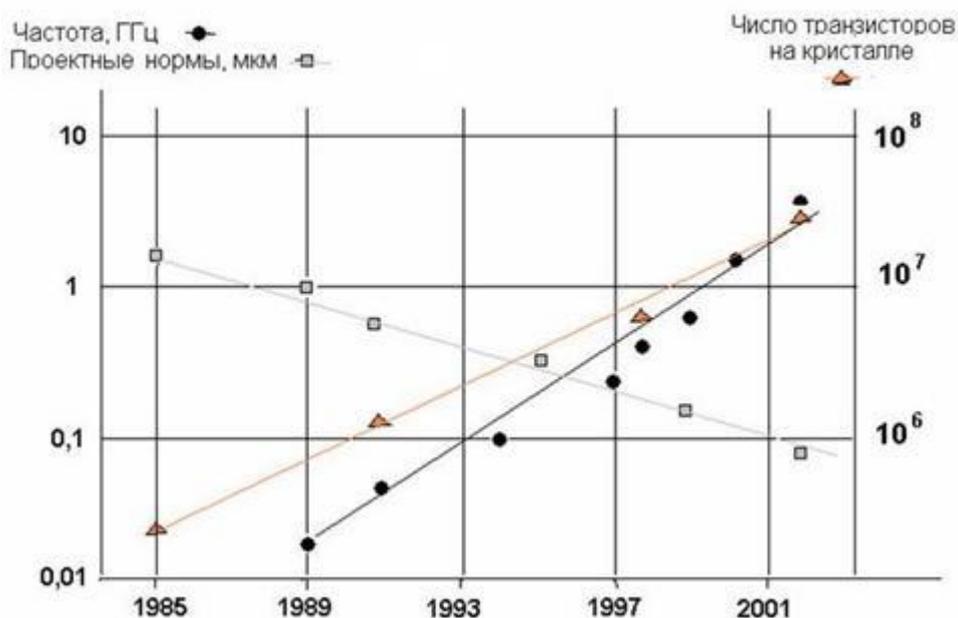


Рис. 2 Эволюция характеристик микропроцессоров Intel

Основные вехи увеличения тактовой частоты микропроцессоров Intel, снижения минимального топологического размера (проектных норм) в технологиях их изготовления и роста числа транзисторов на кристалле показаны на рис. 2.

Использование 64-разрядной архитектуры для процессоров RISC довольно типично, так 64-разрядными являются процессоры Sun UltraSPARC, Alpha, MIPS R1x000, IBM Power, HP PA-8x00. Например, микропроцессор Alpha был разработан корпорацией Digital Equipment на рубеже 80-90-х годов. Этот 64-разрядный RISC-процессор суперскалярной архитектуры предназначен для высокоскоростных вычислений. 64-разрядный микропроцессор Power был реализован в 1995 году в компьютере IBM AS/400.

В Intel используется CISC-подобная архитектура и переход от 32-разрядной архитектуры IA-32 к 64-разрядной IA-64 сопряжен с определенными трудностями. Первый микропроцессор архитектуры IA-64, появившийся в 2000 г., назван Itanium, уже созданы следующие версии микропроцессоров Itanium. Созданием 64-разрядных CISC-подобными микропроцессорами занимается также компания AMD. Например, ее 64-разрядный микропроцессор Opteron с тактовой частотой 1,8 ГГц может выполнять как 64-, так и 32-разрядные приложения.

Кэширование памяти в ПК начато в 1989 г. с моделей i486. Кэш первого уровня разделен на кэши данных и команд, которые в первых моделях имели емкость по 8 Кбайт, в Pentium III - по 16 Кбайт. Кэш второго уровня L2 в моделях Pentium II имел емкость 512 Кбайт, работал с половинной частотой процессора и располагался на плате процессора. Но уже начиная с Pentium III Celeron, кэш L2 работает на частоте процессора и встроен в ядро. В новых процессорах кэш-память становится трехуровневой. Так емкость кэш-памяти первого, второго и третьего уровней, для Itanium составляет 96, 96, 4000 Кбайт соответственно, для Itanium II - 256, 256, 3000 Кбайт, причем у Itanium II все кэши интегрированы в кристалл микропроцессора. Кэши разных уровней в IA-64 обмениваются данными со скоростями от 13 до 32 Гбайт/с.

К числу ведущих компаний электронной промышленности в США относится также Motorola. В 1949 г. компания приступает к выпуску полупроводниковых приборов. В 1979 г. Motorola разрабатывает свой первый 16-битный микропроцессор 68000, а в 1984 г. - первый 32-битный микропроцессор MC68020, в котором содержится около 200000 транзисторов, обеспечивается доступ к памяти до 1 миллиарда бит.

Микропроцессор Power PC создается совместными усилиями компаний Apple Computer, IBM и Motorola в 1993 г., в нем используется RISC-технология. Представление о характеристиках RISC-процессоров можно получить из рассмотрения особенностей 64-разрядного процессора Power4, использовавшегося в мощных серверах IBM и компьютерах компании Apple. Это процессор суперскалярной архитектуры. На кристалле располагаются два процессорных ядра, кэш-память первого уровня емкостью 2 × 64 Кбайт и второго уровня объемом 1,5 Мбайт, коммутирующая матрица, обеспечивающая пропускную способность до 35 Гбайт/с. Внешний кэш третьего уровня имеет емкость до 32 Гбайт на один процессорный кристалл. Общее число транзисторов на кристалле - 170 миллионов. Микропроцессор изготавливается по КМДП технологии "кремний-на-изоляторе" с проектными нормами в 0,18 мкм и медными соединениями на кристалле. Тактовые частоты начинаются с 1 - 2 ГГц, Процессор Power4 представлял собой объединение четырех кристаллов в один многокристальный модуль, т.е. микросхему Power4 можно рассматривать как компактную SMP-систему.

Первые работы в СССР по созданию интегральных схем проводили Ф.Г.Старос и И.В.Берг в КБ-2 в Ленинграде. В августе 1962 г. в СССР было принято решение о строительстве Научного центра микроэлектроники в г.

Зеленограде и организации его филиалов в Киеве, Минске, Риге, Вильнюсе. До 1964 г. Ф Старос был главным инженером Центра.

Одним из ведущих предприятий Центра был НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ), который в 1964 г. возглавил Камиль Ахметович Валиев. В 1967 г. рядом с НИИМЭ создается опытный завод Микрон. В этих организациях проектировались и изготовлялись многие серии отечественных микросхем. В настоящее время К.А.Валиев занимается исследованиями квантовых вычислений.

## История программирования и алгоритмических языков

Первым программистом в истории вычислительной техники считается леди Ада Лавлейс (1815-1852) - дочь лорда Байрона, отличавшаяся незаурядными математическими способностями. Сотрудничая с Ч.Бэббеджем, написала комментарии к статье о его машине, которые можно считать первым трудом по программированию. Она описала ряд примеров применения машины Бэббеджа, разработала программу вычисления на ней чисел Бернулли.



Ада Лавлейс

Одним из первых алгоритмических языков является Plankalkul, разработанный К.Цузе в 40-х годах прошлого века. В отличие от языков ассемблера Plankalkul не был привязан к архитектуре и наборам команд конкретного компьютера.

Первые алгоритмические языки эпохи ЭВМ относятся к середине 50-х годов. Это языки FORTRAN и ALGOL, ориентированные преимущественно на численные расчеты. Джону Бэкусу (J.Backus) принадлежит фундаментальный вклад в создание в 1954 г. языка Фортран (FORTRAN - FORMular TRANslation) и в разработку компилятора для IBM 705 (1958 г.). Коллектив под руководством Бэкуса разработал не только спецификацию языка, но и создал компилятор для него. Кроме того, Фортран был первым языком, для которого были созданы компиляторы для многих ЭВМ. Это обеспечило достаточно быструю и широкую распространенность языка,

Язык Алгол с первоначальным названием IAL и с более поздним ALGOL-58 был разработан в 1958 г. международным комитетом под руководством Питера Наура (P.Naur).

Новые версии языков FORTRAN II и ALGOL-60 начала 60-х годов были усовершенствованными вариантами своих предшественников. При описании языка Алгол Д.Бэкус использовал обозначения и средства, которые стали называться нотацией Бэкуса-Наура и синтаксическими диаграммами.

Язык Кобол (COBOL - Common Business Oriented Language), представленный в 1960 г., был предназначен для расчетов в сфере бизнеса.

Разработка языка PL/1 относится к 1964 г. Его разработчики из английского отделения IBM стремились в этом языке совместить возможности Алгола и Кобола.

Язык моделирования Simula-67 разработан в Норвегии Найгардом (Nygard) и Далом (Dahl). В нем уже используются многие черты объектно-ориентированного программирования.



Э.Дейкстра

Сложность разрабатываемых программ становилась все заметнее. Для преодоления возникающих трудностей требовалась разработка методологии программирования, превращающей стихийное программирование в науку создания программных систем. Заметным вкладом в создание технологий разработки программного обеспечения стала концепция структурного программирования, основанная на положениях блочно-иерархического подхода к программированию. Ее автором является голландский ученый Эдстер Дейкстра (1930-2002), внесший заметный вклад в разработку информационных технологий. Ему принадлежат также определения стека, семафора, разработка ряда алгоритмов (например, поиск кратчайшего пути) и т.п.



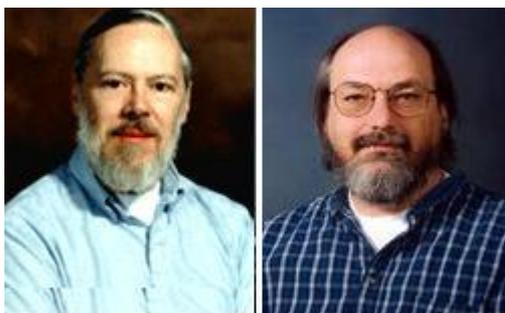
Никлаус Вирт<sup>9</sup>

Язык программирования Паскаль (Pascal) создан швейцарцем Н.Виртом (Niclaus Wirth) на кафедре информатики Стэнфордского университета на базе структурного программирования. Первая публикация описания языка относится к 1970 г. Особенность языка - его четкая структурированность, ясная логика определений, лаконичность описаний.

Популярность язык приобрел после создания Андерсом Хейльсбергом (Anders Hejlsberg) в компании Borland версии Турбо Паскаль, в которой компилятор был объединен с редактором текста. Хейльсберг руководил разработкой среды Delphi, в которой Pascal стал объектно-ориентированным языком Object Pascal.

---

<sup>9</sup> Детство в Винтертуре, Швейцария. Отец – учитель географии, у него – большая техническая библиотека. Увлечения: авиамоделирование, химия; техника вообще. В 1959 г. Получил диплом инженера (ETH-Zurich), переезжает в США, вводит курсы разработки ПО (Калифорнийский университет в Беркли), преподает в Стенфордском университете. 1967 г. Возвращение в Швейцарию, организация группы компьютерных исследований в ETH-Zurich. 1970 г. Окончание разработки языка Паскаль – всемирная слава. Середина 1970-х гг. «Звёздный час» языка Паскаль (*Apple* и *Commodore*). 1977-80 гг. Разработка компьютера «Лилит» (мышь, GUI) – премия Тьюринга, но нет серии. 1980 г. Введение в ETH-Zurich курса программирования (США – 1965 г.). 1980-е гг. Компьютер «Церес», ОС «Оберон» – простой диалог. Модуль, Хамелеон; программируемые полевые полупроводники. Март 1999 г. Уход на пенсию. Никлаус Вирт имеет 7 почётных докторских степеней, бесчисленного множества наград.



Д.Ритчи и К.Томпсон

Язык Си (C) создан в 1972 г. Д.Ритчем (D.Ritchie) и К.Томпсоном (K.Thompson) из Bell Labs/Lucent Technologies при поддержке Б.Кернигана. Ими же в 1973 г. на языке Си представлена операционная система UNIX. В рекламных целях UNIX в университетах распространялся почти бесплатно,

вместе с UNIX распространялся и Си. Благодаря эффективности исполнения программ, написанных на этом языке, он получил широкое распространение.

До сих пор Си – один из лучших языков для системного программирования. Он стандартизован в 1989 г., стандартная версия языка обозначается ANSI C.

Первый полностью объектно-ориентированный язык программирования SmallTalk создан в 1972 г. Он стал самым значительным практическим результатом работы Алана Кея в компании Xerox.

В 1973 г. в Марсельском университете разработан язык логического программирования Пролог, в котором описываются факты и отношения между ними.

Универсальный язык программирования Ада был разработан по заказу министерства обороны США в 1979 г.. Список требований к языку прошёл через несколько этапов утверждения. Руководителем группы разработчиков был француз Жан Ихбиа.

Вернувшись из Стенфорда в Швейцарию, Н.Вирт развивает методологию программирования. В 1980 г. в языке Модула-2 он реализует концепцию модульного программирования, затем в Оберон-2 – объектно-ориентированное и в Component Pascal – компонентно-ориентированное программирование.

Создание объектно-ориентированного языка C++ относят к 1984 г. Его автором является датчанин Бьерн Страуструп (Bjarne Stroustrup), сотрудник лаборатории AT&T Bell Labs, в которой уже были разработаны операционная система UNIX и язык программирования Си, взятый за основу (вместе с идеями объектной ориентированности из языка Симулаб7) и для C++. Авторы не предполагали, что язык получит широкое распространение, они создавали его для себя, чем возможно и объясняется некоторая нестрогость его описания (как и языка Си).

Язык программирования Java разработан в 1995 г. Джеймсом Гослингом из компании Sun Microsystems.



А.Хейльсберг и Б.Страуструп

Ведущую роль в мире в создании программного обеспечения для персональных компьютеров играет компания Microsoft, созданная в 1975 г. Биллом Гейтсом (Gates) и Полом Алленом. В 1980 г. появилась операционная система MS-DOS (Microsoft Disk Operation System) для первого IBM PC. Затем Гейтс

разрабатывает программы электронных таблиц Excel и текстовый редактор Word. В дальнейшем Microsoft регулярно обновляет основные компоненты программной системы MS Office, включая ОС Windows.

В 2000 г. Андерс Хейльсберг, перешедший из Borland в Microsoft, разработал язык C# (Си-шарп), легший в основу среды .NET Framework компании Microsoft, и продолжает заниматься развитием этой среды.



Б.Гейтс

В силу определенных причин работы отечественных программистов не получили столь же широкого распространения, как американских и западноевропейских. Однако в СССР и РФ проводились интересные разработки языков, программных систем и сред. В этом отношении можно сослаться на технологию создания крупномасштабных программных средств для систем реального времени, созданную по

проекту "Прометей", язык обработки символьной информации Рефал, разработанный В.Ф.Турчиным в МГУ, язык моделирования дискретных и дискретно-непрерывных систем НЕДИС, язык Аналитик для машин «Мир» и др. Руководителем проекта "Прометей" был В.В.Липаев, являвшийся председателем координационного совета Министерства радиопромышленности СССР по автоматизации проектирования программного обеспечения и написавший ряд книг по технологиям разработки, надежности и качеству программных систем. В Новосибирске А.П.Ершов разрабатывает методы создания программирующих программ и компиляторов.

## Интеллектуальные системы

История интеллектуальных систем тесно соприкасается с историей искусственного интеллекта (ИИ).

Термин искусственный интеллект (artificial intelligence) предложен в 1956 г. в Стэнфордском университете (США). Но история искусственного интеллекта имеет далекую предысторию.

Впервые идею создания искусственного разума, подобного человеческому мозгу, высказал в XIV веке Р.Луллий (ок.1235-ок.1315). В XVIII в. Г.Лейбниц (1646 - 1716) и Р.Декарт (1596 - 1650) независимо друг от

друга продолжили попытки создания искусственного интеллекта на основе классификации понятий всех наук.

В 40-х гг. XX века после создания ЭВМ, в частности, благодаря работам Н.Винера (1894 - 1964), идеи создания интеллектуальных систем встали на реальную почву.

Работы в области искусственного интеллекта можно классифицировать по типам решаемых задач, выделяя задачи распознавания образов, доказательства теорем, принятия решений (в том числе в игровых ситуациях), понимание и синтез речи и текстов на естественных языках (ЕЯ). Для решения этих задач на компьютерах необходима разработка соответствующих методов и средств представления и обработки знаний. В этом аспекте искусственного интеллекта различают дедуктивные системы, математическую лингвистику и языки ИИ, нечеткие множества, экспертные системы, многоагентные системы, нейрокибернетику. Применяемые методы опираются на одну из двух парадигм.

Одна из них основана на стремлении использовать аналогии с явлениями живой природы. Во-первых, это направление изучения функционирования человеческого мозга и поиска путей его имитации в ИИ. Так, нейрокибернетика (или нейроинформатика) ориентирована на аппаратное моделирование структур, подобных структурам мозга. Во-вторых, изучение природы наследственности и использование эволюционных принципов в технических системах. Ближе к ИИ примыкает бионика и применение ее принципов в робототехнических системах.

Вторая парадигма не связана со структурой мозга и природными реализациями живых организмов. Это направление "черного ящика". т.е. устройства, которое должно выполнять сложные функции, которые считались лишь уделом мыслящих существ, однако "черный ящик" никак не связывался с устройством мозга. Это направление искусственного интеллекта ориентировано на поиски алгоритмов решения интеллектуальных задач на существующих моделях компьютеров.

Понятие исчисления (дедуктивной системы) ввел в 1943 г. американский математик Э.Пост (E.Post). Подход к автоматическому доказательству теорем описал Эрбран (J.Herbrand) в 1930 г., но реализация процедуры доказательства стала возможной после появления ЭВМ, особенно после разработки метода резолюций Д.Робинсоном (J.Robinson) в 1965 г.

Метод резолюций нашел свое эффективное применение в логическом программировании и языке Пролог, созданном в Марселе Ковальским и Колмероз в 1973 г. Их первоначальная программа, написанная на Фортране, предназначалась для построения систем обработки текстов на естественных языках. Эффективность Пролога была продемонстрирована после разработки компилятора Пролога в конце 70-х.

Но первым языком искусственного интеллекта, не потерявшим своей популярности до наших дней, был созданный в 1958 г. Джоном Мак-Карти (J.McCarthy) из Массачусетского технологического института язык

обработки списков ЛИСП (LISP - LISt Processing), ставший языком функционального программирования.

В реальных задачах детерминированность является лишь модельным приближением, не всегда адекватным исследуемой ситуации. Это относится и к математической логике. Для отражения неопределенности, присутствующей в практических задачах вследствие неполноты исходных данных, Л.Заде (Lotfi Zadeh) к 1965 г. разработал теорию нечетких множеств, нашедшую широкое применение в системах ИИ, в частности, в экспертных системах.

Экспертные системы, основанные на выявлении и представлении в компьютере человеческих знаний, привлекли к себе заметное внимание в середине 70-х годов. Одними из первых были разработаны ставшие уже классическими экспертные системы MYCIN и DENDRAL для медицины и химии.

MYCIN — экспертная система для медицинской диагностики. Разработана группой по инфекционным заболеваниям Стэнфордского университета. Ставит соответствующий диагноз, исходя из представленных ей симптомов, и рекомендует курс медикаментозного лечения любой из диагностированных инфекций. База данных состоит из 450 правил.

DENDRAL — экспертная система для распознавания химических структур. Первые версии данной системы появились еще в 1965 году также в Стэнфордском университете. Пользователь дает системе DENDRAL некоторую информацию о веществе и данные спектрометрии, а система выдает диагноз в виде соответствующей химической структуры.

К числу первых из разработанных экспертных систем относится также PROSPECTOR — экспертная система, созданная для содействия поиску коммерчески оправданных месторождений полезных ископаемых.

В 1969 г. в Электротехнической лаборатории (Япония) началась разработка проекта "промышленный интеллектуальный робот". Цель этой разработки — создание оцувствленного манипуляционного робота с элементами искусственного интеллекта для выполнения сборочно-монтажных работ с визуальным контролем

Трудно назвать конкретную дату, которую можно было бы назвать днем рождения многоагентных систем (МАС), поскольку многие события в истории ИИ так или иначе были прелюдией к созданию МАС. Среди этих событий нельзя не отметить работы У.Р.Эшби (Ashby), М.Л.Цетлина, Д.А.Поспелова и др. Заметный вклад в теорию МАС внес К.Хьюитт (С.Hewitt), рассматривавший в 1977 г. распределенную систему, как совокупность взаимодействующих акторов. Использование МАС направлено на снижение сложности систем управления, повышение их живучести, росту быстродействия, так как процессы легче распараллеливаются, происходит локализация большинства связей на малых расстояниях.

Генетические алгоритмы (ГА) – наиболее значительное представление эволюционных вычислений. Д.Холланд (J.Holland) признан в мире как основоположник ГА. Он и его последователи Д.Голдберг (D.Goldberg), Де

Янг (De Jong) и др. разработали основы и ряд стратегий генетического поиска при решении задач оптимизации и принятия решений в различных приложениях.

В нейроинформатике первые исследования искусственных нейронов и нейронных сетей были выполнены П.Мак-Каллоком и Питсом в 1943 г.

В 1958 г. Фрэнк Розенблатт разработал однослойную нейронную сеть, названную перцептроном, и построил первый нейрокомпьютер «Марк-1». Это была попытка создать систему, моделирующую человеческий глаз и его взаимодействие с мозгом. Перцептрон умел различать буквы алфавита, но был чувствителен к их написанию.

М.Минский показал, что с помощью однослойного перцептрона можно решать лишь существенно ограниченный круг практических задач. Заметных успехов в 70-80 гг. добиться не удалось, что привело к снижению интереса к перцептронам и в значительной мере к свертыванию работ по реализации идей искусственного интеллекта.

По мере роста производительности и объема памяти ЭВМ восстанавливался интерес к интеллектуальным системам. Важным стимулом возобновления работ в середине 80-х гг. было создание в Японии проекта компьютера V поколения, основанного на знаниях. Появились транспьютеры — параллельные компьютеры с большим количеством процессоров. От транспьютеров был один шаг до нейрокомпьютеров, моделирующих структуру мозга человека.

Для практического применения нейросетей необходима разработка алгоритмов их обучения. Первые алгоритмы обучения многослойных нейронных сетей были предложены в СССР А.И.Галушкиным в 1973 г.

В 1986 г. Дэвидом Румельхартом с соавторами опубликованы основы метода обучения многослойного перцептрона, названного ими «методом обратного распространения ошибки» (error back-propagation) для нейронных сетей, хотя основные положения этого метода уже были представлены в магистерской диссертации П.Вербоса (P.Werbos) в 1974 г.

Сеть встречного распространения разработана Р.Хехт-Нильсеном в 1987 г.

Сеть Хопфилда за счет введения обратной связи устанавливается в одно из возможных своих состояний. Каждому состоянию соответствуют определенный экстремум функции  $Y(X)$ , где  $Y$  - выходной, а  $X$  - входной векторы сети, и область притяжения к экстремуму в пространстве векторов  $X$ . Если сеть обучена, то подача на вход некоторого  $X$ , находящегося в области притяжения экстремума  $X'$ , приводит к переходу сети в устойчивое состояние  $Y(X')$ . Тем самым решаются задачи распознавания, ассоциативной памяти, кластеризации и т.п.

Первыми нейрокомпьютерами были перцептроны Ф.Розенблатта Марк-1 (1958 г.) и Тобермори (1964 г.). К числу первых нейрокомпьютеров относится также Адалин, разработанный Б.Уидроу, и некоторые другие. Во второй половине 80-х годов появляются нейрокомпьютеры на микропроцессорах, примерами которых могут служить ANZA и DELTA, в 90-е годы создаются нейрокомпьютеры на сигнальных процессорах.

Достаточно весомы результаты работ по проблемам искусственного интеллекта, проводившихся в России.

В 1954 г. в МГУ под руководством профессора А.А.Ляпунова (1911 - 1973) начал свою работу семинар "Автоматы и мышление". В этом семинаре принимали участие крупнейшие физиологи, лингвисты, психологи, математики.

В 1959 г. по инициативе А.И.Берга создается Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" при Президиуме АН СССР. Аксель Иванович Берг (1893-1979) создал в АН СССР Институт радиотехники и электроники, способствовал созданию Института семиотики, стоял у истоков такого научного направления как вычислительная лингвистика (вместе с А.А.Ляпуновым).

В 1955 - 1964 гг. создаются отдельные программы и исследуется поиск решения логических задач. В Ленинграде (ЛОМИ — Ленинградское отделение математического института им. В.А.Стеклова) создается программа, автоматически доказывающая теоремы (АЛПЕВ ЛОМИ). Она основана на оригинальном обратном выводе С.Ю.Маслова, аналогичном методу резолюций Робинсона.

В 1965-1980 гг. получает развитие новая наука— ситуационное управление (соответствует представлению знаний в западной терминологии). Основоположник этой научной школы — профессор Д.А.Поспелов. Разработаны специальные модели представления ситуаций — представления знаний.



Д.А.Поспелов

В Московском государственном университете создается язык РЕФАЛ.

Развитию генетических алгоритмов в СССР и России способствовали работы Л.А.Растригина, Ю.И.Неймарка, И.Л.Букатовой и др.

Первой советской системой по моделированию автономных агентов стала ТАИР, разработанная под руководством Н.М.Амосова.

Одной из сфер приложений искусственного интеллекта, позволяющей сравнивать возможности естественного и искусственного интеллектов является игра в шахматы. Над программами шахматной игры трудятся целые коллективы. В 1974 г. состоялся турнир шахматных программ, который выиграла советская программа Каисса.

В 90-е годы разработаны отечественные нейрокомпьютеры серии "Геркулес" и компьютеры на нейрочипах транспьютерного типа, в разработке которых принимали участие А.И.Галушкин, Ю.П.Иванов и др.

Автоматизация и методология проектирования. Методология проектирования сложных систем основана на принципах и подходах системотехники.

Необходимость проектирования сложных систем стала важным стимулом для развития системотехники. как части общей теории систем, возникшей в середине XX века, благодаря трудам Л.фон Берталанфи, М.Месаровича, Дж

Клира и др. Идеи системотехники нашли свое выражение в блочно-иерархическом подходе к проектированию ЭВМ и в обобщении этого подхода применительно к проектированию в различных областях техники.

Были сформированы основные положения методологии проектирования:

1) Разделение процесса проектирования на иерархические уровни и аспекты с возможными итерационными циклами.

2) Унификация элементной базы. В автомобиле-, самолето-, судостроении - везде, где создаются сложные системы, - используют типовые узлы. Времена, когда вычислительная машина проектировалась "с нуля" и включала разработку как блоков и устройств, так и ламповых ячеек, ушли в далекое прошлое. Теперь проектирование ЭВМ и ее элементной базы разделены. Цифровая аппаратура проектируется на унифицированных ПЛИС и IP-блоках, заказные СБИС - на стандартных ячейках, программные системы - на основе библиотек классов..

3) Использование нисходящего проектирования (с элементами восходящего стиля при применении типовых компонентов).

4) Автономность архитектурных компонентов сложной системы, ведущее к распределенности управления. Этот подход нашел свое воплощение в многоагентных системах.

5) Разумное ограничение сложности систем с целью упрощения их использования. Примеры такого ограничения можно видеть в создании RISC-процессоров или в применении специализированных устройств вместо универсальных.

6) Бездефектность проектирования, что особенно важно для интегральных схем и бортовой аппаратуры. Для выполнения этого положения важно иметь тестовые наборы с высокой полнотой проверки проектов, использовать технологии проектирования контролепригодной аппаратуры, в том числе технологии самотестирования.

Наиболее трудным для автоматизации является концептуальное проектирование, когда отсутствуют формальные модели, а требования к проектируемой системе конкретизированы в недостаточной мере. Для автоматизации концептуального проектирования предназначены средства CASE (Computer Aided System Engineering). К числу наиболее известных CASE-средств относятся методики IDEF, методология объектно-ориентированного проектирования, включая язык UML, и поддерживающее их программное обеспечение.

Ряд методик концептуального проектирования IDEF (Integrated DEFinition) создан в США по программе Integrated Computer Aided Manufacturing. Среди них имеются методики функционального, информационного и поведенческого моделирования и проектирования. Методика функционального моделирования IDEF0 создана на основе разработанной Р.Россом в 1973 г. методики SADT (Structured Analysis and Design Technique). Информационное моделирование поддерживает методика IDEF1X, поведенческое моделирование - IDEF3. Эти методики позволяют

структурировать представления о проектируемой системе и выразить их в удобной для восприятия графической форме.

Объектно-ориентированное проектирование применяется при разработке преимущественно информационных систем со сложным программным обеспечением. В программной индустрии языки объектно-ориентированного программирования (ООП) выражают концепцию разработки программных систем, противопоставляемую процедурному программированию. Собственно идеи ООП нашли применение в ряде алгоритмических языков, начиная с Симула-67 и Smalltalk. Однако использование ООП не как языка программирования, а как технологии проектирования программных систем определено в методике, разработанной в 1996 г. Гради Бучем (Booch), Айваром Джекобсоном и Джеймсом Рамбо. Они создали UML (Unified Modeling Language) — язык для спецификации, виртуализации, конструирования и документирования информационных систем.



Г.Буч

Язык UML был официально принят OMG в качестве стандарта в 1997 г. Поддержкой языка UML занимается компания Rational Software, специализирующаяся на разработке CASE-средств, систем автоматизированного проектирования ПО, средств управления программными проектами.

Методики IDEF и язык UML вошли в арсенал CALS-средств.

## Нейрокомпьютеры

Нейросетевая тематика является междисциплинарной, что обусловило значительные разночтения в общих терминологических подходах. Нейросетевой тематикой занимаются как разработчики вычислительных систем и программисты, так и специалисты в области медицины, финансово-экономические работники, химики, физики и т.п.. То, что понятно физику, совершенно не принимается медиком и наоборот - все это породило многочисленные споры и целые терминологические войны по различным направлениям применения всего где есть приставка нейро-

Приведем некоторые наиболее устоявшиеся определения нейрокомпьютера:

Научное направление	Определение нейровычислительной системы
Математическая статистика	Нейрокомпьютер - это вычислительная система автоматически формирующая описание характеристик случайных процессов или их совокупности, имеющих сложные, зачастую многомодальные или вообще априори неизвестные функции

	распределения
Математическая логика	Нейрокомпьютер - это вычислительная система алгоритм работы которой представлен логической сетью элементов частного вида -нейронов, с полным отказом от элементов типа И, ИЛИ, НЕ.
Вычислительная техника	Нейрокомпьютер - это вычислительная система с MSIMD архитектурой, в которой процессорный элемент однородной структуры упрощен до уровня нейрона, резко усложнены связи между элементами и программирование перенесено на изменение весовых коэффициентов связей между процессорными элементами.
Медицина (нейробиологический подход)	Нейрокомпьютер - это вычислительная система представляющая собой модель взаимодействия клеточного ядра, аксонов и дендритов, связанных синаптическими связями (синапсами) (т.е. модель биохимических процессов протекающих в нервных тканях).
Экономика и финансы	Устоявшегося определения нет, но чаще всего под нейрокомпьютером понимают систему обеспечивающую параллельное выполнение "бизнес"-транзакций.

Из приведенной таблицы видно, что в каждой сфере Нейрокомпьютер понимается по-своему. Но все же стоит выделить основные принципы, на которых построена работа всех нейрокомпьютеров, показать общий принцип его работы. Начнем с краткого экскурса в историю возникновения и развития нейрокомпьютеров.

### ***Краткий исторический обзор***

Теория нейронных сетей, как алгоритмический базис нейрокомпьютеров служила основой логики однопроцессорных и многопроцессорных компьютеров. Считается, что теория нейронных сетей, как научное направление, впервые была обозначена в классической работе МакКаллока и Питтса 1943 г., в которой утверждалось, что, в принципе, любую арифметическую или логическую функцию можно реализовать с помощью простой нейронной сети.

В 1958 г. Фрэнк Розенблатт придумал нейронную сеть, названную перцептроном, и построил первый Нейрокомпьютер Марк-1 (в разделе «интеллектуальные системы» уже упоминало о данной машине). Перцептрон

был предназначен для классификации объектов. На этапе обучения "учитель" сообщает перцептрону к какому классу принадлежит предъявленный объект. Обученный перцептрон способен классифицировать объекты, в том числе не использовавшиеся при обучении, делая при этом очень мало ошибок.

Нейрокомпьютеры получили осязаемое развитие во второй половине 80-х годов в связи с прогрессом микроэлектроники. Новый взлет теории нейронных сетей начался 1983-1986 г.г. При этом важную роль сыграли работы группы PDP (Parallel Distributed Processing). В них рассматривались нейронные сети, названные многослойными перцептронами, которые оказались весьма эффективными для решения задач распознавания, управления и предсказания. (Многослойные перцептроны занимают ведущее положение, как по разнообразию возможностей использования, так и по количеству успешно решенных прикладных задач.) Подобно тому, как создание транспьютера стало возможным в связи с появлением однокристального 32-х разрядного микропроцессора с внутрикристалльной памятью и канальными адаптерами, так и нейрокомпьютеры стали активно развиваться после того, как в одном кристалле стала возможной реализация каскадируемого фрагмента нейронной сети с настраиваемыми и фиксированными коэффициентами.

За последние 20 лет нейрокомпьютерная техника прошла значительный эволюционный путь, начиная от реализации неуровычислителя путем каскадного соединения сигнальных процессоров и кончая современными нейрочипами производительностью несколько миллиардов операций в секунду с числом реализуемых связей в десятки и сотни миллионов синапсов. Многие из ранних разработок нашли свое воплощение в современных системах, внесли свою лепту в становление нейрокомпьютерной техники и нейроинформатики как отдельных направлений науки и техники.

### ***Как устроен Нейрокомпьютер***

Нейрокомпьютеры - это совершенно новый тип вычислительной техники, иногда их называют биокомпьютерами. Нейрокомпьютеры можно строить на базе нейрочипов, которые функционально ориентированы на конкретный алгоритм, на решение конкретной задачи. Но для решения задач разного типа требуется целая нейронная сеть. Часто также используется подобие нейрокомпьютеров - как программа на ПЭВМ и суперЭВМ.

Создание компьютера на основе нейронных систем живого мира базируется на теории перцептронов, разработчиком которой был Розенблатт. Он предложил понятие перцептрона -искусственной нейронной сети, которая может обучаться распознаванию образов. В основу создания искусственной нейронной сети были положены принципы работы нейронных сетей мозга человека. Человеческий мозг содержит свыше триллиона элементов, называемых нейронами, которые являются основными составляющими нервной системы человека. Нейрон (биологический) - одна из 10<sup>15</sup> клеток мозга, способная генерировать электрический импульс, в случае, когда

суммарный потенциал превысит критическую величину. Соединяясь друг с другом, нейроны образуют сеть, по которой путешествуют электрические импульсы - сигналы различной силы и частоты. Нейроны связаны множеством нервных нитей, называемых синапсами. Эта биологическая сеть отвечает за наши мысли, эмоции, способность обучаться, а также за сенсомоторику и многие другие немаловажные функции человеческого организма. Контакты между нейронами (синапсы), могут менять эффективность передачи сигналов (вес связи) от нейрона к нейрону. Самая популярная на сегодняшний день гипотеза основана на том, что именно нейронные сети мозга обрабатывают информацию. При этом "обучение" сети и запоминание информации базируется на настройке значений весов связей между нейронами. Перспективность создания компьютеров по теории Розенблатта состоит в том, что структуры, имеющие свойства мозга и нервной системы, имеют ряд особенностей, которые сильно помогают при решении сложных задач:

- Параллельность обработки информации.
- Способность к обучению.
- Способность к автоматической классификации.
- Высокая надежность.
- Ассоциативность.

Искусственная нейронная сеть построена на нейроноподобных элементах - искусственных нейронах и нейроноподобных связях. Искусственные нейроны, из комбинаций которых состоят нейронные сети, в принципе, имитируют свойства биологического нейрона. Но простая модель искусственного нейрона игнорирует многие свойства нейрона биологического. Один искусственный нейрон способен выполнять простейшие процедуры распознавания, сложные вычисления требуют соединений нейронов в сети. Простейшая сеть состоит из группы нейронов, образующих слой. Более крупные и сложные нейронные сети обладают, как правило, и большими вычислительными способностями. Естественно, многослойные сети обладают более широкими возможностями, чем однослойные, и в последние годы были разработаны различные алгоритмы для их обучения.

Здесь важно заметить, что один искусственный нейрон может использоваться в работе нескольких (приблизительно похожих) алгоритмов обработки информации в сети, и каждый алгоритм осуществляется при помощи некоторого количества искусственных нейронов. Выходной вектор искусственного нейрона может иметь любое конечное число ответвлений, которые становятся входными векторами других искусственных нейронов. Когда несколько нейронов связываются, то такая структура уже называется "искусственной нейронной сетью" состоит из элементов, которые производят параллельную обработку информации и параллельные вычисления. У этих элементов есть локальная память, и они могут заниматься локальной обработкой информации.

Бывают случаи, когда в моделях искусственных нейронных сетей присутствует слой, который называется входным. Это означает, что каждый искусственный нейрон входного слоя принимает только внешние по отношению к искусственной нейронной сети входные сигналы.

Ассоциативные сети используются при распознавании образов. Работа этого вида сетей основана на способности человеческой памяти к ассоциативному воспроизведению какого-либо образа, ранее предъявленного для запоминания, по его описанию или части. Для быстрого нахождения приблизительного ответа надо использовать аналоговую ассоциативную сеть, а для лучшего решения (когда есть время на поиск) нужно использовать стохастическую сеть, для которой поиск более медленный, а выбор параметров более трудный, чем для ассоциативной сети. Сети преобразования данных выполняют задачи, которые связаны с осуществлением функций вида  $X \in R^1 \rightarrow Y \in R^p$ . Функция отображения одного множества в другое очень часто используется для решения некоторых математических задач.

Обычные вычислительные процессы выполняют последовательность определенных операций (алгоритм или программу) на одном или нескольких процессорах.

Нейронные вычисления отличаются от классических представлением и обработкой информации.

Любая задача ставится как поиск соответствия между множествами входных и выходных данных, представляемых в виде векторов  $n$ -мерного пространства, принадлежащего некоторой предметной области. Входные вектора подаются на входные нейроны, а выходная реакция снимается с выходов элементов нейронной сети. При этом вычислительные процессы представляют собой параллельные взаимодействия между нейронами через нейронные связи и преобразование данных в нейронах.

Соответствие между входными воздействиями и выходной реакцией устанавливается через процедуру обучения, которая определяется для каждой модели нейронных сетей отдельно. Рассмотрим функцию  $Y=f(X)$ , которая ставит в соответствие  $m$ -мерному вектору  $X$  некоторый  $p$ -мерный вектор  $Y$ .

Например, в задаче классификации вектор  $X$  - это классифицируемый объект, характеризуемый  $m$  признаками; вектор  $Y$ , состоящий из одной единицы и остальных нулей, является индикатором класса, к которому принадлежит вектор  $X$  (позиция единицы означает номер класса). Функция  $f$  ставит в

Предположим, нам нужно найти функцию  $f$ . Воспользуемся методом обучения на примерах.

Предположим, что имеется репрезентативная выборка векторов  $X_i$ , для которых известно значение функции  $Y_i=f(X_i)$ . Набор пар  $(X_i, Y_i)$  будем называть обучающей выборкой. Рассмотрим теперь нейронную сеть, называемую многослойным перцептроном, определив, как устроены

элементы сети ("нейроны"), какова архитектура связей между элементами и по каким правилам будет происходить обучение сети.

Элемент сети функционирует в дискретном времени и на основании поступивших сигналов формирует результирующий сигнал. Элемент имеет несколько входов, каждому из которых предписан определенный "вес". Сигналы, поступающие по входам, суммируются с учетом соответствующих весов и суммарный сигнал сравнивается с порогом срабатывания. Если суммарный сигнал меньше порога, то сигнал на выходе элемента близок или равен нулю, в противном случае сигнал близок к единице.

Каждый элемент входного слоя имеет один вход (с весом 1), по которому поступает соответствующая компонента вектора  $X$ . Каждый элемент скрытого слоя получает сигналы ото всех элементов входного слоя. Тем самым, элемент скрытого слоя имеет  $m$  входов, связывающих его с элементами входного слоя. Связи от элементов входного слоя к элементам скрытого слоя характеризуются матрицей "весов" связей, компоненты которой определяют величину эффективности связи. Каждый элемент выходного слоя получает сигналы ото всех элементов скрытого слоя. Таким образом, подавая на входной слой сети вектор  $X$ , мы получаем вектор активности элементов скрытого слоя и затем вектор  $Y$  на элементах выходного слоя. Результат работы сети зависит от числовых значений весов связей между элементами. Обучение сети состоит в правильном выборе весов связей между элементами. Выбираются такие веса связей, чтобы суммарная среднеквадратичная ошибка для элементов обучающей выборки была минимальной. Достичь этого можно разными методами. После обучения перцептрона проводится процедура тестирования, Надо сказать, что для очень многих практических задач удается достичь на удивление высокого качества работы сети (порядка 95% и выше). Возможность обучения нейронных сетей является важнейшей особенностью нейросетевого подхода к построению систем обработки информации. Под методом обучения понимают набор обучающих правил, определяющих изменение параметров искусственной нейронной сети в ответ на входное воздействие. Существует два основных класса методов обучения искусственных нейронных сетей: с супервизором и с подкреплением.

Обучение с супервизором предполагает ситуацию, когда искусственная нейронная система получает входной вектор  $X$  (например, снимок самолета) и формирует выходной вектор  $Y$  (выдает тип распознанного самолета). Для такой системы обучение с супервизором означает режим, в котором сети предоставляются образцы корректных пар вход-выход  $(X_1, Y_1)$ ,  $(X_2, Y_2)$ ...  $(X_p, Y_p)$ . Обучение с подкреплением аналогично обучению с супервизором, но вместо корректного (желаемого) значения  $Y_k$  (например, вероятность правильности распознавания самолета) искусственная нейронная сеть получает только характеристику того, насколько действительный выход сети приближен к значениям последовательности испытаний. Следовательно, информация в нейронной сети распределена в межнейронных связях. Исчезновение одной или нескольких связей не приводит к уничтожению всей

информации в работающей системе, что делает возможным создание специальной распределенной сети, в которой уничтожение целых слоев не приведет к уничтожению всей сети. Таким образом, развитие нейрокомпьютерной технологии приведет к созданию мощной вычислительной системы, решающей сложные задачи управления и обработки информации. Таким образом, нейронная сеть может "справиться" с любой вычислимой функцией, как и совершенно обычный компьютер, однако, в отличие от него, нейрокомпьютер решает нестандартные задачи, к которым не могут применяться жесткие правила математики. В отличие от экспертных систем, которые в обработке данных ориентируются на набор правил, заложенных в их базе данных, нейросеть проводит анализ информации, которую она научена распознавать.

### ***Практическое использование нейрокомпьютеров***

Будущее нейрокомпьютеров огромно. Интеллектуальные задачи, которые возможно будет решать с их помощью - обширны, и даже воображению не под силу справиться со всеми возможными вариантами применения нейрокомпьютеров. Научить вычислительную систему думать, придать ей свойства мышления и восприятия, доступные лишь человеку - именно за этими направлениями будущее развития вычислительных систем.

Разработками в области нейрокомпьютерных технологий во всем мире занимаются множество компаний. Среди них такие гиганты, как Intel, IBM и Motorola. Основными перспективными направлениями современного развития нейрокомпьютерных технологий являются нейросетевые экспертные системы, СУБД с включением нейросетевых алгоритмов, обработка изображений, управление динамическими системами и обработка сигналов, управление финансовой деятельностью, виртуальная реальность. К примеру, сегодня 60% кредитных карточек в США обрабатываются с помощью технических средств на основе нейросетевых технологий.

Идентифицирует карточки специальная система скрытого обнаружения веществ на базе тепловых нейронов, с помощью нейрокомпьютера, работающего на специальных цифровых нейрочипах. подобная система фирмы SAIC - эксплуатируется уже во многих аэропортах США при досмотре багажа для обнаружения наркотиков и взрывчатых веществ. Обработка изображений - еще одна сфера применения нейросетевых технологий. С их помощью обрабатывают аэрокосмические снимки (сжатие с восстановлением, сегментация; выделение на изображении движущихся целей; поиск и распознавание на изображении объектов заданной формы; обработка информации в высокопроизводительных сканерах).

Кроме этого, с помощью нейросетевых технологий, ученые и специалисты уже умеют: прогнозировать финансовые показатели; упреждать мощности АЭС; прогнозировать надежность систем электропитания на самолетах и наземных объектах; обрабатывать траекторные измерения; обрабатывать гидролокационные сигналы (например, распознавать тип надводной или подводной цели, определять координаты цели); обрабатывать

сейсмические сигналы, которые по структуре весьма близки к гидролокационным, и многое другое. Например, данные, обработанные нейрокомпьютером, позволяют получить с достаточной точностью координаты и мощность землетрясения или ядерного взрыва.

Одна из самых перспективных областей применения нейрокомпьютеров - система управления динамическими объектами, например для управления химическими реакторами. По силам ему также задача просчета точного маневра истребителя. Нейрокомпьютер может выполнять и так называемые "экспертные" функции. Примерами реализации конкретных нейросетевых экспертных систем могут служить система выбора воздушных маневров в ходе воздушного боя и медицинская диагностическая экспертная система для оценки состояния летчика. Российские ученые, которые занимаются разработкой нейросетей вот уже на протяжении 30 лет, шагнули гораздо дальше, чем их зарубежные коллеги. Так, общие постулаты синтеза многослойных нейронных сетей были разработаны сотрудниками Научного центра нейрокомпьютеров еще в конце 60-х годов, в основном же теория нейронных сетей и нейроматематика являются для российской вычислительной науки приоритетными направлениями. В России уже успешно функционирует один из первых мощных нейрокомпьютеров для финансового применения - CNAPS PC/128 на базе 4-х нейроБИС фирмы Alaptive Solutions. По данным фирмы "Торацентр" в число организаций, использующих нейронные сети для решения своих задач, уже вошли: Центробанк, МЧС, Налоговая Инспекция, более 30 банков и более 60 финансовых компаний Российской Федерации.

### **Автоматизация проектирования вычислительных машин**

Автоматизация проектирования зародилась в радиоэлектронной промышленности, значительно опередив по времени появление САПР в области машиностроения. Очевидной причиной этого является необходимость в машиностроительных САПР (MCAD) выполнять основной объем работ конструкторского характера, что требует использования высококачественных графических станций, но такие станции стали доступными лишь в 80-е годы.

Что касается САПР цифровых автоматов и вычислительных машин, первые результаты для создания таких САПР были получены в конце 50-х годов. Эти результаты в значительной мере были предвосхищены трудами английского математика XIX века Джорджа Буля (1815-1864), заложившего основы математической логики; создателя математической теории информации Клода Шеннона, занимавшегося вопросами теории релейно-контактных схем; советского физика В.И.Шестакова, который одновременно с К.Шенноном (1938 г.) предложил применять математическую логику к синтезу логических схем.



Д.Буль

Разработка теории логического анализа и синтеза релейно-контактных, а позже и функциональных схем на основе аппарата математической логики в СССР в 40-х годах была продолжена М.А. Гавриловым и далее С.В. Яблонским, В.М.Глушковым, Д.А.Поспеловым и др.

М. А. Гаврилов создал стройную теорию анализа и синтеза одно- и многотактных релейно-контактных схем, являющуюся составной частью прикладной теории автоматов и дискретных устройств. Его первая работа по теории релейно-контактных схем относится к 1943 г. Работы М.А.Гаврилова по блочному синтезу явились толчком к развитию целой серии работ по методам композиции и декомпозиции автоматов. В области САПР М. А. Гавриловым была создана диалоговая автоматизированная система логического проектирования дискретных устройств и систем.



М.А.Гаврилов

Дмитрий Александрович Поспелов окончил МГУ в 1956 г. Он автор ряда методов построения систем управления, в основе которых лежит идея семиотических (логико-лингвистических) моделей представления объекта управления и описания процедур управления ими. Дмитрием Александровичем был создан аппарат ярусно-параллельных форм, позволивший ставить и решать многие проблемы, связанные с

организацией параллельных вычислений в вычислительных комплексах и сетях. Заметную роль в развитии автоматизации логического проектирования сыграла его книга "Логические методы анализа и синтеза схем".

Работы по автоматизации проектирования вычислительных машин были направлены, во-первых, на проектирование функциональных и логических схем, во-вторых, на конструирование печатных плат и оформление конструкторской документации.

Логическое моделирование применяется с конца 50-х годов. Одной из первых программ логического моделирования была программа, о которой сообщили С.Крей и Р.Киш в 1956 г. в США. В 1965 г. американские разработчики САПР начинают использовать трехзначное логическое моделирование. В 1966 г. Дж. Рот разрабатывает свой знаменитый d-алгоритм синтеза тестов для контроля и диагностики неисправностей в схемах. В 70-е годы разрабатывается концепция автоматизации проектирования цифровых систем с выделением уровней системного, регистровых передач, логического и схемотехнического.

История САПР вычислительных машин в нашей стране тесно связана с такими организациями как ИТМиВТ, НИИ автоматической аппаратуры, НИИ молекулярной электроники, ЦКБ Алмаз, ведущими инженерными вузами. В СССР еще в середине 1957 г. В.М.Глушков определяет направления

стратегических исследований в области информатики, отнеся к ним разработку методов автоматизации проектирования ЭВМ и развитие методов автоматизации программирования. В 1964 г. И.Я.Ландау предложил язык моделирования логических схем ФОРΟΣ . В 1965 г. Г.Г.Рябов в ИТМиВТ начал разработку САПР, позднее получившую название ПУЛЬС, а Н.Я.Матюхин возглавил работы по автоматизации проектирования ЭВМ . В 1967 г. вопросами САПР ЭВМ начинает заниматься О.Н.Юрин, который в 70-е годы возглавляет разработку САПР ЕСАП (Единая Система Автоматизации Проектирования) в НИЦЭВТе . В Киеве принципиальные вопросы автоматизации проектирования вычислительных машин разрабатывает В.М.Глушков с коллегами.



Г.Г.Рябов

Значительное внимание уделяется автоматизации конструкторского проектирования печатных плат и интегральных схем. Алгоритмы построения минимальных покрывающих деревьев были предложены в 50-е годы Д.Краскалом и Р.Примом , несколько позднее опубликован волновой алгоритм трассировки С.Ли. При размещении предлагаются последовательные и итерационные алгоритмы, в частности, алгоритм

парных перестановок, появившийся в 1960 г.

В СССР методы и программы конструкторского проектирования РЭА (радиоэлектронной аппаратуры) и БИС во второй половине 60-х годов разрабатывают Г.Г.Рябов, Л.Б.Абрайтис, В.А.Селютин и др.

В начале 70-х годов работы по созданию САПР получили признание. В 1972 г. Государственной премией СССР было отмечено создание САПР для радиотехнической промышленности (позднее эта система стала называться ПРАМ), разработчиками которой были Е.И.Бронин, Ю.Х.Вермишев, Л.П.Рябов и др. Годом позже Государственная премия СССР присуждена специалистам из НИИ молекулярной электроники во главе с Г.Г.Казенновым за разработку САПР для микроэлектронной промышленности. В эти САПР входили программы компоновки, размещения и трассировки печатных плат (ПРАМ) или кристаллов БИС (НИИМЭ), моделирования электронных и логических схем, синтеза тестов и др.

Автоматизация проектирования на функционально-логическом и системном уровнях во-многом связана с созданием языков проектирования (design language).

На функционально-логическом уровне проектирования радиоэлектронной аппаратуры и СБИС наиболее известны языки VHDL, Verilog, SystemC. При конструкторском проектировании для описания топологии СБИС широкую известность получил формат EDIF (Electronic Design Interchange Format).

Язык VHDL (Very high-speed integrated circuits Hardware Design Language) - язык моделирования дискретных электронных устройств, утвержденный в качестве международного стандарта IEEE 1076 в 1987 г.. В дальнейшем стандарт корректировался и расширялся, новые версии приняты в 1993 и

1999 г.г., в частности, в версии IEEE 1076.1 (1999 г.) нашли отражение особенности описания аналоговых устройств. Язык предназначен для моделирования преимущественно на уровнях вентильном, регистровых передач и корпусов микросхем, он успешно используется и при синтезе устройств.

К числу предшественников VHDL можно отнести один из первых языков для описания схем на уровне регистровых передач APL (1962 г.), разработанный в США.

Для моделирования на системном уровне было разработано большое число языков. Из числа общецелевых языков моделирования одним из первых был язык GPSS, появившийся в 1964 г. и, что удивительно, продолжающий широко использоваться и в настоящее время. В 60-е годы разработаны еще несколько известных языков системного моделирования. К ним относятся Simgrip , Симула-67 и ряд других. Наряду с моделями массового обслуживания, при системном моделировании используют аппарат, разработанный Петри (С. А. Petri) в 1962 г. и названный сетями Петри.

## **САПР в электронике**

История САПР в электронике берет свое начало в первой половине 60-х годов прошлого века.

В США первыми программами анализа нелинейных электронных схем были TAP, NET-1, разработанные в 1962 и 1964 г. соответственно, а также более известная программа ЕСАР. У истоков автоматизации проектирования в электронике стояли Ф.Брэнин, Д.Калахан, Р.Рорер и др. В 80-е годы проблемами автоматизации проектирования СБИС на логическом и схемотехническом уровнях активно занимаются А.Ньютон, А.Санджованни-Винченелли, С.Дайректор и др.

Первая в СССР программа анализа электронных схем разработана в МВТУ им. Н.Э.Баумана И.П.Норенковым, сообщение о ней появилось в 1965 г. Это была программа ПАЭС для ЭВМ Урал-2. В ней были использованы более ранние работы по моделированию полупроводниковых приборов, выполненные Д.Эберсом и Д.Моллом в США, С.Е.Жорно в СССР. В 70-е годы были созданы программы аналогичного назначения в Зеленограде В.П.Панферовым, в МАИ - В.Н.Ильиным, в МИФИ - А.Я.Архангельским, в Киеве - В.П.Сигорским и А.И.Петренко и др.

Американские ЭВМ были более быстродействующими, но советские программы не уступали американским по времени решения задач за счет использования разреженности матриц в математических моделях схем.

Уже в конце 60-х годов стала ясной необходимость комплексного подхода к автоматизации проектирования, обеспечивающего сквозной цикл разработки как БИС и СБИС, так и печатных плат. Создание САПР БИС и СБИС в министерстве электронной промышленности СССР возглавляет НИИ

молекулярной электроники. Работы ведутся под руководством сначала Г.Г.Казеннова, затем главного конструктора САПР МЭП Б.В.Баталова.



Б.В.Баталов

Разработка средств моделирования электронных схем стимулировала развитие численных методов решения возникающих задач. С 1972 г. разработчики программ анализа перешли на использование неявных методов интегрирования систем дифференциальных уравнений. Появляются А-устойчивые методы (Гира, неявно-явные), обобщаются методы разреженных матриц, разрабатываются методы ускоренного моделирования быстроосциллирующих процессов.

С ростом степени интеграции микросхем задачи проектирования становятся все более сложными. Разработка БИС и СБИС без автоматизации проектирования уже невозможна. Для преодоления сложностей топологического проектирования СБИС С.Мид и Д.Конвей в 1980 г. разрабатывают систему автоматического проектирования топологии, названную кремниевым компилятором и основанную на применении совокупности правил преобразования высокоуровневого описания схемы в реальную топологию.

Появляются компании, целиком специализирующиеся на создании средств ЕСАД. Среди них выделяются три гранда - Mentor Graphics, Cadence, Synopsys.

## САПР в машиностроении

Основными требованиями к промышленному производству являются сокращение срока выхода продукции на рынок, снижение ее себестоимости и повышение ее качества. Выполнить эти требования невозможно без широкого использования методов и систем автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и инженерного анализа (САД/САМ/САЕ-систем).

Историю развития САД/САМ/САЕ-систем в машиностроении часто разделяют на несколько этапов.

На первом этапе (до конца 70-х годов) был получен ряд научно-практических результатов, доказавших принципиальную возможность автоматизированного проектирования сложных промышленных изделий. Возможности систем на первом этапе в значительной мере определялись характеристиками имеющихся в то время графических аппаратных средств. Преимущественно использовались графические терминалы, подключаемые к мэйнфреймам, в качестве которых применялись компьютеры компаний IBM и CDC, или к мини-ЭВМ типа PDP/11. По данным Dataquest в начале 80-х гг. стоимость одной лицензии САД-системы доходила до \$90000.

На втором этапе (80-е годы) появились и начали использоваться графические рабочие станции компаний Intergraph, Sun Microsystems с архитектурой SPARC или автоматизированные рабочие места на

компьютерах VAX от DEC под управлением ОС Unix. К концу 80-х гг. стоимость САД-лицензии снизилась, примерно, до \$20000. Тем самым были созданы предпосылки для создания САД/САМ/САЕ-систем более широкого применения.

На третьем этапе (начиная с 90-х годов) бурное развитие микропроцессоров привело к возможности использования рабочих станций на персональных ЭВМ, что заметно снизило стоимость внедрения САПР на предприятиях. На этом этапе продолжается совершенствование систем и расширение их функциональности. Начиная с 1997 г., рабочие станции на платформе Wintel не уступают Unix-станциям по объемам продаж. Стоимость лицензии снизилась до нескольких тысяч долларов.

Четвертый этап (начиная с конца 90-х годов) характеризуется интеграцией САД/САМ/САЕ-систем с системами управления проектными данными PDM и с другими средствами информационной поддержки изделий.

Принято делить САД/САМ-системы по их функциональным характеристикам на три уровня (верхний, средний и нижний). В 80-е годы и в начале 90-х такое деление основывалось на значительном различии характеристик используемого для САПР вычислительного оборудования. Аппаратной платформой САД/САМ-систем верхнего уровня были дорогие высокопроизводительные рабочие станции с ОС Unix. Такая техника позволяла выполнять сложные операции как твердотельного, так и поверхностного геометрического моделирования применительно к сборочным узлам из многих деталей. САД-системы нижнего уровня предназначались только для автоматизации чертежных работ, выполнявшихся на низкопроизводительных рабочих станциях и персональных компьютерах. По мере улучшения характеристик персональных компьютеров удавалось создавать сравнительно недорогие системы с возможностями параметрического и ассоциативного 3D-моделирования. Такие системы стали относить к САД/САМ-системам среднего уровня. Сегодня деление САД/САМ-систем на САПР верхнего, среднего и нижнего уровней еще сохраняется, хотя и страдает очевидной нечеткостью.

Проектирование механических изделий заключается прежде всего в конструировании, т.е. в определении геометрических форм тел и их взаимного расположения. Поэтому история автоматизации проектирования в машиностроении связана с историей компьютерной графики и практически началась с создания первой графической станции. Это была станция Sketchpad с использованием дисплея и светового пера, представленная в 1963 г. И.Сазерлендом. Растровые дисплеи стали применяться в 70-е годы. И.Сазерленд в дальнейшем работал в ARPA, возглавив в этом агентстве департамент анализа и обработки информации, а позже стал профессором Гарвардского университета

К 1982 г. твердотельное моделирование начинают применять в своих продуктах компании Computervision, IBM, Prime и др., однако методы

получения моделей тел сложной формы еще не развиты, отсутствует поверхностное моделирование. В следующем году разработана техника создания 3D моделей с показом или удалением скрытых линий. В 1986 г. компания Autodesk выпускает свой первый CAD-продукт Autocad, пока однопользовательскую версию на языке Си с поддержкой формата IGES. В 1988 г. создается аппаратура для прототипирования изделий с помощью лазерной стереолитографии по данным, получаемым в MCAD. Также в 1988 г. компания PTC впервые реализует параметризацию моделей.

Развитие компьютерной графики определялось не только возможностями аппаратных средств, но и характеристиками программного обеспечения. Оно должно было быть инвариантным по отношению к используемым аппаратным средствам ввода и вывода графической информации. Поэтому значительное внимание с 70-х годов уделяется вопросам стандартизации графических программ. Стандарт на базисную графическую систему включает в себя функциональное описание и спецификации графических функций для различных языков программирования.

В 1977 г. ACM публикует документ Core, описывающий требования к аппаратно-независимым программным средствам. А в начале 1982 г. появляется система Graphical Kernel System (GKS), задающая примитивы, сегменты и преобразования графических данных и ставшая стандартом ISO в 1985 г. В 1987 г. разработан вариант GKS-3D с ориентацией на 3D графику.

В 1986 г. утверждается ряд новых стандартов. Среди них CGI (Computer Graphics Interface) и PHIGS P (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) - стандарт ANSI, ставший стандартом ISO в 1989 г. В 1993 году компанией Silicon Graphics предложен стандарт OpenGL (SGI Graphical Language), широко используемый в настоящее время.

В этих системах используются графические форматы для обмена данными, представляющие собой описание изображения в функциях виртуального графического устройства (в терминах примитивов и атрибутов). Графический формат (метафайл) обеспечивает возможность запоминать графическую информацию единым образом, передавать ее между различными системами и интерпретировать для вывода на различные устройства. Такими форматами стали CGM - Computer Graphics Metafile, PostScript - Adobe Systems' Language, GEM - GEM Draw File Format и др.

Работы по стандартизации были направлены на расширение функциональности графических языков и систем, включение в них средств описания не только данных чертежей и 3D-моделей, но и других свойств и характеристик изделий.

В области автоматизации проектирования унификация основных операций геометрического моделирования привела к созданию инвариантных геометрических ядер, предназначенных для применения в разных САПР. Наибольшее распространение получили два геометрических ядра Parasolid (продукт фирмы Unigraphics Solutions) и ACIS (компания Spatial Technology). Ядро Parasolid разработано в 1988 г. и в следующем году

становится ядром твердотельного моделирования для CAD/CAM Unigraphics, а с 1996 г. – промышленным стандартом.

Параллельно проводились работы по стандартизации описаний геометрических моделей для обмена данными между различными системами на различных этапах жизненного цикла промышленной продукции. В 1980 г. появился формат IGES (Initial Graphics Exchange Specification), ставший на следующий год стандартом ANSI. Фирма Autodesk в своих продуктах стала использовать формат DXF (Autocad Data eXchange Format). В 1984 г. в ISO для целей стандартизации в области промышленной автоматизации создается технический комитет TC184, а внутри него для разработки стандартов обмена данными - подкомитет SC4, где и была разработана группа стандартов ISO 10303 STEP (Standard for Exchange Product Model Data), включая язык Express и прикладные протоколы AP203 и AP214.

Примерами CAD/CAM-систем верхнего уровня являются CATIA (компания Dassault Systemes), Unigraphics (Unigraphics Solution), Pro/Engineer (PTC). Продукты этих фирм доступны с 1981, 1983 и 1987 г. соответственно. В 1998 г. в компании Крайслер с помощью CATIA демонстрируется возможность создания исчерпывающей цифровой модели автомобиля (проектирование, имитация сборки и испытаний). К числу САПР верхнего уровня в 90-е годы относились также EUCLID3 (Matra Datavision), I-DEAS (SDRC), CADD5 (Computervision), но их развитие было прекращено в связи со слиянием компаний.

Так, в 2001 г. происходит слияние компании Unigraphics Solution с SDRC, что означало постепенное прекращение развития I-DEAS и использование удачных решений двух систем I-DEAS и Unigraphics (UG) в новых версиях системы Unigraphics NX.

Еще раньше система CADD5 была приобретена компанией PTC (Parametric Technology Corp.). Эта компания, штаб-квартира которой расположена в США, основана в 1985 г. бывшим профессором Ленинградского университета Семёном Гейзбергом.

Наиболее известными CAD/CAM-системами среднего уровня на основе ядра ACIS являются AutoCAD 2000, Mechanical Desktop и Autodesk Inventor (Autodesk Inc.); Cimatron (Cimatron Ltd.); ADEM (Omega Technology); Mastercam (CNC Software, Inc.); Powermill (DELCAM) и др. К числу CAD/CAM-систем среднего уровня на основе ядра Parasolid принадлежат, в частности, Solid Edge и Unigraphics Modeling (Unigraphics Solutions); SolidWorks (SolidWorks Corp.); MicroStation Modeler (Bentley Systems Inc.); Pro/Desktop (Parametric Technology Corp.); Anvil Express (MCS Inc.) и др. Компания PTC в своих продуктах начинает применять разработанное ею в 2000 г. геометрическое ядро Granite One.

В 1992 году корпорация Intergraph, один из ведущих на тот момент производителей САД-систем для машиностроения, приняла решение о разработке нового программного продукта, целиком построенного на базе платформы Wintel. В результате в конце 1995 года появилась система геометрического моделирования Solid Edge (такое имя получила новая

система). В 1998 году к Unigraphics перешло все отделение Intergraph, занимающееся САПР для машиностроения. В это же время Solid Edge меняет геометрическое ядро ACIS на ядро Parasolid. В 1999 год появляется 6-я версия Solid Edge на русском языке.

В 1993 г. в США создается компания Solidworks Corporation и уже через два года она представила свой первый пакет твердотельного параметрического моделирования Solidworks на базе геометрического ядра Parasolid. Система Solidworks вошла в число ведущих систем среднего уровня.

Ряд САД/САМ систем среднего и нижнего уровней разработан в СССР и России. Наибольшее распространение среди них получили Компас (компания Аскон) и T-Flex CAD (Топ Системы) и некоторые другие системы.

Компания Аскон основана в 1989 г. В нее вошел коллектив разработчиков, который до этого в Коломенском конструкторском бюро машиностроения проектировал систему Каскад. Первая версия Компас для 2D проектирования на персональных компьютерах появилась в том же 1989 г. В 2000 г. САПР Компас распространена на 3D проектирование. В 2003 г. выпущена 6-я версия Компас и PDM система Лоцман.PLM.

Автоматизация технологической подготовки производства в системах САМ не была столь жестко привязана к аппаратным средствам машинной графики, как автоматизация конструирования в системах САД. Среди первых работ по автоматизации проектирования технологических процессов нужно отметить создание языка АРТ (Automatic Programming Tools) в 1961 г. в США. Этот язык стал родоначальником многих других языков программирования для оборудования с числовым программным управлением. В СССР Г.К.Горанский создает программы для расчетов режимов резания в первой половине 60-х годов. В.Д.Цветков, Н.М.Капустин, С.П.Митрофанов и др. разрабатывают методы синтеза технологических процессов в 70-е годы.

В системах инженерных расчетов и анализа САЕ центральное место занимают программы моделирования полей физических величин, прежде всего это программы анализа прочности по методу конечных элементов (МКЭ).

Метод конечных элементов разработан к 1950 г. специалистами, работающими в областях строительной механики и теории упругости.

Сам термин "конечные элементы" был введен в 1960 г. Клафом (R.Clough). В 1963 г. был предложен сравнительно простой способ применения МКЭ для анализа прочности путем минимизации потенциальной энергии. Появились программно-методические комплексы для анализа и моделирования на основе МКЭ.

В 1965 г. NASA для поддержки проектов, связанных с космическими исследованиями, ставит задачу разработки конечно-элементного программного пакета. К 1970 г. такой пакет под названием NASTRAN (NAsa STRuctural ANalysis) был создан и начал эксплуатироваться. Стоимость разработки, продолжавшейся 5 лет, составила 3-4 млн долларов.

Одной из компаний, участвовавших в разработке, была MSC (MacNeal-Schwendler Corporation). С 1973 г. MSC (с 1999 г. компания называется MSC.Software Corporation) самостоятельно продолжает развивать пакет MSC.NASTRAN, который стал мировым лидером в своем классе продуктов.

В 1976 г. разработан комплекс DYNA3D (позднее названный LS-DYNA), предназначенный для анализа ударно-контактных взаимодействий деформируемых структур.

К числу лидеров программ CAE можно отнести также комплекс Ansys. В 2000 г. с помощью средств многоаспектного моделирования, реализованных в Ansys, продемонстрирована возможность совместного моделирования электромагнитных, механических и тепловых процессов при проектировании микроэлектромеханических устройств.

Мировым лидером среди программ анализа на макроуровне считается комплекс Adams, разработанный и развиваемый компанией Mechanical Dynamics Inc. (MDI). Компания создана в 1977 г. Основное назначение Adams (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) - кинематический и динамический анализ механических систем с автоматическим формированием и решением уравнений движения.

Для проектирования систем, функционирование которых основано на взаимовлиянии процессов различной физической природы, важное значение имеет возможность многоаспектного моделирования. Теоретические основы многоаспектного моделирования на базе аналогий физических величин рассматривались Г.Ольсоном (1947 г.), В.П.Сигорским (1975 г.) и были реализованы в программах моделирования ПА6 - ПА9, разработанных в МВТУ им. Н.Э.Баумана в 70-80-е годы. Основные положения многоаспектного моделирования позднее были закреплены в стандарте, посвященном языку VHDL-AMS.

## **История ИПИ-технологий**

Необходимость создания и использования CALS (ИПИ)-технологий была понята в процессе роста сложности проектируемых технических объектов. Работы по CALS были инициированы в оборонной промышленности США. Более конкретно возникновение CALS многие относят к периоду попыток США выполнить программу «звездных войн» - СОИ (стратегической оборонной инициативы) в середине 80-х годов.

С тех пор работы по CALS ведутся в направлениях: стандартизации языков и форматов представления, хранения и обмена данными; интегрированной логистической поддержки изделий; создания систем управления данными на всех этапах жизненного цикла изделий; развития интерактивных электронных технических руководств.

Международная организация стандартизации принимает в 1986 г. стандарт на язык разметки SGML; в 1988 г. – стандарт EDIFACT; в 1991 г. разработан проект языка Express и в 1994 г. утверждены первые стандарты STEP, задающие язык Express и методы его реализации для описания моделей

изделий в разных приложениях. При создании этих стандартов были учтены более ранние разработки по функциональному и информационному моделированию процессов и приложений. Это прежде всего методика SADT, разработанная Д.Россом в 1973 г. и послужившая основой для спецификации IDEF0 в рамках выполнявшейся в США программы ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing). В 1999 г. первые стандарты STEP, переведенные на русский язык, становятся также стандартами России.

Большой объем данных, используемых при проектировании, необходимость поддержания их целостности (достоверности и полноты), сложность управления проектированием привели в 80-е годы к созданию в составе САПР системных сред, называемых системами управления проектными данными PDM (Product Data Management).

Появление системных сред в САПР ознаменовало переход от использования отдельных не связанных друг с другом программ, решающих частные проектные задачи, к применению интегрированной совокупности таких программ. Роль интегрирующего компонента в 70-е гг. возлагалась на единую базу данных САПР. Однако попытки использовать имевшиеся в то время СУБД не приводили к удовлетворительным результатам в силу разнообразия типов проектных данных, распределенного и параллельного характера процессов проектирования, с одной стороны, и недостаточной развитости технологии баз данных, с другой стороны.

Первой PDM-системой в начале 80-х годов стал продукт EDL компании CDC. В САПР электронной промышленности первые системы управления проектированием и проектными данными, называвшиеся системными средами (Framework), созданы в середине 80-х годов. Это системы Skill и Falcon Frameworks фирм Cadence Design Systems и Mentor Graphics соответственно. Тематика Frameworks оказалась в центре внимания на крупнейшей выставке 1992 г. в Калифорнии, посвященной ECAD.

Начиная с середины 90-х годов, разворачиваются работы по PDM для САПР в машиностроении.

Одной из первых развитых PDM-систем становится система Optegra компании Computervision. Unigraphics Solutions (UGS) совместно с Kodak разрабатывает PDM-систему iMAN. С покупкой в январе 1998 года компании Computervision и её PDM-технологии Windchill фирма PTC вышла на рынок PDM-систем. Система Windchill является первой Internet-ориентированной PDM-системой. В 1999 году фирма PTC анонсирует новую технологию CPC - Collaborative Product Commerce, базирующуюся на технологии Windchill. В начале XXI века появляются PDM-системы ENOVIA и Smarteam от Dassault Systemes, Teamcenter от UGS и ряд других.

Среди российских систем PDM наиболее известными являются Party Plus (компания Лоция-Софт), PDM STEP Suite, разработанная под руководством Е.В.Судова в НПО «Прикладная логистика» в 2002 г., Лоцман:PLM в составе САПР Компас компании Аскон.

Расширение функций PDM-систем на все этапы жизненного цикла продукции превращает их в системы PLM (Product Lifecycle Management).

Технологии ИЭТР предназначены для создания электронной документации, технических публикаций и презентаций сложных изделий и представлены в ряде стандартов, принятых в АЕСМА (Association of European Constructors and Manufactories in Aerospace), DoD (Department of Defense - министерство обороны США) и ISO (International Standard Organization). Первый вариант стандарта АЕСМА S1000D относится к 1989 г. Он разработан на базе языка разметки SGML (ISO 8879). В первой половине 90-х появляются стандарты MIL 87268 - 87270, созданные в США. Стандарт АЕСМА S1000D описывает правила создания технических руководств модульной структуры. В нем содержатся данные, необходимые при эксплуатации изделий. Использование стандарта удешевляет сопровождение изделий, обеспечивает интерфейс между распределенными автоматизированными системами производителей и пользователей, облегчает адаптацию к нововведениям. Стандарт состоит из пяти глав, в которых описываются правила кодирования и индексации модулей, внесения в них изменений, применения модулей для технических публикаций (ИЭТР), использования подмножества XML (ИЭТР-X), а также введены унифицированные модули, типовые для технической документации (например, модули предупреждений).

## **Заключение**

В эпилоге к своей книге, посвященной технологии разработки сложных программных комплексов, Ф.Брукс писал: «Системы программного обеспечения представляют собой, может быть, самые запутанные и сложные творения рук человеческих. Руководство этим сложным ремеслом потребует от нас умения наилучшим образом использовать новые языки и системы, наиболее эффективно применять все известные методы технического руководства, а также здравого смысла и умения признавать наши слабости и просчеты». Действительно, по своей сложности изделия вычислительной техники, будь то операционная система, микропроцессор или продукт САПР, лидируют в мире техники. Удивляет не только сложность сама по себе, поражает скорость, с какой эта сложность нарастает. Не всегда удается своевременно выполнить обоснование и обобщение новых идей, методов и технологий, дать им должную оценку.

В этих условиях знание истории может стать полезным ориентиром в осмыслении новых направлений развития вычислительной техники и информационных технологий, помочь в принятии правильных решений, уберечь от ложных путей достижения поставленных целей.

## Хронологическая таблица

**Около 2 тыс. лет до н. э.** - На коленях статуи правителя Лагаша-древнего государства в шумере-царя Гудеа установлена доска, на которой вырезана масштабная линейка в половину локтя вавилонского царя. Линейка разделена на 16 равных частей, из которых вторая справа разделена на 6, четвертая - на 5, шестая-на 4, восьмая-на 3 и десятая-на 2 равные части. Наименьшие деления-около миллиметра

**X-IV вв. до н. э.** -На найденных в раскопках кубиках пред сказателей в Китае обнаружены символы чисел того времени.

**1350 г. до н. э.** - На барельефе храма египетского фараона Сети I, в Абидасе записаны на пальмовой ветви числа в виде зарубок.

**VIII-VII вв. до н. э.** - Создатели одной из древнейших цивилизаций - индейцы Мексики племени майя проводят систематические наблюдения за небесными явлениями и составляют календарные расчеты астрономических явлений, которые в ряде случаев соотносятся с периодом в 400 млн. лет назад и весьма точны.

**VI-IV вв. до н. э.** -Пифагор Самосский (Греция) и его последователи пифагорейцы, обожествляя число, возвели его в основу всего существующего-источник гармонии космоса.

**Конец V - начало IV в. до н. э.** -В произведениях древнегреческих поэтов Гомера и Аристофана упоминается о распространении пальцевого счета, зародившегося в древности и до сих пор употребляющегося в ряде случаев биржевыми маклерами.

**V-IV вв. до н. э.** - Созданы древнейшие из известных счетов - "саламинская доска" по имени острова Саламин в Эгейском море-которые у греков и в Западной Европе назывались "абак", у китайцев-"суан-пан", у японцев-"серобян"

. Вычисления на них проводились путем перемещения счетных костей и камешков (калькулей) в полосковых углублениях досок из бронзы, камня, слоновой кости, цветного стекла. Эти счета сохранились до эпохи Возрождения, а в видоизмененном виде сначала как "дощатый щот" и как русские счета (см. рис. б, в) до настоящего времени. IV в. до н. э. -Древнегреческий ученый Аристотель основал дедуктивную логику" Около 120 лет до н. э. - Герон Александрийский создает технические автоматические устройства, описания которых дошли до наших дней: Его учитель Ктезибий Александрийский создал автоматические водяные часы (клепсидра). К изобретениям Герона относится, например, автомат "Поющая птичка и сова" Птичка начинает свистеть, когда сова на нее не смотрит, и умолкает, когда сова к ней поворачивается. Второй автомат был призван открывать силой нагретой воды алтарь после того, как перед ним зажжется жертвенный огонь

**Перед началом н. э.** - Как показали раскопки 1964 г., индейцы майя имели кубики с календарными иероглифами, которые использовались в качестве особого типа счетных камешков.

В трактате из 13 книг "Арифметика" (из них сохранилось" б) греческий ученый Диофант Александрийский впервые ввел алгебраическую символику, создал так называемые диофантовы приближения (раздел теории чисел), написал диофантовы уравнения (алгебраические неопределенные уравнения с целочисленными коэффициентами, решения которых ищутся в рациональных числах), создал раздел математики, в котором изучаются свойства диофантовых уравнений методами алгебраической геометрии (диофантово геометрию).

**Около 628 г.** -Ученый Индии Брахмагупта затрагивает ряд проблем^ арифметики, геометрии и алгебры в книге "Пересмотр системы Брахмы". Сочинение в основном было посвящено астрономии и содержало 20 глав.

**Конец VII-начало VIII в.** -Один из первых математиков Европы англосаксонский математик Беда Достопочтенный в своем трактате "О счислении" дал полное описание счета на пальцах до миллиона. Он писал: "В мире есть много трудных вещей, но нет

ничего труднее, чем четыре действия арифметики".

**VIII в.**-В Китае возникает книгопечатание, первоначально с деревянных клише, каждое размером в страницу.

**Первая, половина IX в.** - В трудах уроженца Хивы Абу Абдул-лы Мухаммеда бен Мусы аль-Маджуса аль-Хорезми обобщены достижения арабской математики и астрономии, впервые введен термин алгебра (от арабского "алджебр"). Имя аль-Хорезми послужило основой термина алгоритм, который означал решение задач с помощью уравнений на основе установленных правил.

**X в.**- Французский монах Герберт из Орийяка (ставший позже папой римским Сильвестром II) написал книги по математике и среди них "Правила счета на абак", где описывал абак в виде гладкой доски, посыпанной голубым песком и имеющей 30 столбцов, из которых 3 отводились дробям. Ему же приписывается первенство в создании механических часов.

**1030 г.**-Согласно летописи князь Ярослав организовал в Киеве школу, в которой грамоте и счету учились 300 детей.

**1040 г.**- Китайский ученый Пу (Би) Шэн изобретает сменные керамические литеры для книгопечатания.

**1134 г.**-Новгородский дьякон Кирик в книге "Ученье им же ведати человеку числа всех лет" для календарно-астрономических расчетов пользуется геометрической прогрессией.

**Около 1274 г.**-Испанский теолог Раймунд Луллий пишет трактат "Великое искусство" о предложенном им способе "механического получения" лиц, диаграмм, кругов и т. д. Проповедуя христианство, он был забит камнями мусульманами.

**1276-1277 гг.**-Испанские ученые впервые описывают механические часы. XIII в.-Иордан Неморарий в своих математических книгах впервые систематически использовал буквы вместо конкретных чисел, с целью общности выражения ввел имена переменных величин.

**Около 1390 г.**-В Корее изобретается подвижный металлический шрифт для книгопечатания. Первая книга таким способом отпечатана в **1409 г.** **1436 г.**-Немецкий изобретатель И. Гутенберг (Генсфлейн) применил первым в Европе печатание на бумаге с использованием металлических литер, закрепленных в раме.

**1489 г.**-В учебнике арифметики "Быстрый и красивый счет" чешского ученого Яна Видмана впервые в печатном издании использованы арифметические символы + (плюс), - (минус).

**1500 г.**-К этому году в Европе насчитывалось 250 типографий и было отпечатано более 50000 различных сочинений.

**Конец XV-начало XVI в.**-Великим творцом эпохи Возрождения Леонардо да Винчи - художником, скульптором и математиком, фортификатором и строителем каналов - был дан эскиз тринадцатирядного суммирующего устройства с десятизубыми колесами. Этот эскиз был обнаружен в конце 60-х гг. нашего времени в архиве Леонардо да Винчи, хранящемся в национальной библиотеке Мадрида. По этим чертежам в наши дни американская фирма по производству компьютеров IBM в целях рекламы построила работоспособную машину. XV-XVI вв.-В Европе распространен счет на линиях или счетные таблицы с укладываемыми на них жетонами. XVI в. - Создаются русские счеты с десятичной системой счисления.

**1522 г.** - Немецкий математик и летописец Иоганн Вернер изложил метод, позволяющий путем использования тригонометрических функций заменять умножение сложением.

**1544 г.**-Немецкий математик Михаэль Штифель в книге "Полная арифметика" провел идею сравнения арифметической и геометрической прогрессий, что привело к открытию логарифмов.

**1564 г.**-Русский первопечатник И. Федоров совместно с П. Мстиславцем выпустил первую русскую печатную книгу "Апостол". В 1574 г. Федоров выпустил во Львове первую славянскую "Азбуку", а в 1580-1581 гг. в Остроге-первую полную славянскую Библию,

получившую в истории название "Острожская библия".

Вторая половина XVI- первая половина XVII в. - В Англии изобретают первые логарифмические линейки, в 1632 г. выходит в свет книга Форстера и Отреда "Круги пропорции", в 1630 г. - Р. Деламейна "Граммеология, или Математическое кольцо" с описанием круговой логарифмической линейки. 1585 г. - Нидерландский ученый Стевин Симон в сочинении "Десятина" изложил методы вычислений с десятичными дробями.

**1591 г.** - Французский математик Франсуа Виет ввел буквенные символы для численных коэффициентов в арифметике, алгебре и тригонометрии.

Рубеж XVI-XVII вв. - Английский философ Томас Гоббс призвал к представлению человеческого мышления в форме вычислительного процесса. Он писал: "Мыслить значит не что иное, как представлять себе общую сумму сложения или остаток от вычитания одной суммы из другой... Где уместны сложение и вычитание - уместен и здравый смысл".

**1614 г.** - Шотландский математик Джон Непер опубликовал "Описание таблиц логарифмов" - первое руководство по вычислениям с помощью логарифмов, идея которых у него возникла примерно лет на 20 раньше.

**1617 г.** - Непер публикует трактат "Счет с помощью палочек", который применялся еще индейцами, но после работ Непера распространился в Европе как метод умножения с помощью "палочек Непера".

**1620 г.** - Швейцарский математик ИостБюрги, работавший в Праге, независимо от Непера опубликовал свою таблицу логарифмов.

**1623, 1624 гг.** - Вильгельм Шиккард - профессор Тюбингского университета в письмах И. Кеплеру описал устройство "часов для счета" - счетной машины. Данных о построении этой машины недостаточно, но в начале 60-х гг. нашего столетия по описаниям ее восстановили ученые Тюбингского университета. В ней были механизированы операции сло-

жения и вычитания, а умножение и деление выполнялись с элементами механизации.

**1642 г.** - Молодой 18-летний французский математик и физик Блез Паскаль создает первую модель вычислительной машины, которая могла выполнять арифметические операции. 1645 г. - Арифметическая машина "Паскалина", или "Паскалево колесо", (см. форзац) получает законченный вид.

**В 1649 г.** Б. Паскаль получает королевскую привилегию на изготовление и продажу своей машины - до наших дней сохранилось восемь ее машин.

**1658 г.** - В "Переписной книге деловой казны патриарха Никона 1658 г." встречается слово "счоты", счеты уже изготовлялись для продажи в России.

**1666 г.** - Самюэль Морленд строит первую в Англии суммирующую машину.

**1670 г.** - Готфрид Вильгельм Лейбниц дал первое описание своего арифметического инструмента - первой счетной машины, которая механически производила сложение, вычитание, умножение и деление. Окончательный вариант завершен в 1710 г. Им сделана попытка создать алгебру логики, интегральное исчисление.

**1683 г.** - Томас Эверард предлагает линейку для измерения объемов (с двумя движками и впервые введенной обратной шкалой).

**1700 г.** - Француз Клод Перро издает в Париже "Сборник большого числа машин", где описывает и "Рабдо-логический абак" - суммирующую машину, конструкция которой отлична от "Паскалина".

**1761 г.** - Англичанин Д. Робертсон создал линейку для на вигационных расчетов, снабженную бегунком. Идею такого инструмента выдвигал Исаак Ньютон примерно в 1660 г.

**Конец XVI в. (не позднее 1770 г.)** - В г. Несвиже в Литве Е. Якобсон создает суммирующую машину, определяющую частное и способную работать \* с 5-значными числами.

**1770-1779 г.** - Священник из Вюртельберга Ган сконструировал несколько машин для астрономических вычислений, которые были весьма трудоемкими. Он писал, что ему

пришлось иметь дело "с громадными дробями и делать умножения и деления над весьма большими числами, от которых даже мысли останавливались".

**1775-1780 гг.** - Англичанин граф Ч. Стэнхоуп изобретает ряд счетных машин, некоторые идеи которых были реализованы в арифмометрах с "однеровским колесом".

**1775-1780 гг.** - Англичанин граф Ч. Стэнхоуп изобретает ряд счетных машин, некоторые идеи которых были реализованы в арифмометрах с "однеровским колесом".

**1791 г.** - Во Франции разработана метрическая система единиц, введенная декретом от 1 августа 1793 г. Революционного конвента. В России она была введена одним из первых актов Советской власти (декрет Совнаркома от 14 сентября 1918 г.).

**XVIII в.** - Прославился в истории технического прогресса автоматикой на основе часовых механизмов. Это, например, часы - автомат Ивана Петровича Кулибина в форме яйца, которые демонстрировали пасхальные интермедии с музыкой-

**1801-1804 гг.** - Французский изобретатель Ж. М. Жаккар впервые использовал перфокарты для управления автоматическим ткацким станком.

**1820 г.** - Получает патент на арифмометр эльзасец Карл Ксавье Томас. Он же организовал впервые в мире промышленное производство арифмометров, за первые 50 лет он изготавливает на продажу 1500 экземпляров.

**1823 г.** - Английский ученый Чарлз Беббидж разрабатывает проект "Разностной машины", предвосхищавшей современную программно-управляемую автоматическую машину.

**1832 г.** - Семен Корсаков - проект гомеоскопа для построения логических выводов

**В период с 1833 - 1871 гг.** - "аналитической машины", которая должна была "заменить человека в одной из самых медленных операций его ума". "Аналитическая машина" Ч.

Бebbиджа предполагала в своем устройстве три основные части: "склад" для хранения чисел, набиравшихся с помощью зубчатых колес; "фабрику" для операций над числами, изъятыми из "склада"; устройства для управления операциями с помощью перфокарт.

Одновременно дочь Джорджа Гордона Байрона леди Ада Лавлейс разрабатывает первые программы для машины Беббиджа, заложив многие идеи и введя ряд понятий и терминов, сохранившихся до настоящего времени. О машине Ч. Беббиджа Ада Лавлейс писала, что "аналитическая машина" вышивает алгебраические узоры так же, как станок Жакара вышивает цветочки и листочки.

**1826 г.** - Введено понятие о полупроводниках как о телах, "кои в рассуждении способности проводить электричество занимают как бы среднее место между проводниками и непроводниками". Так о них писал русский физик-педагог Иван Двигубский в учебнике "Начальные основания опытной физики". Развитие физики и техники полупроводников привело к созданию микропроцессоров.

**1828 г.** - Генерал-майор русской армии Ф. М. Слободской создает счетные приборы, которые вместе со специальными таблицами позволяли сводить арифметические действия к сложению и вычитанию.

**1831 г.** - М. Фарадей открыл индуцированные токи.

**1832 г.** - Русский ученый, изобретатель и дипломат (посол России в Вене) П. Л. Шиллинг предложил и построил первую практически работающую между Зимним дворцом и Генеральным штабом в Петербурге систему электромагнитного телеграфа.

**1834 г.** - Французский академик, физик, электротехник и математик Андре Мари Ампер (форзац II) выпустил книгу "Очерки по философии науки", в которой применил термин кибернетика для обозначения гипотетической науки об управлении государством, обществом (от греческого "кибернетос" - рулевой, кормчий, управляющий).

**1837 г.** - Работы Шиллинга по разработке телеграфной связи продолжает в Петербурге академик В. С. Якоби, который в 1843 г. предложил синхронно-синфазный стрелочный аппарат, а в 1850 1850г. - буквопечатающий аппарат.

**30-40-е гг. XIX столетия.** - Американский изобретатель и художник Сэмюэл Морзе создает и широко внедряет в практику телеграфные аппарат и линии связи. Он же

разрабатывает кодирование букв, цифр и знаков препинания набором точек и тире-азбуку Морзе.

**1845 г.** - Выдан патент на счетный прибор З. Я. Слонимского - суммирующую машину "Снаряд для сложения и вычитания", за которую автор получил Демидовскую премию.

**1846 г.** - Создан счислитель Куммера" в котором вместо зубчатых колее использовались кремальеры. По его принципу в 1949 г. в СССР была создана машина "Прогресс".

**1847 г.** - Английский математик и логик Джордж Буль в работе 1847 г. "Математический анализ логики" изложил основы так называемой булевой алгебры, идей которой он развил в вышедшей в свет в 1854 г. работе "Исследование законов мышления". Дж. Буля считают основоположником современной математической логики.

**1847 г.** Куммер получает патент на счетную машину. Образование SIEMENS.

**1848г.** Карл Томас - арифмометр усовершенствован - 10-значные числа

**1850 г.** - В США выдан патент Д. Пармелю на первую клавишную суммирующую машину.

**1854 г.** - Джордж Буль - теоретик логического проектирования, логики, теории алгоритмов и булевой алгебры

**1855 г.** Пер Шойц - построил машину на основе модели аналитического вычислителя Бэббиджа

**1857 г.** - В США Томас Хилл создает первую в мире двухрядную машину .

**1860 г.** - А. Н. Больман создает новый вариант русских счетов.

**С 1863 г. до конца XIX в.** - Из США и Англии распространяются современные ротационные печатные машины, совершенствованию которых служило изобретение В. Буллоком (США) устройства, печатавшего на бумажной ленте с укрепленных на цилиндре печатных знаков.

**1864-1865 гг.** - Дж. К. Максвелл публикует работу "Динамическая теория поля", в которой дается точное определение электромагнитного поля, начинается эра электродинамической картины мира - теория Максвелла приобретает законченный вид.

**1867 г.** - Владимир Яковлевич Буняковский вице-президент Российской академии наук создает счетный механизм, основанный на принципе действия русских счетов.

**1867 г.** - Американский топограф К. Л. Шоулз изобретает первую практическую пишущую машинку, которую с 70-х гг. широко производит машиностроительная фабрика Ф. Ремингтона, и машинка получает наименование "Ремингтона".

**1868 г.** - Чешский художник, ученый и изобретатель Я. Гусник изобретает фототипию (репродукция изображений) . Независимо от него в 1869 г. в России фотограф В. Я. Рейнгард и физик К. Д. Низовский изобретают фототипию (русское название "светопечать").

**1868-1869 гг.** - Русский изобретатель П. П. Княгинский построил первую наборную машину - "автомат-наборщик".

На этом принципе в Англии А. Мэкки в 1874 г. строит "движимую паром наборную машину".

Вторая половина XIX в. - И. А. Вышнеградский - ученик известного русского математика М. В. Остроградского в ряде работ заложил основания теории автоматического регулирования.

**1873 г.** - А. Мей (Англия) обнаружил уменьшение сопротивления селеновой изоляции телеграфного кабеля даже при свете Луны, что послужило началом создания фоторезисторов.

**1873 г.-1885 г.** Вильгодт Однер – модельер производство арифмометра с колесом Однера (С.Петербург)

**1875 г.** - Лондонский инженер У. Смит изготовил первый в мире полупроводниковый прибор-фотометр.

**1876 г.** - Американский изобретатель А. Г. Белл получает патент на изобретение телефона

**1876 г.- 1879 г.** Чебышев П.Л. создает арифмометр с плавным переносом десятков

**1877 г.** - Немецкий математик Эрнст Шредер опубликовал работу "Алгебра логики".

**1878 г.** - А. Г. Белл совместно со своим помощником Тейнтером провел первый в мире сеанс беспроводной связи на расстоянии 213 м с помощью фотофона - устройства, соединяющего в себе фотометр и телефон .

**1878 г.** - Русский математик и механик, автор многих работ по теории механизмов Пафнутий Львович Чебышев создает суммирующий аппарат с непрерывной передачей десятков, а в 1881 г. приставку к нему для умножения и деления.

**1880 г.** - В. Т. Однер создает в России арифмометр с зубчаткой с переменным числом зубцов, а в

**1880 г.- 1884г.** Герман Холлерит - табулирующая машина для переписи населения на перфокартах.

**1890 г.** - налаживает массовый выпуск усовершенствованных арифмометров, которые в первой четверти XIX в. были основными математическими машинами, нашедшими применение во всем мире. Их модификация "Феликс" выпускалась в СССР до 50-х гг.

**1884 г.** - Известный американский изобретатель Томас Эдисон описывает явление электронной эмиссии, лежащее в основе ламповой электроники.

**1884-1887 гг.** - 24-летний американец Ю. Д. Фельт разрабатывает и совместно с Р. Таррантом производит счетную клавишную машину "Комптометр".

**1885 г.** - Американец У. Барроуз заканчивает машину, которая печатает исходные цифры и результат вычисления . В **1886 г.** он совместно с Т. Меткалфом, Р. М. Скраггсом и Х. Паем создает первую в мире фирму по производству счетных машин.

**1885 г.** - основана AT&T.

**1888 г.** - В США Г. Холлерит создает особое устройство-табулятор, в котором информация, нанесенная на перфокарты, расшифровывалась электрическим током .

**XIX в., вторая половина** - Французский художник постимпрессионист Жорж Сера предлагает метод живописи под названием "пуантилизм", на электронной аналогии которого основана работа растрового дисплея.

**Начало 1890-х гг.** - В России С. Лаптев, в Германии Г. Мейзенбах, в Финляндии Ф. Эглофштейн и в СШАМ. Леви независимо друг от друга изобретают растр -дробление с помощью специальной сетки изображения на точки.

**1892 г.** - У. Барроуз выпустил первый коммерческий сумматор.

**С 1893 г.** - В Цюрихе фирма "Ганс Эгли" выпускает в течение 40 лет счетную машину Болле-Штайгера "Миллионер".

**25 апреля 1895 г.** - А. С. Попов на заседании физического отделения Русского физико-химического общества сделал доклад "Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям", а 12 марта 1886 г. продемонстрировал первую в мире радиопередачу на расстоянии 250 м.

**1895 г.** - Выходит в свет фундаментальная статья голландского ученого Г. А. Лоренца "Опыт теории электрических и оптических явлений", в которой он дает систематическое изложение электронной теории строения вещества.

**1896 г.** основана Tabulating Machine Co. (Герман Холлерит)

**1897 г.** -Английский физик Дж. Томсон сконструировал электронно-лучевую трубку и с ее помощью исследовал отклонение катодных лучей (потока электронов) в магнитном и электрическом полях.

**Конец XIX в.** - Португальский ученый А. ди Пайва и независимо от него русский ученый П. И. Бахметьев выдвигают принцип последовательной передачи элементов изображения, принятый затем в телевидении. В 1884 г. немецкий ученый П. Нипков предложил для этой цели использовать специальный "диск Нипкова" с отверстиями.

**1900 г.** - Под руководством А. С. Попова была осуществлена первая практическая радиопередача на расстоянии 47 км при спасении броненосца "Генерал-адмирал Апраксин", севшего на камни вблизи острова Гогланд в Финском заливе Балтийского

моря.

**1901 г.** - Итальянский физик Г. Маркони установил радиосвязь между Европой и Америкой.

**1904 г.** - Известный русский математик, кораблестроитель академик А. Н. Крылов предложил конструкцию машины для интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений которая была построена в 1912 г.

**1904 г.** - Английский физик Д. А. Флеминг получил патент на электронный двухэлектродный прибор- диод для выпрямления колебаний.

**1906 г.** - Американские физики Л. де Форест и Р. Либен сконструировали трехэлектродный вакуумный прибор - электронный вакуумный триод.

**1907 г.** - Американский инженер Дж. Пауэрс сконструировал автоматический карточный перфоратор.

**1907 г.** - Русский ученый Б. Л. Розинг заявил патент на использование в телевидении электронно-лучевой трубки.

**1916 г.** - Русский изобретатель Е. Е. Горин подает в Комитет по техническим делам заявку на "электрофотографический аппарат". Электрофотография в настоящее время ироко при- меняется в различных областях информатики.

**1918 г.** - Советский ученый М. А. Бонч-Бруевич изобретает ламповый триггер. В 1919 г. независимо от М. А. Бонч-Бруевича такой же прибор изобрели американцы У. Икклз и Ф. Джордан.

**1920 г.** - Американский исследователь Ю. Лилиенфельд высказал идею создания полупроводникового прибора - усилителя электрических сигналов.

**1924 г.** фирма Computing-Tabulating Recording переименована в IBM

**1928 г.** - Американский математик Джон Янош Нейман (уроженец Будапешта) сформулировал основы теории игр, ныне широко применяемых в теории и практике машинного моделирования сложных ситуаций.

**1929 г.** - А. И. Волков, русский инженер, получил патент на электронную систему цветного телевидения.

**1930 г.** Джон Атанасов (Университет Айова) - заложил основы современных компьютеров;

Буш (США) - дифференциальный анализатор.

**1931 г.** - Французский инженер Р.-Л. В. Валлат выдвигает идею использования двоичной системы счисления при создании механических счетных устройств.

Середина 30-х гг. XX столетия. В результате разработок В. К. Зворыкина и Ф. Франсуорта в США, К.- Свинтона в Великобритании, В. П. Грабовского, С. И. Катаева, А. П. Константинова, Б. Л. Розинга, П.В. Тимофеева, П. В. Шмакова в СССР появляются первые системы электронного телевидения.

**1928-1933 гг.** - Английский инженер-математик Л. Д. Комри создает счетные машины для табулирования функций, вычисляет и печатает семи - и восьмизначные таблицы тригонометрических функций с шагом в одну секунду дуги. Его первая разностная машина "Нейтин" (1933 г.) табулировала со скоростью до 13 знаков.

**1932 г.** - Советский ученый И. Е. Тамм, впоследствии лауреат Нобелевской премии, ввел понятие поверхностных состояний полупроводника - "уровней Тамма", играющих большую роль в работе полевых транзисторов и других полупроводниковых приборов.

**1935 г.** Лукьянов - аналоговая машина на воде - гидроинтегратор

**1936 г.** - Английский математик А. Тьюринг и независимо от него американский математик и логик Э. Л. Пост (уроженец Польши) выдвинули и разработали концепцию абстрактной вычислительной машины. "Машина Тьюринга" - гипотетический универсальный преобразователь дискретной информации, теоретическая вычислительная система. Тьюринг и Пост показали принципиальную возможность решения автоматами любой проблемы при условии возможности ее алгоритмизации с учетом выполняемых ими операций.

**1936 г.** ABC (Д. Атанасов, К. Берри, колледж шт. Айова) - цифровая ЭВМ для решения линейных уравнений (не запущена);

**1936 г.** - Немецкий инженер-кибернетик К. Зюс начала работы по созданию универсальных автоматических цифровых машин с программным управлением на механических элементах.

**1937 г.** - Американский физик болгарского происхождения Дж. В. Атанасов формулирует принципы автоматической вычислительной машины на ламповых схемах для решения систем линейных уравнений.

**1937 г.** Джордж Штибуц - электронный цифровой компьютер

**1938 г.** счетная машина Z1, Конрад Цузе, Германия - 4 кв. м., управлялся клавиатурой.

**1938 г.** - Американский математик и инженер К. Шэннон, а в 1941 г. русский ученый В. И. Шестаков показали возможности аппарата математической логики для синтеза и анализа релейно-контактных переключательных схем.

**1938 г.** - Американец Р. Риш демонстрирует механическое говорящее устройство.

**1939 г.** - Американцы Риш, Дадли и Уоткинс демонстрируют на выставке в Нью-Йорке электрическую говорящую машину- "синтезатор речи - Вкодер".

**1939 г.** - В США инженером Дж. Стибницем закончена начатая в 1937 г. работа над релейной машиной фирмы "Белл", которая выполняла арифметические операции над комплексными числами в двоично-пятеричной системе их представления. Это был релейный интерполятор, управляемый программной перфолентой. В 1944-1946 гг. была создана универсальная вычислительная машина "Модель У" на 9000 реле, соответствующая классической беббиджевской структуре и выполняющая операции: сложения за 0,3 с; умножения-1 с; деления-2,2 с. Она позволяла вычислять ряд функций.

**1939 г.** Джордж Штибуц (Bell) - калькулятор комплексных чисел на реле, вв/выв телетайпом;

создана фирма HP (Уильям Хьюлетт, Дэвид Паккард)

**1940 г.** - В США проведен эксперимент по управлению на расстоянии вычислительной машиной "Белл-Г", сконструированной Дж. Стибницем.

**1940 г.** - Под руководством Джона фон Неймана разработан компьютер MANIAC (Mathematical Analyzer Numerical and Computer).

**1940 г.** Bell и Гарвардский Университет - релейные ЭВМ model I-IV

**1940 г.** вычислитель ASCC (IBM) - содержал 2200 счетчиков для хранения данных и суммирования, а также 3300 реле для контрольных цепей. Размеры 15\*2 метра, вес 5 тонн.

**1940 г.** Z2, Конрад Цузе, Германия

**1941 г.** - В Германии введены в эксплуатацию первые в мире универсальные цифровые вычислительные машины на электромеханических элементах "Зюс-2" и "Зюс-3". первый автоматический программируемый универсальный цифровой компьютер Z3, создатель Конрад Цузе, управлялся перфолентой из киноплетки, ввод/вывод - четырехкнопочная цифровая клавиатура и ламповая панель, реле-технология: 1400 реле памяти, 600 реле - арифметика, остальные - управление. Память - 64 слова, длина слова - 22 бит (14-мантисса, 7-порядок, 1-знак). Быстродействие - 3-4 сложения в секунду, умножение 2-х чисел за 4 секунды. Стоимость ~\$6500. Программист - Август Фаст.

**1942 г.** - Дж. Стибниц сконструировал вычислительное устройство с программным управлением "Белл – П".

**1942 г.** - Американский инженер-кибернетик Д. Б. Паркинсон сконструировал вычислительный автомат, который в сочетании с радаром и зенитной артиллерией использовался для защиты Лондона от немецких ракет "Фау-1".

**1942 г** под руководством Ванневара Буша разработан первый электронно-механический анализатор. 100 т., 2000 эл. ламп, 400 км. проводов, 150 электромоторов.

**1942 г** ABC - первый специализированный электронный цифровой компьютер, Джон Атанасов, Клиффорд Берри

**1942 г.** Н. Винер - "Основы кибернетики"

**1943 г.** - Под руководством Бистчли создается первый электронный компьютер "Colossus-1". Для декодирования немецких телеграмм. 1500 ламп. Ввод программы наборным полем.

**1943 г.** - Mischgeraet (Гельмут Хельцер, Германия) - первый бортовой компьютер для ракеты "Фау-2". Электронный, аналоговый.

**1944 г.** - Американский математик Горвард Айкен (см. форзац IV) сконструировал в Гарвардском университете автоматическую вычислительную машину "Марк-1" с программным управлением на релейных и механических элементах.  
Harvard Mark I - электромеханическая, с программой на перфоленте, 15.5x2.4 метра, 5 тонн, 750000 деталей. 23 разряда. Сложение - 0.3 сек, умножение - 5.7 с, деление - 15.3 сек.

**1944 г.** Карл Шурек, Германия - ламповая электронная выч. машина

**1944 г.** Англия - Colossus II - возможность перепрограммирования.

**1944 г.** - Дж. Эккерт предложил создавать машинную память на ультразвуковых линиях задержки.

**40-50-е гг.** - Ф. Вильяме, Дж. Форстер, А. Хэфа предложили запоминающее устройство на основе электронно-лучевых трубок.

**1945 г.** - Джон фон Нейман (см. 1928 г.) разработал концепцию электронно-вычислительной машины "EDVAC" с вводимыми в память программами и числами ("EDVAC"-Electronic Discrete Variable Computer). Сама машина была завершена в 1950 г. Главными элементами концепции были: принцип хранимой программы и принцип параллельной организации вычисления, согласно которому операции над числом проводятся по всем его разрядам одновременно.

**1945 г.** Z4, Конрад Цузе, Германия, Plankalkuel - первый алгоритмический язык программирования.

**1946 г.** - Джон фон Нейман, развивая теорию игр, выдвинул идею создания математической машины, способной реализовать некоторые принципы этой теории.

**1946 г.** - Американские инженер-электронщик Д. П. Эккерт и физик Д. У. Моучли сконструировали в Пенсильванском университете первую ЭВМ "ЭНИАК" (Electronic Numerical Integrator and Computer) (см. рис. 35), которая предназначалась для решения задач баллистики. Эта первая электронная цифровая вычислительная машина имела почти 20 тыс. электронных ламп и 1,5 тыс. реле, за 1 с. она производила 300 операций умножения или 5000 сложений многоразрядных чисел, потребляя мощность до 150 кВт. Основана фирма Sony.

Образовано компьютерное сообщество IEEE CS.

**1947 г.** - В Исследовательском математическом институте Чехословацкой академии наук и искусств создан проект первой чехословацкой ЭВМ.

изобретен транзистор (Джон Бардин, Валтер Бреттэйн, Вильям Шокли) - Bell Lab.; Whirlwind - первая вычислительная машина для обработки данных в реальном времени (MIT).

Mark II - Англия. 10 bit, свопинг на перфоленту, многозадачность.

**1947-1948 гг.** - Академик С. А. Лебедев в Институте электроники АН УССР начинает работу по созданию МЭСМ- малой электронной счетной машины.

**1948 г.** - Американские физики Уолтер Браттейн, Джон Бардин и Уильям Шокли сконструировали транзистор, В 1956 г. им за это изобретение и за исследования полупроводников, начатые в 1945 г., была присуждена Нобелевская премия.

**1948 г.** - Создан первый промышленный биполярный транзистор. В 1954 г. в мире выпускалось около 5 млн. транзисторов, в 1958 г.-200 млн., в 1963 г. - около 1,5 млрд. (около 2500 типов диодов и 300 транзисторов).

**1948 г.** - Американский математик Норберт Винер выпустил в свет книгу "Кибернетика, или Управление и связь у животных", что положило начало развитию

теории автоматов и становлению кибернетики- науки об управлении и передаче информации.

**1948 г.** - Американский математик и инженер Клод Шеннон выпускает книгу "Математическая теория передачи информации", в которой, в частности, вводит понятие меры информации.

**1948 г.** - Математической теорией передачи информации занимаются советские математики Г. Ф. Гильми, А. Я. Хинчин, А. Н. Колмогоров и др.

**1949 г.** - В Англии в Кембриджском университете завершена постройка под руководством профессора М. В. Уилкса первой в мире вычислительной машины с хранимой программой ЭДСАК с запоминающим устройством на 512 ртутных линиях задержки, у которой время выполнения сложения было 0,07 мс, умножения - 8,5 мс.

**1949 г.** - Один из создателей теории информации математик У. Уивер указал на то, что методы, применяемые в военных целях, для раскрытия шифров переговоров противника могут применяться для машинных переводов языков.

**1949 г.** - В США сконструированы первые машины-переводчики с русского языка на английский.

**1950 г.** - Получены первые p-/z-переходы методом сплавления.

**1950 г.** - Американский ученый К. Ларк - Горовиц обратил внимание на возможность радиоактивного нейтронного легирования германия. В начале 60-х г. этот метод применялся к кремнию, на сверхчистых пластинах которого методом интегральной технологии изготавливаются большие интегральные схемы (БИС).

**1950 г.** - Вступает в действие первая в СССР вычислительная электронная цифровая машина МЭСМ (малая электронная счетная машина), самая быстродействующая тогда в Европе.

**1951 г.** - МЭСМ официально вводится в эксплуатацию, на ней регулярно решаются вычислительные задачи. Машина оперировала с 20-разрядными двоичными кодами с быстродействием 50 операций в секунду, имела оперативную память в 100 ячеек на электронных лампах. Ее сконструировал советский академик кибернетик Сергей Алексеевич Лебедев (1902-1974).

**1951 г.** - Создается первый производимый английской промышленностью компьютер (UNIVAC- 1).

**1951 г.** - Г. Хоппер из американской компании Ремингтон вводит термин компилятор.

**1952-1953 гг.** - Вводится в эксплуатацию БЭСМ-2 (большая электронная счетная машина) с быстродействием около 10 тыс. операций в секунду над 39-разрядными двоичными числами. Оперативная память на электронно-акустических линиях задержки - 1024 слова, затем на электронно-лучевых трубках и позже на ферритовых сердечниках. ВЗУ состояло из двух магнитных барабанов и магнитной ленты емкостью свыше 100 тыс. слов.

**1952 г.** - К. Э. Шеннон сконструировал кибернетическую модель, которой он дал имя древнегреческого героя Тезея, отыскавшего в лабиринте Миноса (царя Крита) чудовище с головой быка и человеческим телом. Тезей Шеннона представлял намагниченную стальную игрушку-мышь, ползавшую по квадратной доске, разделенной на 25 квадратиков произвольными перегородками. Управляемая телефонными реле и магнитом, находящимся под доской, мышка отыскивает выход из лабиринта.

**1952 г.** - Американский ученый В. Пфан впервые применил бестигельную зонную плавку германия - метод получения чистых полупроводников.

**1952 г.** - Инженер из Великобритании Дж. Даммер на конференции в Вашингтоне по элементам электронных схем выдвинул идею возможности создания интегральных схем.

**1952 г.** - Американский ученый У. Шокли высказал идею использования поверхностных состояний полупроводника для реализации транзистора.

**1952-1953 гг.** - А. А. Ляпунов и М. Р. Шура-Бура, советские ученые, предложили операторный метод программирования.

**1953 г.** - Американцы Дж. Форстер и У. Панян предложили матричную схему организации памяти на магнитных сердечниках.

**1953 г.** - В вычислительных машинах Массачусетского технологического института (США) впервые применена "ферритовая память".

**1953 г.** - В Москве под руководством Ю. Я. Базилевского закончена разработка серийной ЭВМ "Стрела" и БЭСМ, под руководством С. А. Лебедева.

**50-е гг.** - В Пензе под руководством Б. И. Рамеева разработаны серийные ЭВМ серии "Урал", в Ереване под руководством Ф. Т. Саркисяна-"Раздан", в Минске (В. В. Пржиялковский и др.) - ЭВМ "Минск", а в Киеве-"Киев".

**1953-1957 гг.** - Группой под руководством математика Дж. Бейкуса (США) разработан алгоритмический язык Фортран - "переводчик формул на машинный язык".

**1954 г.** - Выходит в свет книга Н. Винера "Кибернетика и общество", где выделяется своеобразное авторское видение философских и социальных аспектов новой науки, названной им вслед за Платоном и Ампером "кибернетика".

**1954-1957 гг.** - Фирмой NCR (США) создается первый компьютер на транзисторах NCR-304.

**1957 г.** - Разработан первый вариант процедурно-ориентированного алгоритмического языка Алгол.

**1957-1958 гг.** - В Киеве (В. С. Королюк, Е. Л. Ющенко) разрабатывают универсальный процедурно-ориентированный (адресный) язык программирования, в Москве А. А. Ляпунов с сотрудниками и учениками разрабатывает язык описания операторных схем, создаются первые системы автоматизированного программирования. Начата работа по теории автоматов, искусственному интеллекту и дискретному анализу. Труды академиков И. М. Гельфанда, А. А. Дородницына, М. В. Келдыша, М. А. Лаврентьева, А. Н. Тихонова и других развивается численный анализ.

**1958 г.** - Академик В. М. Глушков (рис. 37) выдвигает идею создания универсальной управляющей ЭВМ, имеющей стандартизованный интерфейс с аналоговыми устройствами, а также операционную систему реального времени.

**50-е гг.** - Самой мощной ЭВМ 50-х гг. в Европе была советская ЭВМ М-20 со средним быстродействием 20 тыс. трехадресных команд в секунду над 45-разрядными числами с плавающей запятой; ее оперативная память реализовалась на ферритовых сердечниках и имела объем 4096 слов.

**1958 г.** - Используя ЭВМ в рентгеноструктурном анализе, английский биохимик Дж. К. Кендрю с коллегами установил пространственную структуру миоглобина.

**1959 г.** - Создание первых интегральных схем в мире (США).

**Конец 50-х гг.** - Дж. Маккарти в Массачусетском технологическом институте разрабатывает язык ЛИСП для работ по проблеме искусственного интеллекта.

**1960-1961 гг.** - Одновременно в разных странах разработаны вычислительные системы с развитой мультипрограммной организацией.

**1960 г.** - В США создается язык Кобол-язык, ориентированный на обработку коммерческой информации.

**1960 г.** - С. Пейперт с коллегами из Массачусетского технологического института (США) предлагают язык программирования Лого, с помощью которого можно управлять "черепахой"- программной моделью малого робота.

**1960 г.** - Начаты работы по созданию в различных странах вычислительных сетей на основе телефонной связи между ЭВМ.

**Начало 60-х гг.** - Академик В. М. Глушков сформулировал идею объединения автоматизированных систем управления (АСУ) различных звеньев и уровней в общегосударственную автоматизированную систему (ОГАС). В 1963 г. разработан эскизный проект ЕГСВЦ - единой государственной сети вычислительных центров СССР.

**60-е гг.** - Началось производство ЭВМ второго поколения на транзисторной элементной базе. Для научных расчетов создаются ЭВМ средней мощности: в Москве-М-220, БЭСМ-

3, БЭСМ-4, в Пензе - "Урал-11", "Урал-14", "Урал-16", в Минске - "Минск-22", "Минск-23", "Минск-32", в Ереване - "Раздан-2" "Раздан-3".

1961 г. - В СССР создана первая в стране серийная универсальная полупроводниковая ЭВМ "Днепр-1".

1961 г. - Предложена система автоматического распределения машинного времени ЭВМ между пользователями с помощью разветвленной сети ЭВМ. Практически реализована в 1963 г.

1961 г. - В продажу поступила первая выполненная на пластине кремния интегральная схема (ИС), содержащая триггер на 6 элементах: 4 биполярных транзистора и 2 резистора. В 1963 г. ИС имела 10-20 элементов, а в 1967 г. примерно 100, к 1970 г. - 1000, к 1975 г. - 30 000, к 1982 г. - 300 000 элементов на кристалле в несколько квадратных миллиметров. На рисунке 38 дан пример интегральной схемы.

1965 г. - Начат выпуск семейства машин третьего поколения-IBM/360 (США), состоящего из 7 моделей. С ними совместимы машины ЕС ЭВМ.

1965 г. - Дж. Кемени и Т. Курц в Дортмутском колледже (США) разрабатывают язык программирования Бейсик, который первоначально предназначался для вводного курса по информатике, а сейчас имеет множество версий и считается самым распространенным в мире языком программирования.

1966 г. - В Киевском университете организуется факультет кибернетики, завершается разработка проекта большой ЭВМ "Украина", предвосхитившего многие идеи американских больших ЭВМ 70-х гг.

1967 г. - В США создана первая быстродействующая ЭВМ на БИСах.

1967-1969 гг. - В СССР в Институте точной механики и вычислительной техники коллективом под руководством С. А. Лебедева и В. А. Мельникова создаются полупроводниковые мини-ЭВМ для научных расчетов, под руководством Г. Е. Овсепяна в Ереване - "Наири-2", под руководством В. М. Глушкова в Киеве - "Мир-2" (1969 г.) с реализованной впервые двухуровневой асинхронной микропрограммной системой управления со ступенчатой организацией и оптимизацией микропрограмм. Для машин "Мир" создаются специальные входные языки Мир, Аналитик на основе русского языка. В "Мир-2" впервые диалог с пользователем осуществляется с помощью дисплея со световым пером. В это же время в СССР бурно развивается применение ЭВМ для управления технологическими процессами сбора и обработки экспериментальных данных в реальном масштабе времени, для планово-экономических расчетов. Сдана в эксплуатацию и рекомендована к массовому внедрению первая в стране АСУ предприятия с массовым производством "Львов". В Институте кибернетики АН УССР создается управляющая ЭВМ "Днепр-2" с развитой системой прерывания, обеспечивающей одновременную работу с более 1600 входных и более 100 выходных аналоговых устройств различных классов.

1967 г. - В Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР под руководством С. А. Лебедева и В. А. Мельникова создается мощная полупроводниковая ЭВМ с мультипрограммной обработкой нескольких задач для научных расчетов БЭСМ-6. Ее характеристики: одноадресная система команд, 50-разрядные двоичные слова, ОЗУ на ферритовых сердечниках емкостью от 32 до 128 тыс. слов со временем цикла 2 мкс; регистровая память - 16 слов со временем цикла 300 нс, внешние ЗУ - 16 магнитных барабанов по 32 тыс. слов и 32 лентопротяжных механизма емкостью более 106 слов на одно устройство, время выполнения операций - 1,2 мкс для сложения чисел с плавающей запятой, 2,1 мс для умножения. Машина имела систему автоматического программирования с входными языками: Фортран, Алгол-60, ЛИСП. Программное обеспечение выполнялось Л. Н. Королевым, М. Р. Шура - Бурой, Н. Н. Говоруном, Э. З. Любимским и др. В дальнейшем на БЭСМ-6 используется разработанная в Новосибирске под руководством академика А. П. Ершова а-система программирования с расширением языка Алгол-60.

**Конец 60-х гг. XX в.** - Э. Фейгенбаум и др. в Стэнфордском университете (США) создали первую программу, обладающую свойствами искусственного интеллекта, которая считается также первой экспертной системой.

**1969 г.** - Э. Жеке и др. в Массачусетском технологическом институте (США) предсказали существование оптической метастабильности, которую на опыте наблюдали в 1976 г. Х. Джиббс, С. Мак - Колл, Т. Венкатесан. Для приборов, работающих на основе этого явления, требуется полупроводник, прозрачный в одной области спектра и непрозрачный в другой, с резко нелинейной оптической характеристикой (например, антимонид индия). Логические схемы на таких оптических элементах могут работать со скоростью до 1000 млрд. логических операций в секунду (скорость элементарных переключателей ~1 млрд. оп/с).

**1970 г.** - В США Ч. Мур, сотрудник национальной радиоастрономической обсерватории, создает для управления радиотелескопами язык Форт, в дальнейшем используемый в мини-и микроЭВМ.

**1970 г.** - В Швейцарском федеральном институте технологии в Цюрихе Н. Вирт создает язык Паскаль.

**1970-е гг.** - В СССР получают дальнейшее развитие АСУ, закладываются основы государственной и межгосударственной, охватывающей страны-члены СЭВ системы обработки данных, разрабатываются универсальные ЭВМ третьего поколения ЕС ЭВМ, совместимые как между собой (машины средней и высокой производительности ЕС ЭВМ), так и с зарубежными ЭВМ третьего поколения (IBM-360 и др. - в США). В разработке машин ЕС ЭВМ принимают участие специалисты СССР, НРБ, ВНР, ПНР, ЧССР, ГДР. В то же время в СССР создаются многопроцессорные и квазианалоговые ЭВМ, выпускаются мини-ЭВМ "Мир-31", "Мир-32", "Наури-34", ЭВМ серии АСВТ М-6000 и М-7000 (разработчики В. П. Рязанов и др.) для управления технологическими процессами; на интегральных микросхемах - настольные мини-ЭВМ М-180 "Электроника-100, -200", "Электроника ДЗ-28", "Электроника НЦ-60" и др.

Созданы системы автоматизированного проектирования печатных плат и БИС. На базе ЭВМ "Киев-70" такие установки обеспечивали изготовление микросхем с точностью порядка 0,1 мкм.

В СССР создаются тысячи информационно-вычислительных центров (ИВЦ), как специализированных, так и общего назначения, системы коллективного пользования с удаленными терминалами.

**Начало 70-х гг.** - Возникновение идеи единой цифровой системы связи в США, подключение терминалов и накопителей к центральным ЭВМ через кабельную телесеть.

**1971 г.** - Фирмой "Интел" (США) создан первый микропроцессор (МП) - программируемое логическое устройство, изготовленное по технологии БИС. Развитие МП подразделяется на три поколения. Первое поколение - малоразрядные (4-8 двоичных разрядов с быстродействием 10-15 тыс. оп/с). В МП второго поколения увеличено до 60 число регистров общего назначения и внутренняя память, реализован принцип микропрограммного управления. Третье поколение МП - 8085, 80 286 фирмы "Интел", отечественный К-536 и др. - это 16-разрядные МП, характеризующиеся развитыми системами внутренней памяти и устройств ввода-вывода (УВВ), расширенным набором команд и высоким быстродействием, одновременно разрабатываются МП - комплекты.

**1972 г.** - В США в Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) был установлен суперкомпьютер "Иллиак IV", на котором моделировались воздушные потоки, омывающие ракеты.

**1973 г.** - Фирма "Техас инструменте" (США) впервые разработала однокристалльную микроЭВМ типа MS 1000 с размещением в одном кристалле центрального процессора, памяти и схемы сопряжения ввода-вывода.

**Середина 70-х гг.** - Появляется идея оптоэлектроники-замены электрических токов световыми лучами.

**1974 г.** - 16 ноября с радиотелескопа, размещенного в кратере вулкана Аресибо (Пуэрто-Рико, США), на волне 21 см передано первое "послание человечества к звездам", в котором в 1679 знаках двоичного кода зашифрованы основные данные о современной человеческой цивилизации.

**1974-1975 гг.** - Появились первые сообщения о персональных ЭВМ (ПЭВМ)-персональных компьютерах в США.

**1975-1976 гг.** - Результатом совместного творчества специалистов СССР, НРБ, ВНР, ПНР, ЧССР и ГДР является создание и выпуск мини-ЭВМ-СМ-1, СМ-2, СМ-3 и СМ-4 с широким диапазоном применений: в научных работах, для управления технологическими процессами, обработки экспериментальных данных в реальном масштабе времени, для автоматизации инженерных и управленческих работ и т. д.

**1976 г.** - Фирма "Компьютер Консалтанс" в США выпускает серийный недорогой синтезатор речи для персонального компьютера.

**1976 г.** - В Лос-Аламосе (США) был установлен первый суперкомпьютер Сгау-1 (КРЭЙ-1), выполняющий до 100 млн. арифметических операций в секунду. В СССР похожие характеристики имеет суперЭВМ "Эльбрус-2".

**Конец 70-х гг.** - Широко распространяются для хранения данных магнитные диски.

**С 1970 г.** по настоящее время в СССР интенсивно разрабатываются, постоянно совершенствуются различные типы микрокалькуляторов (МК) - микроЭВМ карманного и настольного типа для личного пользования: малогабаритная (120X X78X 18 мм) 8-разрядная "Электроника БЗ-04" (1973 г.), первая отечественная модель простейшего МК "Электроника МК-53", совмещавшая в себе функции микрокалькулятора, часов, календаря, будильника, секундомера (1980 г.), первая отечественная модель микрокалькулятора с питанием от батареи из пяти солнечных элементов "Электроника МК-60" (1982 г.). В течение этого первого периода выпускаются также модели "Электроника":

БЗ-09; БЗ-14М; БЗ-24; БЗ-25А; БЗ-26; БЗ-26А; СЗ-33; СЗ-27;

БЗ-30; БЗ-39; МК-40 (первая модель с устройством автоматического цифрового печатающего (кроме визуального) считывания). При этом происходила миниатюризация моделей: объем и масса уменьшились соответственно в 40 и 11 раз, а потребляемая мощность в 20 000 раз, время непрерывной работы от автономного источника питания и число выполняемых операций возросли, соответственно в 1000 (до 8- 10 тыс. ч.) и 3 (до 20 операций с 3) раза. В середине 70-х гг. начат выпуск первых отечественных инженерных микрокалькуляторов типа "Электроника": БЗ-18А, БЗ-18М; БЗ-19М, а позже выпуск используемых в школе отечественных инженерных микрокалькуляторов "Электроника": БЗ-32" БЗ-35; БЗ-36; БЗ-38; МК-51.

**1977 г.** - Молодые американцы С. Джобс и В. Возняк организовали предприятие по изготовлению недорогих персональных компьютеров "APPLE" (яблоко), предназначенных для большого круга непрофессиональных пользователей. Эти компьютеры получили широкое распространение в мире, что послужило стимулом создания во многих странах многочисленных компаний и корпораций по производству персональных компьютеров. Сейчас только в США производится более 4 млн. комплектов ПЭВМ ежегодно.

**1979-1980 гг.** - Выпуск в Японии и США электронных словарей-переводчиков (ЭСП): "IQ-3000" (2500 слов и 300 выражений на английском языке, 5000-на японском), "LK-3000" (на английском, французском, немецком, итальянском языках), "TA-1000" (1320 слов на английском языке и по 2-3 слова на японском языке), "Language Translator" (по 1000 слов на испанском, немецком, французском, английском языках). В ряде ЭСП использованы сменные модули для различных языков.

**1980 г.** - В СССР разработан (выпущен в 1982 г.) первый отечественный ЭСП "Электроника СП" на трех языках (русский, английский, немецкий по 1000 слов на каждом языке, с числом одновременно устанавливаемых модулей-3).

**1981 г.** - Японскими специалистами центра по обработке информации опубликован план

научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию к 1991 г. ЭВМ пятого поколения, так называемый "японский вызов" миру по созданию ЭВМ искусственного интеллекта.

**1982 г.** - Американская фирма по производству вычислительной техники IBM, занимавшая до этого ведущее положение по выпуску больших ЭВМ, приступила к изготовлению профессиональных персональных компьютеров (ППЭВМ) IBM PC. Эти модели быстро завоевали исключительную популярность во всех странах и послужили образцом для создания национальных моделей компьютеров, совместимых с IBM PC по элементной базе, архитектуре, программному обеспечению и пр. Так появился целый класс "IBM-совместимых" компьютеров. В Болгарии, например, стали выпускать ППЭВМ "ПРАВЕЦ-16", в Польше - "МАЗОВИЯЧ016", в СССР-ЕС-1840 и ЕС-1841 и т. д.

**1982 г.** - Выходит из печати "Русский семантический словарь", "составленный компьютером" и группой под руководством чл. - кор. АН СССР Ю. Караулова.

**1984 г.** - Объявлено о выпуске суперкомпьютера фирмы "Крэй X-MP/48" с производительностью 1,6 гигафлопса (порядка 109 операций в секунду).

**1984-1985 гг.** - Во всех школах СССР введен новый курс "Основы информатики и вычислительной техники", призванный подготовить молодежь к жизни и труду в информатизированном обществе.

**1985-1987 гг.** - Американская фирма IBM, совершенствуя компьютер IBM PC, выпускает совместимые с ним модели IBM PC/XT и IBM PC/AT. Эти профессиональные персональные компьютеры стали во всех странах основой для создания автоматизированных рабочих мест (АРМ) работников самых разных специальностей, а также основой локальных вычислительных сетей (ЛВС) автоматизированных учреждений и производств. Основные характеристики этих компьютеров: элементная база - шестнадцатиразрядные микропроцессоры, быстродействие - более 1 млн. операций в секунду, объем оперативной памяти 640 Кбайт, внешняя память-накопитель на жестком магнитном диске типа "Винчестер" емкостью 20-60 Мбайт и один или два накопителя на гибких магнитных дисках емкостью 360 Кбайт или 1,2 Мбайта каждый. В комплект каждой модели входят также: монохромный или цветной дисплей (размер по диагонали 12-14 дюймов и разрешающая способность 640X350 или 720X350 линий). Эти компьютеры породили много национальных вариантов совместимых с ними моделей во всех странах, в том числе в странах-членах СЭВ.

**1987 г.** - В СССР выпускаются более совершенные модели микрокалькуляторов: "Электроника МК-64", с помощью которого через многоканальный аналого-цифровой преобразователь можно управлять различными установками и который может использоваться в качестве электроизмерительного прибора; "Электроника МК-52", имеющий память, сохраняющуюся до 5000 ч после отключения электропитания; "Электроника МК-54", "Электроника МК-61" с улучшенными параметрами и др. МК "Электроника МК-85" (размер 165X72X 15 мм, масса 150 г) позволяет работать не в кодах, как в предыдущих моделях, а на языке Бейсик и обеспечивает работу в течение нескольких часов без подключения к электросети.

**Середина 80-х гг.** - К. Саган с сотрудниками (США) и В. В. Александров с сотрудниками (СССР) строят с помощью ЭВМ математические модели последствий "ядерной зимы" и "ядерной ночи", за время существования которых в течение нескольких суток жизнь на Земле практически исчезает. Эти выводы сыграли огромную роль в формировании во всех странах "нового мышления в ядерный век".

**1987 г.** - Специалисты американской фирмы IBM разработали и начали производство нового семейства персональных профессиональных компьютеров PS/2, отличающихся высокими техническими и эксплуатационными характеристиками: емкость оперативной (внутренней, системной) памяти 640 Кбайт-15 Мбайт, емкость внешней памяти 20-185 Мбайт, операционная система многозадачная и др.

**1988 г.** - В СССР начат массовый выпуск школьных персональных компьютеров и классов

учебной вычислительной техники (КУВТ) Корвет, УКНЦ и др., профессиональных персональных компьютеров ДВК-3М, ДВК-4, "Искра-1030", "Нейрон", ЕС-1841 и др., а также бытовых персональных компьютеров "Сура", "Партнер", БК-0010 и др.

1990 г - IBM - RS/6000, S/390.

1991 г. Линус Торвальдс - ОС LINUX 0.01, которая стала распространяться по Internet вместе с исходными текстами. DEC - процессор Alpha EV-4/200.

1992 г. AT&T - магнитооптический метод хранения данных, смарт-карты, видеофон. MPEG-1.

Сейджи Огава (Университет Миннесоты) - разработка метода, воспроизводящего деятельность головного мозга.

1994 г. P.W.Shor - Квантовый алгоритм дискретного логарифма. MPEG-2.

1995 г. Технология Plug&Play - Compaq, Intel, Microsoft, Phoenix.

1996 г AT&T (Lov Grover) - Квантовый алгоритм поиска в неотсортированной БД. Разработана технология перезаписываемых CD-RW.

1998 г. IBM (Isaac Chuang), MIT (Neil Gershenfeld) - квантовый компьютер на двух атомах.

1999 г. Nichia Chemical - окончены испытания "фиолетового" лазера.

2000 г. IBM, Stanford univer, Calgary univer - квантовый компьютер на пяти атомах. Расшифрован геном человека.

Протокол радиосвязи Bluetooth (Ericsson). Гибкие транзисторы (IBM). Органические светодиоды OLED (Kodak).

2002 г. Анонс компанией Microsoft нашумевшей инициативы надежного компьютеринга. Вживление в тело микрочипов, связанных с нервной системой человека.

Tablet PC от Microsoft.

2004 г. Инициативы Intel по широкополосной связи.

Слияние Oracle и PeopleSoft.

NEC - транзисторы с интегрированными нанотрубками.

Прототипы гибких дисплеев и клавиатур.

### **Поколения ЭВМ:**

- 1- 1940-1955г. ЭВМ на электронных лампах, быстродействие 0.01-0.02 MIPS, ОЗУ 1 К на линиях задержки, программы на машинных языках.
- 2- 1956-1964 г. ЭВМ на транзисторах, быстродействие 0.1 MIPS, ОЗУ 16-32 К на магнитных сердечниках, первые трансляторы с языков высокого уровня.
- 3- 1964-1970 ЭВМ на ИМС, быстродействие 1 MIPS, ОЗУ 64-2048 К, первые программно-совместимые ЭВМ с системами прерываний и развитыми операционными системами.
- 4- 1970-90 и ЭВМ на БИС, ОЗУ от 2 М на МОП-структурах, объединение машин в единую вычислительную сеть.
- 5- 20xx проекты - машины, управляемые знаниями.

## Библиографический список

1. Норенков И.П. Краткая история вычислительной техники и информационных технологий/ приложение к журналу «Информационные технологии» №9, 2005
2. IEEE Spectrum, February 2001: The Topsy Turvy World of Quantum Computing *by Justin Mullins.*
3. Человек и компьютер, Февраль 2001: Федичкин Л. Квантовые компьютеры.
4. Н. Гершенфелд, И. Чанг Квантовые вычисления с молекулами, 1998.
5. [http://www.icfcst.kiev.ua/museum/Early\\_printed\\_r.html](http://www.icfcst.kiev.ua/museum/Early_printed_r.html)